



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA**

IVANICE DA SILVA SANTOS

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE NO CULTIVO
DE PITAYA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: ASPECTOS AGRONÔMICOS,
FISIOLÓGICOS E VIABILIDADE ECONÔMICA**

MOSSORÓ

2026

IVANICE DA SILVA SANTOS

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE NO CULTIVO
DE PITAYA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: ASPECTOS AGRONÔMICOS,
FISIOLÓGICOS E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-colheita

Orientador: Prof. Dr. Adriano do Nascimento
Simões

Coorientadores: Dra. Valécia Nogueira Santos
e Silva e Prof. Dr. Felipe Alves Reis

MOSSORÓ

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237a Santos, Ivanice da Silva .
Adubação orgânica e consórcio com capim elefante
no cultivo de pitaya em ambiente semiárido:
aspectos agronômicos, fisiológicos e viabilidade
econômica / Ivanice da Silva Santos. - 2026.
135 f. : il.

Orientador: Adriano do Nascimento Simões.
Coorientadora: Valécia Nogueira Santos e
Silva.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2026.

1. Hylocereus polyrhizus. 2. consórcio. 3.
sombreamento. 4. capim elefante. I. Simões,
Adriano do Nascimento , orient. II. e Silva,
Valécia Nogueira Santos , co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

IVANICE DA SILVA SANTOS

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE NO
CULTIVO DE PITAYA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: ASPECTOS
AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-colheita

Defendida em: 27 / 03 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões (UAST/UFRPE)
Presidente

Dra. Valécia Nogueira Santos e Silva (UAST/UFRPE)
Co-orientadora

Prof. Dr. Fred Augusto Lourêdo de Brito (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. José Raliuson Inácio Silva (UFRPE/UAST)
Membro Examinador

À minha mãe, Ednalva Fragoso da Silva Santos,
e minha avó, Argentina Cardoso dos Santos (*In*
Memoriam). Minha força vem de vocês.

A meu pai, Ivanildo Cardoso dos Santos, que
sonhou junto comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus todo poderoso por ser pai, casa e alento nas horas difíceis;

Agradeço à minha família, nas pessoas do meu pai, Ivanildo Cardoso, meus irmãos Erika e Iranilson, e os meus sobrinhos, Erick e Letícia. Vocês são a minha força pra continuar, mesmo nos dias de solidão, angústia e medo, vai ser sempre por vocês;

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões, por mais que orientar, tendo sido humano, sensível e empático sempre que assim fosse necessário. Levarei do senhor a profissão que almejo ser;

Agradeço aos meus queridos coorientadores, Dr. Felipe Alves Reis e Dra. Valécia Nogueira, pela paciência, parceria e incentivo. Vocês são exemplos de ética, profissionalismo e empatia que irei seguir sempre;

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de me titular em tão estimado programa, mas especialmente agradeço ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, porque, além de acolhimento, me permitiu escolher uma segunda família e me sentir parte integrante da sua;

Agradeço às instituições UFERSA e UAST/UFRPE pela minha formação não apenas como profissional da Fitotecnia, mas de estimada e vasta experiência acadêmica;

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa que foi tão importante para que eu concluísse meu doutorado;

Agradeço em especial aos meus amigos Cláudio e Geraldo, funcionários da UAST/UFRPE que foram por muito tempo e ainda o são, companheiros de trabalho e de momentos de distração;

Agradeço ainda e de todo o meu coração à minha família de Serra Talhada: Ericks, Mayara, Jasiel, Jessica, Emmanoel, Vivian, Natanael, Gleison, Taylane, Rafaella, Any e Zoe. Cada um de vocês, à sua maneira, e em momentos específicos, curou algo dentro de mim. No momento mais difícil da minha vida, vocês foram casa, abrigo, alento e ainda o são. Jamais conseguirei mensurar em palavras ou em ações o que vocês se tornaram para mim. “Posso não pedir ajuda, mas nunca esquecerei aqueles que me ofereceram”. Obrigada!

“Sempre fui sonhador, é isso que me mantém vivo. É necessário sempre acreditar que o sonho é possível, que o céu é o limite e você é imbatível”.

Mano Brown

RESUMO

A pitaya é um cacto colunar endêmico das Américas, mas com destaque produtivo no Brasil, onde requer práticas de cultivo que viabilizem sua produção e viabilidade econômica. Objetivou-se avaliar os efeitos da adubação orgânica associada ao consórcio com capim-elefante cv. BRS Capiçu sobre a eficiência hídrica, respostas fisiológicas, produtividade, viabilidade econômica e qualidade pós-colheita de frutos de pitaya cultivada em condições semiáridas. O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, semiárido Pernambucano, a partir de um experimento conduzido em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, durante dois ciclos produtivos (2023/2024 e 2024/2025), utilizando cinco doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹), em sistemas consorciado e não consorciado com capim elefante cv.. BRS Capiçu e pitaya vermelha. Para o primeiro capítulo, avaliou-se a biometria, a produtividade, o balanço hídrico do solo, os parâmetros de produtividade hídrica, de trocas gasosas e de eficiência da clorofila *a* e o teor de clorofilas totais nas plantas de pitaya. No segundo capítulo, avaliou-se as variáveis de pós-colheita dos frutos de pitaya vermelha e as variáveis climáticas durante os ciclos produtivos de estudo, aplicando correlação de Pearson, análise canônica e análise de trilha para determinar as correlações e efeitos diretos e indiretos existentes entre as variáveis meteorológicas e as morfológicas, de fotossíntese e de pós-colheita de frutos. No terceiro capítulo, realizou-se leituras de comprimento, largura e peso dos cladódios para prever equações alométricas precisas para a determinação da área, da massa fresca e da massa seca de cladódios de pitaya. No capítulo quatro, avaliou-se os indicadores de eficiência econômica, de viabilidade financeira e análise de sensibilidade do cultivo de pitaya com adubação orgânica e consorciada com capim elefante cv. BRS Capiçu. As plantas apresentaram maior número de cladódios (48), diâmetro (63,8 mm) e produtividade (6.841,0 kg ha⁻¹) na dose de 49,33 kg planta⁻¹ em sistema não consorciado. O consórcio possibilitou a maior variação de armazenamento de água no solo na dose de 0,0 kg planta⁻¹ (16,34 mm), influenciando os maiores índices de produtividade hídrica. O *Kc* variou de 0,3 a 0,6. A taxa fotossintética apresentou maiores valores para a dose de 49,33 kg planta⁻¹ (18,1 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), menor taxa transpiratória (0,10 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), e condutância estomática reduzida em sistema sem consórcio. O consórcio possibilitou o aumento do conteúdo de clorofilas para a dose de 49,33 kg planta⁻¹ e taxa de transporte de elétrons de 73,1, expressando adaptação fisiológica nas plantas. A temperatura do ar, a radiação global, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram as principais variáveis climáticas que se correlacionaram com as variáveis de biometria, fotossíntese e de pós-colheita dos frutos de pitaya. O sombreamento causado pelo consórcio entre pitaya e capim auxiliou na proteção térmica dos cladódios de pitaya, influenciando de forma direta e indireta a qualidade pós-colheita dos frutos. A equação construída mais adequada para prever a área do cladódio foi $AC = 5,577 * CW^{0,541}$, para a massa fresca do cladódio $MF = 8,50 * L^{1,138}$ e para a massa seca do cladódio $MS = 3,03 + 1,74 * L$. A dose de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino com consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu se mostrou eficiente e economicamente viável para o plantio de pitaya em região semiárida.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*; consórcio; sombreamento; capim elefante

ABSTRACT

Pitaya is a columnar cactus endemic to the Americas, with notable productive prominence in Brazil, where it requires cultivation practices that ensure both production efficiency and economic viability. The objective of this study was to evaluate the effects of organic fertilization associated with intercropping with elephant grass cv.. BRS Capiaçú on water-use efficiency, physiological responses, productivity, economic viability, and postharvest quality of pitaya fruits cultivated under semiarid conditions. The study was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco, Academic Unit of Serra Talhada, in the semiarid region of Pernambuco State, Brazil, using an experiment arranged in a randomized complete block design with split plots over two production cycles (2023/2024 and 2024/2025). Five cattle manure rates (0.0, 5.33, 10.66, 21.33, and 49.33 kg plant⁻¹) were evaluated under intercropped and non-intercropped systems with elephant grass cv.. BRS Capiaçú and red pitaya. For the first chapter, biometric parameters, yield, soil water balance, water productivity parameters, gas exchange, chlorophyll *a* efficiency, and total chlorophyll content were evaluated in pitaya plants. In the second chapter, the postharvest variables of red pitaya fruits and the climatic variables throughout the studied production cycles were evaluated using Pearson's correlation, canonical analysis, and path analysis to determine the correlations and the direct and indirect effects between the meteorological variables and the morphological, photosynthetic, and postharvest fruit variables. In the third chapter, measurements of cladode length, width, and weight were carried out to predict accurate allometric equations for determining the area, fresh mass, and dry mass of pitaya cladodes. In Chapter Four, the indicators of economic efficiency, financial feasibility, and sensitivity analysis of pitaya cultivation under organic fertilization intercropped with elephant grass cv.. BRS Capiaçú were evaluated. The plants showed a greater number of cladodes (48), diameter (63.8 mm), and productivity (6,841.0 kg ha⁻¹) at the dose of 49.33 kg plant⁻¹ under a non-intercropping system. Intercropping enabled the greatest variation in soil water storage at the 0.0 kg plant⁻¹ dose (16.34 mm), influencing the highest water productivity indices. The Kc ranged from 0.3 to 0.6. The photosynthetic rate showed higher values at the dose of 49.33 kg plant⁻¹ (18.1 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), lower transpiration rate (0.10 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), and reduced stomatal conductance in the non-intercropping system. Intercropping enabled an increase in chlorophyll content at the dose of 49.33 kg plant⁻¹ and an electron transport rate of 73.1, indicating physiological adaptation in the plants. Air temperature, global radiation, relative humidity, and wind speed were the main climatic variables correlated with the biometric, photosynthetic, and postharvest variables of pitaya fruits. The shading provided by the intercropping system between pitaya and grass contributed to the thermal protection of pitaya cladodes, directly and indirectly influencing the postharvest quality of the fruits. The most suitable equation developed to predict cladode area was (CA = 5.577 * CW^{0.541}); for cladode fresh mass, (FM = 8.50 * L^{1.138}); and for cladode dry mass, (DM = 3.03 + 1.74 * L). The application rate of 49.33 kg plant⁻¹ of cattle manure intercropped with elephant grass cv.. BRS Capiaçú proved to be efficient and economically viable for pitaya cultivation in a semiarid region.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*; semi-arid; consortium; shading; elephant grass

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Mapa da localização do município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (A); com destaque para área experimental capturada por veículo aéreo não tripulado (VAN) (B) e ilustração esquemática do sombreamento com capim elefante BRS Capiáu (C).....30
- Figura 2.** Condições meteorológicas do experimento durante os ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025. Chuva (mm dia^{-1}), ET_0 (mm dia^{-1}) (A); Temperaturas máximas e mínimas ($^{\circ}\text{C}$) (B); radiação (MJ m^{-2}) e umidade relativa do ar (%) (C).....31
- Figura 3.** Desenho esquemático representando os procedimentos da coleta de biometria. Do lado esquerdo determinação da altura de planta com fita métrica, à direita determinação do diâmetro e espessura do cladódio com paquímetro manual.....35
- Figura 4.** Fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fPAR) em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv.. BRS Capiáu em dois ciclos produtivos. CC: com consórcio; SC: sem consórcio.....41
- Figura 5.** Coeficientes da cultura estimado (K_c) em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio.....44
- Figura 6.** Parâmetros de trocas gasosas em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu em dois ciclos produtivos. Taxa fotossintética ($P_n - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A, B); Transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (C); Condutância estomática ($g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (D).....46
- Figura 7.** Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu em dois ciclos produtivos. ETR (taxa de transporte de elétrons) A, B, D; qP (quenching fotoquímico) C.....47
- Figura 8.** Conteúdo de clorofilas totais em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu em dois ciclos produtivos. Teor de clorofilas totais no 1º ciclo A, B; Teor de clorofilas totais no 2º ciclo C, D. SC: sem consórcio; CC: com consórcio.....49
- Figura 9.** Análise de componentes principais (PCA) das variáveis de crescimento, índices hídricos, fisiológicos e climáticos durante dois ciclos produtivos de pitaya adubada com doses de esterco (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e sob cultivo consorciado.....50

CAPÍTULO II

Figura 1. Mapa de localização da cidade de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, com imagem da área experimental captura por veículo aéreo não tripulado (VAN) e desenho esquemático do experimento (à direita).....61

Figura 2. Médias mensais das condições meteorológicas do experimento durante os ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025. Chuva (mm mês⁻¹) A; radiação (MJ m⁻²) e temperatura (°C) B; umidade relativa do ar (%) C; velocidade do vento (m s⁻¹) D; DPV (hPa) E.....73

CAPÍTULO III

Figura 1. Mapa de localização da Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, onde foram coletados os cladódios da pitaya vermelha.....94

Figura 2. Dimensões lineares [comprimento (C) e largura (L)] do cladódio da pitaya vermelha.....94

Figura 3. Histogramas e diagramas de dispersão entre comprimento, largura, produto comprimento/largura, área do cladódio, massa fresca e massa seca da pitaya vermelha.....97

Figura 4. Relação entre a área do cladódio observada e o produto do comprimento pela largura A; entre a massa fresca e a largura B; e entre a massa seca e a largura C da pitaya vermelha nos modelos de potência e lineares.....100

Figura 5. Relação e comparação da área do cladódio observada A; massa fresca B; e massa seca C; com a área do cladódio, massa fresca e massa seca estimadas, utilizando os modelos de potência e linear a partir do comprimento e largura da pitaya vermelha.....100

CAPÍTULO IV

Figura 1. Localização geográfica do município de Serra Talhada no estado de Pernambuco, Brasil.....108

Figura 2. Evapotranspiração de referência registrada durante os dois ciclos produtivos de um plantio de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capião.....109

Figura 3. Produtividade de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e

em consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio.....115

Figura 4. Receita bruta de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com capim elefante cv. BRS capiaçu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio..116

Figura 5. Lucro líquido de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu. SS: sem sombra; CS: com sombra.....117

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Atributos granulométricos do solo (areia, silte e argila), classificação textural, valores da relação silte/argila para as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm e densidade, utilizados para caracterização física do perfil do solo da área experimental.....32
- Tabela 2.** Caracterização mineral do esterco bovino utilizado durante a adubação de fundação.....33
- Tabela 3.** Caracterização química do solo da área experimental após cinco anos da implementação do experimento nas profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm de acordo com as doses de adubação (kg planta^{-1}) de esterco bovino aplicadas34
- Tabela 4.** Dados médios das variáveis biométricas e de produtividade de plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu após três anos de experimento.....40
- Tabela 5.** Parâmetros do balanço de água no solo (mm) em plantio de pitaya adubado com diferentes doses de esterco (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consorciado com capim elefante cv. BRS Capiáçu em dois ciclos produtivos.....42
- Tabela 6.** Parâmetros de eficiência no uso da água através de índices hídricos (kg m^{-3}) em plantas de pitaya adubadas com diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu em dois ciclos produtivos.....45
- Tabela 7.** Médias dos parâmetros de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila *a* de plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu, em dois ciclos produtivos.....48

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Caracterização mineral do esterco bovino utilizado durante a adubação de fundação.....62
- Tabela 2.** Atributos granulométricos do solo (areia, silte e argila), classificação textural, valores da relação silte/argila para as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm e densidade, utilizados para caracterização física do perfil do solo da área experimental62
- Tabela 3.** Caracterização química do solo da área experimental após cinco anos da implementação do experimento nas profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm de acordo com as doses de adubação (kg planta^{-1}) de esterco bovino, aplicadas.....63
- Tabela 4.** Variáveis descritivas (média) de cladódios e frutos de pitaya quanto à morfologia, fotossíntese e pós-colheita sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta^{-1}) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.....74

Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e irrigação (grupo Ambiente) e as variáveis morfológicas (grupo Morfológico) e de fotossíntese (grupo Fotossíntese) de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.....77

Tabela 6. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e irrigação (grupo Ambiente) e as variáveis de pós-colheita (grupo Pós-colheita) de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.....78

Tabela 7. Cargas canônicas entre os grupos “Ambiente” e irrigação e os grupos “Pós-colheita”, “Morfológico” e “Fotossíntese” de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.....80

Tabela 8. Análise de trilha (efeitos diretos e indiretos) entre o grupo explicativo “Ambiente” e irrigação e os grupos respostas “Fotossíntese” e “Pós-colheita” de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.....82

CAPÍTULO III

Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios, amplitude total, desvio padrão e coeficiente de variação do comprimento (L), largura (W), produto do comprimento pela largura (LW), área do cladódio (CA), massa fresca (FM) e massa seca (DM) da pitaya vermelha.....96

Tabela 2. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e LW) da pitaya vermelha na estimativa da área do cladódio.....98

Tabela 3. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e LW) da pitaya vermelha na estimativa de massa fresca.....98

Tabela 4. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e LW) da pitaya vermelha na estimativa de massa seca.....99

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Custos operacionais (\$) de uma plantação de 1 ha de pitaya vermelha com diferentes doses de fertilizante orgânico e consórcio com capim elefante cv. BRS capiaçu.....113

Tabela 2 - Indicadores de viabilidade financeira de um plantio de pitaya vermelha submetida a diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu.....118

Tabela 3 - Análise de sensibilidade de uma plantação de 1 ha de pitaya vermelha adubada com 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino em diferentes cenários.....119

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
REFERÊNCIAS	21
2 DESEMPENHO AGRONÔMICO, INDICADORES HÍDRICOS E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE PITAYA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU.....	26
RESUMO.....	26
2.1 Introdução.....	27
2.2 Material e Métodos.....	29
2.2.1 Caracterização da área de estudo e das condições climáticas	29
2.2.2 <i>Design</i> experimental.....	33
2.2.3 Caracterização do solo, esterco e irrigação	33
2.2.4 Variáveis de crescimento e produtividade	35
2.2.5 Balanço de água no solo (BAS)	36
2.2.6 Índices hídricos.....	37
2.2.7 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila <i>a</i>	38
2.2.8 Clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> e totais	39
2.2.9 Análise estatística	39
2.3 Resultados.....	40
2.3.1 Crescimento e produtividade de plantas de pitaya sob adubação orgânica e consórcio....	40
2.3.2 Balanço de água no solo (BAS) e coeficiente da cultura (Kc)	42
2.3.3 Eficiência no uso da água por plantas de pitaya sob adubação orgânica e consórcio.....	44
2.3.4 Parâmetros fisiológicos de plantas de pitaya sob doses de adubação orgânica e consórcio.....	46
2.3.5 Associação das variáveis com análise de componentes principais (PCA).....	50
2.4 Discussão.....	51
2.5 Conclusões.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS AFETAM OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E DE QUALIDADE EM FRUTOS DE PITAYA SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU.....	58
RESUMO.....	58
3.1 Introdução.....	59
3.2 Material e Métodos	61
3.2.1 Caracterização da área de estudo	61
3.2.2 Caracterização do solo e da irrigação	63
3.2.3 <i>Design</i> experimental.....	64
3.2.4 Variáveis meteorológicas.....	64
3.2.5 Variáveis biométricas.....	64
3.2.6 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila <i>a</i>	65

3.2.7 Análises bioquímicas dos cladódios.....	65
3.2.8 Características físico-químicas e bioquímicas dos frutos.....	67
3.2.9 Análise estatística dos dados.....	70
3.2.9.1 Agrupamento dos dados.....	70
3.2.9.2 Correlação de Pearson.....	70
3.2.9.3 Análise de multicolineariedade.....	71
3.2.9.4 Análise de correlações canônicas.....	71
3.2.9.5 Análise de trilha.....	71
3.3 Resultados.....	72
3.3.1 Descrição das condições meteorológicas durante dois ciclos produtivos de pitaya.....	72
3.3.2 Características descritivas do crescimento e desenvolvimento, fotossíntese e pós-colheita de plantas e frutos de pitaya sob adubação orgânica e sistema de consórcio.....	74
3.3.3 Matriz de correlação de Pearson.....	77
3.3.4 Análise de correlação canônica entre o grupo explicativo “Ambiente” e os grupos respostas “Morfológico”, “Fotossíntese” e “Pós-colheita”.....	80
3.3.5 Análise de trilha entre o grupo explicativo “Ambiente” e os grupos respostas “Fotossíntese” e “Pós-colheita”	82
3.4 Discussão.....	83
3.5 Conclusões.....	85
REFERÊNCIAS.....	86

4 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA PREVER A ÁREA E O PESO DE CLADÓDIOS DE PITAYA VERMELHA USANDO DIMENSÕES LINEARES.....91

RESUMO.....	91
4.1 Introdução.....	92
4.2 Material e Métodos.....	93
4.2.1 Caracterização da área de estudo.....	93
4.2.2 Determinação da área do cladódio, Massa fresca e Massa seca.....	94
4.3 Resultados.....	96
4.4 Discussão.....	100
4.5 Conclusões.....	102
REFERÊNCIAS.....	102

5 VIABILIDADE E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DE UM CULTIVO DE PITAYA SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU EM AMBIENTE DE SERTÃO.....105

RESUMO.....	105
5.1 Introdução.....	106
5.2 Material e Métodos.....	107
5.2.1 Caracterização da área de estudo.....	107
5.2.2 Condições de campo.....	109
5.2.3 Caracterização econômica.....	109
5.2.4 Coleta de dados orçamentários.....	110
5.2.5 Determinação dos critérios contábeis.....	110

5.2.6 Indicadores de eficiência econômica.....	110
5.2.7 Indicadores de viabilidade financeira.....	111
5.2.8 Análise de sensibilidade.....	112
5.2.9 Análise estatística.....	113
5.3 Resultados.....	113
5.3.1 Eficiência econômica.....	113
5.3.2 Viabilidade financeira.....	117
5.3.3 Análise de sensibilidade.....	119
5.4 Discussão.....	120
5.4.1 A adubação orgânica é o principal fator no aumento da produtividade e receita bruta de um plantio de pitaya.....	120
5.4.2 A dose de 49,33 kg planta ⁻¹ de esterco bovino e o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu torna o plantio de pitaya viável economicamente.....	121
5.4.3 O plantio de pitaya orgânica sob consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu é sensível a variação de preços de mercado.....	122
5.5 Conclusões.....	123
REFERÊNCIAS.....	123
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
ANEXOS.....	130

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ocupa uma área de 982.566 km², sendo considerado o mais extenso do mundo e dos quais 53% estão situados na região Nordeste (Jardim *et al.*, 2021). A precipitação média anual é em torno de 400 a 800 mm, porém caracterizada como mal distribuída e com altas taxas de evapotranspiração, o que resulta em baixa disponibilidade hídrica para os plantios e limitação da produção agrícola (Salvador *et al.*, 2024). As temperaturas médias anuais se encontram em torno de 24 a 28 °C e umidade relativa anual média em torno de 50% (Moura *et al.*, 2019). Essas condições limitam a produção agrícola, uma das atividades econômicas mais importantes nas regiões semiáridas do mundo.

Dentro desse contexto, as plantas da família botânica Cactaceae são apontadas como culturas adaptadas às condições edafoclimáticas de regiões semiáridas. Os trabalhos desenvolvidos por Araújo Júnior *et al.* (2025), Salvador *et al.* (2025) e Jardim *et al.* (2025) elencam a alta capacidade de resiliência climática que cultivares de cactos oferecem para o enfrentamento às mudanças do clima, as colocando como alternativa à agricultura moderna, para a produção de alimentos, aporte forrageiro, manejo hídrico e estabelecimento de agrossistemas inteligentes. Esse sucesso adaptativo é atribuído ao metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que permite às cactáceas abrir seus estômatos apenas durante a noite, reduzindo a perda de água por transpiração durante as horas mais quentes do dia e, assim, maximizar o uso da água dentro do sistema solo-plantas (Schiller; Brautigam, 2021).

A hidrodinâmica do solo em cultivos de cactáceas possibilita o conhecimento das condições reais às quais está submetida, tornando essa informação útil para formuladores de políticas públicas voltadas à irrigação de plantios e preservação do meio ambiente (Araújo Júnior *et al.*, 2024). Dessa forma, em plantios de cactáceas é importante que os componentes do balanço de água no solo (BAS), como a evapotranspiração da cultura (ET_c) e o coeficiente da cultura (K_c), sejam estimados para garantir melhor gerenciamento hídrico da produção (Garrido-Rubio *et al.*, 2020).

De forma emergente, a pitaya (*Hylocereus* spp) vem ganhando espaço na agricultura mundial como uma cactácea frutífera de alto rendimento produtivo e econômico. Seus frutos são carnosos, do tipo baga, com casca provida de estruturas chamadas brácteas, as quais lembram a pele de um dragão, e de coloração variando entre o amarelo, verde e vermelho e da polpa entre o branco e vermelho. Apresenta inúmeras e minúsculas sementes (Crane; Balerdi, 2020). Em termos nutricionais, são fontes de muitos compostos.

Apesar de ser uma frutífera que possui metabolismo CAM, há evidências de que condições ambientais extremas como temperatura e radiação elevadas, além de baixo índice pluviométrico, dentre outros, afetam seu desenvolvimento, a depender da espécie (Oliveira *et al.*, 2020; Chu e Chang, 2022). Os principais danos acometidos se referem à estrutura da membrana celular vegetal, à síntese de pigmentos e aos efeitos sobre o aparato fotossintético (Droga; Kim, 2019; Oliveira *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2023). Todos esses danos são refletidos em produtividade reduzida, qualidade inferior dos frutos e baixo retorno econômico.

As pesquisas referentes à pós-colheita dos frutos de pitaya têm se concentrado, predominantemente, em estratégias visando a prolongar a vida de prateleira, na influência das temperaturas de conservação durante o armazenamento e no uso de aditivos com essa finalidade (Jiang *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2021; Hernández-Ramos *et al.*, 2023), não havendo embasamento teórico que associe o manejo de campo e condições climáticas específicas com a qualidade pós-colheita de frutos de pitaya.

O uso de fertilizantes orgânicos vem sendo associado à melhoria da produtividade, ao restabelecimento da microbiota do solo, à síntese de pigmentos e ao rendimento das culturas em condições de estresses por altas temperaturas (Liu *et al.*, 2024). Em estudo de Chukwudi *et al.* (2021), a aplicação de esterco bovino na cultura do milho sob estresse térmico aumentou em 35% a concentração de clorofila em suas folhas. O rendimento quântico do fotossistema II (PSII) e os demais parâmetros da fluorescência da clorofila também foram influenciados positivamente pela aplicação de doses de esterco bovino na cultura do trigo (Makondi *et al.*, 2024).

Para a cultura da pitaya, estudos de Chen *et al.* (2022), Chauhan *et al.* (2024) e Shukla *et al.* (2025) fornecem informações importantes sobre os efeitos da adubação orgânica no seu cultivo. Os teores de proteína, sólidos solúveis e carboidratos se elevaram em frutos de pitaya adubadas com doses de 3% de biochar (Chen *et al.*, 2022), e a produtividade de 8,38 t.ha de frutos foi registrada em doses de 100% de vermicomposto (Chauhan *et al.*, 2024). A utilização de adubação orgânica no cultivo da pitaya promove efeito sinérgico na otimização das respostas fisiológicas da planta e na saúde do solo (Shukla *et al.*, 2025).

Os mecanismos que possibilitam a eficiência na mitigação de danos por estresse abiótico com a utilização de fertilizantes orgânicos estão diretamente associados aos nutrientes presentes nesses compostos, principalmente o nitrogênio (N), essencial em boa parte dos processos fisiológicos em plantas, como a síntese de pigmentos, produção de biomassa e fotossíntese (Liu *et al.*, 2024). Além disso, o efeito sobre a microbiota e estrutura do solo também fornece componentes essenciais para o desenvolvimento das culturas, a partir da formação de

macroagregados, o que otimiza a movimentação da água pelo perfil do solo, promovendo maior espaço para o crescimento das raízes e, por consequência, maior desenvolvimento e produtividade vegetal (Zhu *et al.*, 2026).

O cultivo de pitaya em regiões de clima árido e semiárido resulta ainda em alta insolação sobre seus cladódios, podendo provocar tanto amarelecimento quanto apodrecimento, prejudicando o dossel das plantas e, consequentemente, a eficiência fotossintética, o que requer ainda a adoção de práticas de sombreamento. Nesse sentido, boa parte da literatura científica atual concentra esforços na aplicação de diferentes tipos, cores e níveis de sombreamento para a pitaya por meio de telas de sombrite (Oliveira *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2025), o que acaba se configurando como um custo a mais ao plantio (Jung; Salmon, 2022). Dessa forma, a prática do consórcio pode ser viável nesse sentido, possibilitando fonte de renda extra ao agricultor e alternativa de sombreamento à cultura da pitaya (Ma *et al.*, 2025).

O consórcio entre culturas agrícolas é definido como a combinação planejada de duas ou mais espécies vegetais em um mesmo espaço, otimizando o uso da terra e dos recursos naturais (Li *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2024). No cultivo da pitaya, não se tem informações referentes a esse tipo de manejo com fins de sombreamento, além de poucos trabalhos referentes ao cultivo da pitaya em sistemas agroflorestais e revisões que apontam o consórcio com culturas de cobertura como fator determinante para o aumento da sustentabilidade no cultivo (Vargas-Tierras *et al.*, 2021; Belbase; Bhaskar, 2025).

Alves *et al.* (2022a) estudaram o sistema de consórcio entre variedades de sorgo e cactos forrageiros sob diferentes metodologias de manejo em ambiente semiárido. A cactácea estudada apresentou maior produtividade e alta eficiência biológica em sistema consorciado. O consórcio com o sorgo também aumentou a eficiência e produtividade no uso da água em cacto forrageiro, sendo indicado como uma das principais técnicas para melhorar o uso da água em plantações de cactáceas (Silva *et al.*, 2023).

Santos *et al.* (2025) afirmam que o capim elefante cv. BRS Capiáçu (*Pennisetum purpureum* Schum) é indicado para o plantio consorciado com cactáceas devido à sua alta produtividade, múltiplos ciclos produtivos e variadas possibilidades de uso. Suas touceiras são eretas com elevada densidade de perfilhos (média de 30 perfilhos/m²), o que a torna resistente ao tombamento e de fácil manejo mecanizado, além de ser tolerante ao estresse hídrico moderado, possibilitando, assim, seu cultivo em regiões que passam por escassez hídrica (Embrapa, 2021). O corte dessa gramínea a cada 60 - 90 dias influencia a produção de biomassa foliar e pode ainda ser fonte alternativa de rendimento financeiro para o produtor (Alves *et al.*, 2022b; Ma *et al.*, 2025).

Diante do exposto anteriormente, o retorno econômico do plantio também deve ser avaliado, haja vista o preço por quilo do fruto da pitaya atingir valores elevados no mercado, influenciado pela sazonalidade do ciclo e pela lei da oferta e demanda. Segundo Faleiro (2022), em meses de alta oferta, o quilo da fruta é vendido entre R\$ 38,08 e R\$ 54,40. Na entressafra, com oferta reduzida, esse preço pode chegar a R\$ 163,20. Em estudo de Pavan *et al.* (2025), os autores concluíram que técnicas de manejo adequadas aumentam o potencial econômico do plantio de pitaya, alcançando valor presente líquido (VPL) de R\$ 42.125,82, relação custo x benefício (B/C) de 3,98 e taxa interna de retorno (TIR) de 102,91%.

O cultivo de pitaya em regiões de clima árido e semiárido enfrenta grandes desafios em relação a práticas de manejo que possibilitem o aprimoramento de aspectos produtivos, fisiológicos e de pós-colheita dos frutos, resultando em cultivos resilientes, de alta eficiência hídrica, produtiva e econômica. Embora seja uma cactácea, sua plasticidade a condições diversas à sua de origem precisa ser estudada e compreendida, para que então seus sistemas de cultivo alcancem maior eficiência. Dessa forma, acredita-se que a adoção de adubação orgânica e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiacu auxilia na eficiência hídrica, produtiva, fisiológica e econômica de plantas de pitaya cultivadas em ambiente semiárido.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho é avaliar os efeitos da adubação orgânica associada ao consórcio com capim-elefante cv. BRS Capiacu sobre a eficiência hídrica, respostas fisiológicas, produtividade, viabilidade econômica e qualidade pós-colheita de frutos de pitaya cultivada em condições semiáridas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. P; JARDIM, A. M da R, F; ARAÚJO JÚNIOR, G do N; SOUZA, L. S. B de; ARAÚJO, G. G. L de; SOUZA, C. A. A de; SALVADOR, K. R da S; LEITE, R. M. C; PINHEIRO, A. G; SILVA, T. G. F da. How to enhance the agronomic performance of cactus-sorghum intercropped system: planting configurations, density and orientation. **Industrial Crops and Products**, v. 184, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115059>
- bALVES, J. P; MENDES, S. S; GALEANO, E. S; ORRICO JÚNIOR, M. A. P; FERNANDES, T; RETORE, M; ORRICO, A. C. A; LOPES, L. DA S. Forage production and quality of BRS capiaçu as a response of cutting age and nitrogen application, **Tropical Animal Science Journal**, v. 45, n. 2, p. 197 - 186, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5398/tasj.2022.45.2.179>
- ARAÚJO JÚNIOR, G do N; LEITE, R. M. C; MORAIS, J. E. F de; ALVES, C. P; SOUZA, C. A. A de; ALMEIDA, A. C dos S; JARDIM, A. M da R, F; SOUZA, L. S. B de; EUGENIO, D da S; SILVA, T. G. F da. Growth dynamic, productivity, evapotranspiration, and water-economic índices of forage cactus under different irrigation depths. **Agronomy**, v. 14, n. 4, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040691>
- ARAÚJO JÚNIOR, G DO N; SOUZA, L. S. B DE; JARDIM, A. M DA R. F; SOUZA, C. A. A de; SILVA, S. M. S E; SANTOS, D. C DOS; STEIDLE NETO, A. J; MORAIS, J. E. F DE; CRUZ NETO, J. F DA; SILVA, M. J DA; MENDONÇA, J. C; SILVA, E. F DE F E; SILVA, T. G. F. Agronomic performance and water use indicators of cactus species widely cultivated in semiarid regions. **Irrigation and Drainage**, p. 1–18, 2025. <https://doi.org/10.1002/ird.70017>
- BELBASE, P; BHASKAR, M. S. B. Sustainable cultivation of dragon fruit: integrated nutrient and pest management strategies for enhanced productivity and environmental stewardship. **Agronomy**, v. 15, n. 11, 2025. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112514>
- CHAUHAN, P; KUMAR, A; TRIPATHI, S. K; KATIYAR, H; KUMAR, A; VERMA, A. K; SINGH, S. Effect of organic manures and bio-fertilizer on growth, yield and quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus* L.) under western uttar Pradesh conditions. **Journal of Scientific Research and Reports**, v. 30, n. 11, p. 1106 – 1117, 2024. DOI:<https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i112638>
- CHEN, L; LI, X; PENG, Y; XIANG, P; ZHOU, Y; YAO, B; ZHOU, Y; SUN, C Co-application of biochar and organic fertilizer promotes the yield and quality of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) by improving soil properties. **Chemosphere**, v. 294, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133619>
- CHU, Y. C; CHANG, J. C. Heat stress leads to poor fruiting mainly due to inferior pollen viability and reduces shoot photosystem II efficiency in “Da hong” Pitaya. **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010225>
- CHUKWUDI, U. P; KUTU, F. R; MAVENGHAHAMA, S. Influence of heat stress, variations in soil type, and soil amendment on the growth of three drought-tolerant maize varieties. **Agronomy**, v. 11, n. 8, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081485>

CRANE, J. H; BALERDI, F. C. **Pitaya (Dragon fruit) growing in the florida home landscape**. Departamento de Ciências Horticolas, Serviço de Extensão Cooperativa da Flórida, Instituto de Ciências Alimentares e Agrícolas, Universidade da Flórida, 2020. Disponível em: [HS1068/HS303: Pitaya \(Dragonfruit\) Growing in the Florida Home Landscape \(ufl.edu\)](https://hs1068/HS303: Pitaya (Dragonfruit) Growing in the Florida Home Landscape (ufl.edu)). Acesso em: 30 jan. 2023.

DROGA, V; KIM, C. Chloroplast protein homeostasis is coupled with retrograde signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 14, n. 11, p. 1–4, 2019. doi: 10.1080/15592324.2019.1656037

DZVENE, A. R; ZHOU, L; SLAYI, M; DIRWAI, T. L. A scoping review on challenges and measures for climate change in arid and semi-arid agrifood systems. **Discover Sustainability**, v. 6, n. 151, 2025. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00945-z>

EMBRAPA. Pereira, A. V; Auad, A. M; Santos, A. M. B dos; Mittelman, A; Gomide, C. A de M; Martins, C. E; Paciullo, D. S. C; Lédo, F. J da S; Oliveira, J. S e; Leite, J. L. B; Machado, J. C; Matos, L. L de; Morenz, M. J. F; Andrade, P. J. M; Bender, S. E; Rocha, W. S. D da (Autores). **BRS Capiáçu e BRS Kurumi: Cultivo e uso**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

FALEIRO, F. G. **Pitaya, a fruta que está conquistando o Brasil**. Anuário HF. Campo e Negócios, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152429/1/Pitaya-fruta-conquistando-2022.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

GARRIDO-RUBIO, J; GONZÁLEZ-PIQUERAS, J; CAMPOS, I; OSANN, A; GONZÁLEZ-GÓMEZ, L; CALERA, A. Remote sensing-based soil water balance for irrigation water accounting at plot and water user association management scale. **Agricultural Water Management**, v. 238, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106236>

HERNÁNDEZ-RAMOS, L; MATEOS, M DEL R. G; CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M; YBARRA-MONCADA, M. C. Integrated postharvest of pitahaya fruits (*Hylocereus ocamponis*) stored at different temperatures. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 25, p. 59–77, 2023. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v25i.521>

JARDIM, A. M. da R. F; SILVA, T. G. F da; SOUZA, L. S. B de; ARAÚJO JÚNIOR, G. do N; ALVES, H. K. M. N; SOUZA, M de S; ARAÚJO, G. G. L de; MOURA, M. S. B de. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

JARDIM, A. M DA R. F; MORAIS, J. E. F DE; TANG, X; SOUZA, L. S. B DE; SOUZA, C. A. A DE; SANTOS, W. R DOS; MARIN, F. R; ARAÚJO JÚNIOR, G DO N; ALVES, C. P; SILVA, G. I. N DA; LEITE, R. M. C; SALVADOR, K. R DA S; LOPES, D DE C; STEIDLE NETO, A. J; OMETTO, J. P. H. B; LIMA, J. L. M. P DE; SILVA, T. G. F DA. Energy balance, water use efficiency, and photochemistry of two globally cultivated rainfed cactus species. **Agricultural Water Management**, v. 311, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109385>

JIANG, Y; CHEN, L; LEE, T; CHANG, P. Improving postharvest storage of fresh red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus* sp.) fruit by pre-harvest application of CPPU. **Scientia Horticulturae**, v. 273, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109646>

JUNG, D; SALMON, A. Price for covering cropland with an agrivoltaics system: PV panels replacing shading nets in Chilean blueberry cultivation. **AIP Conference proceedings**, 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0107946>

LEE, Y-C; HO, M-C; CHANG, J-C. Re-identification of non-facultative crassulacean acid metabolism behavior for red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) micropropagules in vitro using an Arduino-based open system, **Scientia Horticulturae**, v. 309, p. 1-10, 2023. doi: 10.1016/j.scienta.2022.111646

LI, C; STOMPH, T; MAKOWSKI, D; LI, H; ZHANG, C; ZHANG, F; WERF, W. V. The productive performance of intercropping. **Agricultural Sciences Sustainability Science**, v. 120, n. 2, 2022. <https://doi.org/10.1073/Pnas.2201886120>

LI, G; LIANG, Y; LIU, Q; ZENG, J; REN, Q; GUO, J; XIONG, F; LU, D. Enhancing production efficiency through optimizing plant density in maize-soybean strip intercropping. **Front. Plant Sci.**, v. 15, 2024. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1473786>

LIU, Y; LAN, X; HOU, H; JI, J; LIU, X; LV, Z. Multifaceted ability of organic fertilizers to improve crop productivity and abiotic stress tolerance: Review and perspectives. **Agronomy**, v. 14, n. 6, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061141>

LUU, T. T. H; LE, T. L; HUYNH, N; QUINTELA-ALONSO, P. Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 39, n. 2, p. 71-94, 2021. doi: 10.17221/139/2020-CJFS

MA, B; LIANG, Z; HUA, W; GROOT, J. C. J; ZHANG, F; WERF, W. V. D; CONG, W-F. Improved sustainability of grain production by intercropping and partial organic substitution in the North China Plain. **Field Crops Research**, v. 326, 2025. doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109886

MAKONDI, M; BAKHSHANDEH, A. M; MUSHTATI, A; RECITATION, M. R. M; JOGHAN, A. K. The effect combined use of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost on wheat grain quality traits and yield under late-season heat stress conditions in Ahvaz. **To agricultural crops**, v. 26, n. 1, p. 57–74, 2024. <https://doi.org/10.22059/jci.2023.358472.2810>

MOURA, M. S. B de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J; SILVA, T. G. F da; SOUZA, W. M de. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. **Embrapa**, 2019.

OLIVEIRA, M. M. T DE; SHUHUA, L; KUMBHA, D. S; ZURGIL, U; RAVEH, E; TEL-ZUR, N. Performance of *Hylocereus* (Cactaceae) species and interspecific hybrids under high-temperature stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 153, p. 30–39, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.044>

OLIVEIRA, M. M. T. DE; SHUHUA, L; KUMBHA, D. S; ZURGIL, U; RAVEH, E; TEL-ZUR, N. Performance of *Hylocereus* (Cactaceae) species and interspecific hybrids under high-temperature stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 153, p. 30-39, 2021. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.013

OLIVEIRA, M. M. T DE; TEL-ZUR, N; ALBANO-MACHADO, F. G; PENHA, D. M; PINHO, M. M; BEZERRA, M; MIRANDA, M. R. A DE; MOURA, C. F. H; ALVES, R. E; NATALE, W; CORRÊA, M. C DE M. Shade as an agro-technique to improve gas exchange,

- productivity, bioactive potential, and antioxidant activity of fruits of *Hylocereus costaricensis*. **Int. J. Plant Biol**, v. 16, n. 4, 2025. <https://doi.org/10.3390/ijpb16040128>
- PAVAN, P. R; MALLIKARJUN, G. K; PRAKASHA, D. P; SABARAD, A. I; SATEESH, P; PRASHANTHA, A; MAHANTESHA, B. N. N. Financial feasibility and profitability analysis of dragon fruit cultivation. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 8, n. 3, p. 208–211, 2025. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i3c.2632>
- SALVADOR, K. R da S; JARDIM, A. M da R. F; ALVES, C. P; ARAÚJO JÚNIOR, G do N; SILVA, M. J da; SOUZA, L. F de; QUEIROZ, M. A. A; CAMPOS, F. S; GOIS, G. C; FRANÇA, J. G. E de; NUNES FILHO, J; STEIDLE NETO, A. J; SOUZA, L. S. B de; SILVA, T. G. F da. Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103958>
- SALVADOR, K. R. DA S; JARDIM, A. M DA R. F; ALVES, C. P; MORAIS, J. E. F DE; ARAÚJO JÚNIOR, G DO N; SOUZA, C. A. A DE; SILVA, M. J DA; SANTOS, J. P. A DE S; SILVA, G. I. N DA; SANTOS, A. R. M DOS; SOUZA, L. S. B DE; QUEIROZ, M. A. A; TABOSA, J. N; SILVA, T. G. F. Sustainable Intensification of forage cactus by intercropping increases productivity, profitability and water use efficiency. **Irrigation and Drainage**, v. 74, n. 3, p. 883–1356, 2025. <https://doi.org/10.1002/ird.3076>
- SANTOS, A. R. M DOS; MORAIS, J. E. F DE; SALVADOR, K. R DA S; SOUZA, C. A. A; ARAÚJO JÚNIOR, G DO N; ALVES, C. P; JARDIM, A. M. DA R. F; SILVA, M. J DA; CARVALHO, F. G DE; SANTOS, A. S. L DOS; SANTOS, W. R DOS; CAMPOS, F. S; GOIS, G. C; SILVA, T. G. F DA. Environmental seasonality affects the growth, yield and economic viability of irrigated forage species in dry regions. **Irrigation and Drainage**, p. 1–29, 2025. <https://doi.org/10.1002/ird.307>
- SCHILLER, K; BRAUTIGAM, A. Engineering of Crassulacean Acid Metabolism. **Annual Review of Plant Biology**, v. 72, 2021. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-071720-104814>
- SHUKLA, J. K; TRIPATHI, V. K; TRIVEDI, A. K. Bio-fertilizers on the quality enhancement of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis*) (Web.) Britton and Rose. **Journal of Scientific Research and Reports**, v. 31, n. 3, p. 346–353, 2025. DOI: <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i32907>
- SILVA, T. G. F da; MEDEIROS, R. S de; ARRAES, F. D. D; RAMOS, C. M. C; ARAÚJO JÚNIOR, G do N; JARDIM, A. M da R. F; ALVES, C. P; CAMPOS, F. S; SILVA, M. V da; MORAIS, J. E. F de; SOUZA, C. A. A de; SILVA, S. M. S e; SANTOS, D. C dos; CARVALHO, A. A de; SOUZA, L. S. B de. Cactus-sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilization can optimize water use in dry regions. **Science of the Total Environment**, v. 895, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165102>
- VARGAS – TIERRAS, Y; DIAZ, A; CAICEDO, C; MACAS, J; SUÁREZ-TAPIA, A; VIERA, W. Benefits of legume species in an agroforestry production system of yellow pitahaya in the Ecuadorian Amazon. **Sustainability**, v. 13, 2021. <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
- XU, Y; CAI, Z; BA, L; QIN, Y; SU, X; LUO, D; SHAN, W; KUANG, J; LU, W; LI, L; CHEN, J; ZHAO, Y. Maintenance of postharvest quality and reactive oxygen species

homeostasis of pitaya fruit by essential oil p-anisaldehyde treatment. **Foods**, v. 10, n. 10, 2021. doi: 10.3390/foods10102434.

ZHU, C; ZHENG, C; CAO, C; LIU, D; DANG, H; YUAN, H; ZHANG, A; ZHANG, J; SUN, C. Organic fertilizer application improved the growth characteristics and enhanced sustainable production of wheat – maize crops under saline water irrigation. **Field Crops Research**, v. 339, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2026.110350>

2. DESEMPENHO AGRONÔMICO, INDICADORES HÍDRICOS E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE PITAYA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU

RESUMO

A adubação orgânica desempenha importante papel no cultivo da pitaya, favorecendo a produtividade e qualidade dos frutos. Todavia, manejos como o consórcio podem ser uma prática promissora para a cultura, haja vista possibilitarem a diversificação do plantio e, no caso do capim, ser alternativa ao sombreamento. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação orgânica e do cultivo consorciado com capim elefante cv. BRS Capiaçú sobre o crescimento, produtividade hídrica e o desempenho fisiológico de plantas de pitaya em ambiente semiárido. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, durante dois ciclos produtivos (2023/2024 e 2024/2025), utilizando cinco doses de esterco bovino (0,0, 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹), em sistemas consorciado e não consorciado com capim elefante cv. BRS Capiaçú. Foram avaliados parâmetros biométricos, a cobertura do dossel, o balanço de água no solo, os índices de produtividade da água, as trocas gasosas, os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* e o conteúdo de clorofilas totais. As plantas apresentaram maior número de cladódios (48), diâmetro (63,8 mm) e produtividade (6.841,0 kg ha⁻¹) na dose de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino em sistema não consorciado. Esse resultado tem correlação com a cobertura do dossel que apresentou os maiores valores na dose de 49,33 kg planta⁻¹ (0,34 a 0,67). O balanço de água no solo demonstrou que o consórcio possibilitou a maior variação de armazenamento de água no solo na dose de 0,0 kg planta⁻¹ (16,34 mm), influenciando nos maiores índices de produtividade hídrica, eficiência no uso da água da cultura (14,635 kg m⁻³), produtividade hídrica da cultura (14,013 kg m⁻³) e produtividade da água de irrigação (16,534 kg m⁻³). No entanto, a eficiência no uso da água se manteve em torno de 0,9 para todos os tratamentos. O *kc* variou de 0,3 a 0,6 em todos os tratamentos. O consórcio possibilitou o aumento do conteúdo de clorofilas para a dose de 49,33 kg planta⁻¹, cerca de 70% a mais do que o sistema sem consórcio, influenciando a taxa de fotossíntese (22,2 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹) taxa de transporte de elétrons de 73,1, e expressando adaptação fisiológica nas plantas no 2º ciclo produtivo, quando as variáveis climáticas elevadas foram responsáveis pelo balanço negativo de água no solo. A dose de 49,33 kg planta⁻¹ foi, portanto, a dose de adubação indicada para o plantio de pitaya no semiárido, além do consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiaçú possibilitar a expressão de adaptações fisiológicas em plantas de pitaya cultivadas em condições semiáridas.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*; eficiência no uso da água; fluorescência da clorofila; consórcio de culturas; balanço de água no solo.

2.1 Introdução

A pitaya (*Hylocereus* spp) é um cacto colunar, endêmico de florestas tropicais da América do Sul e da América Central que possui frutos de variadas colorações da casca e polpa, tem formato oval e estruturas chamadas brácteas que lhe conferem o nome popular fruta-do-dragão. Essa planta cresce como um cacto trepador em locais sombreados e semi-sombreados. As temperaturas ótimas para seu desenvolvimento estão entre 18 e 25 °C, no entanto alta radiação pode prejudicar seu crescimento e provocar amarelecimento dos cladódios (ICAR, 2020).

O metabolismo CAM, típico dos cactos, permite que os estômatos da pitaya sejam abertos apenas no período noturno, evitando, assim, a perda de água excessiva e permitindo um uso mais eficiente da água no sistema solo-plantas-atmosfera (Yang *et al.*, 2023). Além disso, as cactáceas possuem células especializadas que armazenam mucilagem em seus cladódios, o que potencializa sua adaptação a ambientes de baixos recursos hídricos (Oliveira *et al.*, 2022). Esses mecanismos adaptativos permitem que as cactáceas realizem um uso mais eficiente da água disponível no sistema de plantio e, assim, possam ter uma produção mais expressiva em regiões semiáridas.

A depender da fase fenológica em que o cacto se encontre, a demanda hídrica pode variar, sendo maior durante o período de desenvolvimento, mas vindo a reduzir com a colheita (Carvalho *et al.*, 2020). Informações provenientes do balanço de água no solo em cactáceas, como a determinação do coeficiente da cultura (K_c) e da evapotranspiração da cultura (ET_c) especificamente em diferentes locais e sob variadas condições de manejo são importantes para o planejamento do plantio (Yang *et al.*, 2024). Araújo Júnior *et al.* (2025) relataram que valores de K_c e ET_c em cultivo de diferentes cultivares de palma forrageira variaram de acordo com a espécie, estágio de crescimento e sistema de cultivo, sua estimativa melhora a eficiência no uso da água em sistemas de produção.

Não há relatos na literatura sobre a variação de ET_c e K_c no cultivo de pitaya em ambiente semiárido, sendo imprescindível conhecer a dinâmica hídrica dessa cultura para se ter arcabouço suficiente na formulação de políticas públicas que possam viabilizar o plantio em regiões de condições climáticas semiáridas, que parecem limitar seu cultivo.

O crescimento em altura, número de cladódios e espessura dos cladódios estão diretamente ligados ao ambiente de cultivo, sofrendo adaptações que lhes permitem se desenvolver em ambientes de alta radiação, associado ao seu metabolismo CAM (Silva *et al.*, 2024a). Segundo Oliveira *et al.* (2025), a alta radiação pode causar fotoinibição e queimadura

solar nos cladódios da pitaya. Esses sinais indicam que o limite fisiológico da planta foi ultrapassado e, como consequência, a produtividade é afetada. O transporte de elétrons pela cadeia transportadora é reduzido, causando alterações na eficiência fotoquímica da planta (Chu; Chang, 2022).

O cultivo de pitaya no Brasil apresenta duas lacunas de conhecimento que demandam investigação científica aprofundada (Cavalcante *et al.*, 2011). As elevadas temperaturas da região semiárida levam à necessidade de estudos visando à cobertura dessas plantas e ainda é importante fornecer anualmente quantidade correta de nutrientes no cultivo. Os autores chamam a atenção para fontes de esterco de origem animal, considerando que o sistema radicular da pitaya é superficial, razão pela qual absorve rapidamente os nutrientes. Em cactáceas, o fornecimento de adubação orgânica em seu plantio favorece a absorção de água pelas culturas, melhora a área foliar, os parâmetros fisiológicos e o teor de clorofilas (Lahbouki *et al.*, 2022). De acordo com Pierre *et al.* (2024), o cultivo da pitaya requer práticas sustentáveis visando à saúde do solo combinadas com estratégias de irrigação que possam ao longo do tempo aumentar sua fertilidade e a eficiência no uso da água.

Quanto ao conforto térmico, as pesquisas têm avançado com base em diferentes tipos, cores e níveis de telas de sombrite para o sombreamento da pitaya (Cavalcante *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2020; Patil *et al.*, 2024). Em estudo utilizando telas de sombrite para o conforto térmico de plantas de pitaya, Oliveira *et al.* (2021) registraram que sob sombreamento plantas de pitaya aumentaram o acúmulo de clorofila nos cladódios e o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m). Porém, segundo Kakade *et al.* (2025), os custos elevados desse tipo de prática, somados aos da manutenção, levam muitos agricultores a persistirem no monocultivo em campo aberto.

Uma alternativa ao sombreamento artificial seria o consórcio entre a pitaya e culturas de porte ereto, que são, além de uma segunda fonte rentável ao agricultor, uma auxiliar no sombreamento. O capim elefante cv. BRS Capiáu é uma cultura forrageira que vem ganhando destaque entre os produtores por seu porte alto e capacidade produtiva pronunciada. Santos *et al.* (2025) afirmam que o capim elefante cv. BRS Capiáu é indicado para o plantio devido à sua alta produtividade, múltiplos ciclos produtivos e variadas possibilidades de uso, constituindo alternativa em potencial ao consórcio com a pitaya.

Em estudo com cultivares de palma forrageira em consórcio com sorgo, Martins *et al.* (2025) registraram aumento da taxa fotossintética (P_n) e de condutância estomática (g_s) em 34 e 31% respectivamente, em comparação ao sistema sem consórcio. Segundo Silva *et al.* (2023), a combinação de espécies de metabolismo C4 e CAM otimiza o uso da água devido às

diferenças temporais na abertura estomática e nas trocas gasosas. Além disso, o sistema em consórcio melhora a utilização dos recursos disponíveis em uma escala temporal e espacial (Chimonyo *et al.*, 2018).

Presume-se então que a adubação orgânica e o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáu promove melhorias no sistema solo-água-planta na cultura da pitaya, o que favorece os parâmetros de crescimento e fisiológicos da cultura, resultando em maior desenvolvimento e produtividade.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação orgânica e do cultivo consorciado com capim elefante cv. BRS Capiáu, visando ao sombreamento, sobre parâmetros hídricos do sistema solo-planta-atmosfera, sobre o crescimento, desempenho fisiológico e produtividade de plantas de pitaya em ambiente semiárido.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização da área de estudo e das condições climáticas

O estudo foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil (UFRPE). A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 7° 57' 15" de latitude sul e 38° 17' 41" de longitude oeste, com altitude aproximada de 498 metros (Figura 1A e B). O clima local é classificado segundo Koppen como Bsh, denominado semiárido, quente e seco, com temperatura média anual de 25,2 °C, precipitação média anual de 640 mm e evapotranspiração de referência de 1800 mm ano⁻¹ (série 1960 – 2022) (Silva *et al.*, 2023).

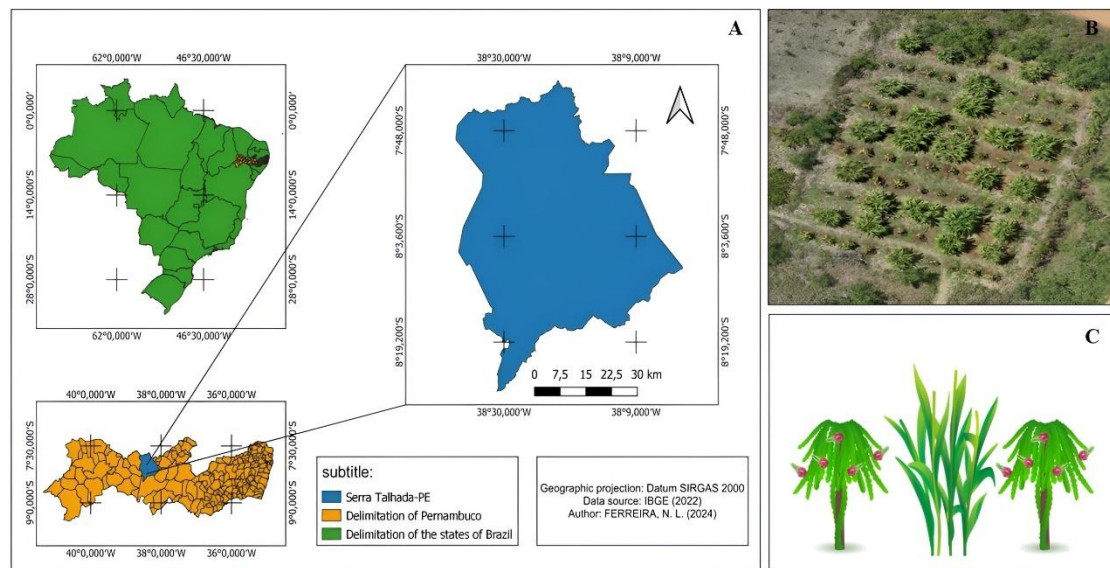


Figura 1. Mapa da localização do município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (A); com destaque para área experimental capturada por veículo aéreo não tripulado (VAN) (B) e ilustração esquemática do sombreamento com capim elefante cv. BRS Capiçu (C). Fonte: A autora (2026).

A Figura 2 apresenta os dados de chuva (mm dia^{-1}), evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), radiação (MJ m^{-2}), temperaturas máximas e mínimas ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) durante os dois ciclos produtivos do experimento, que englobam os anos de 2023 a 2025.

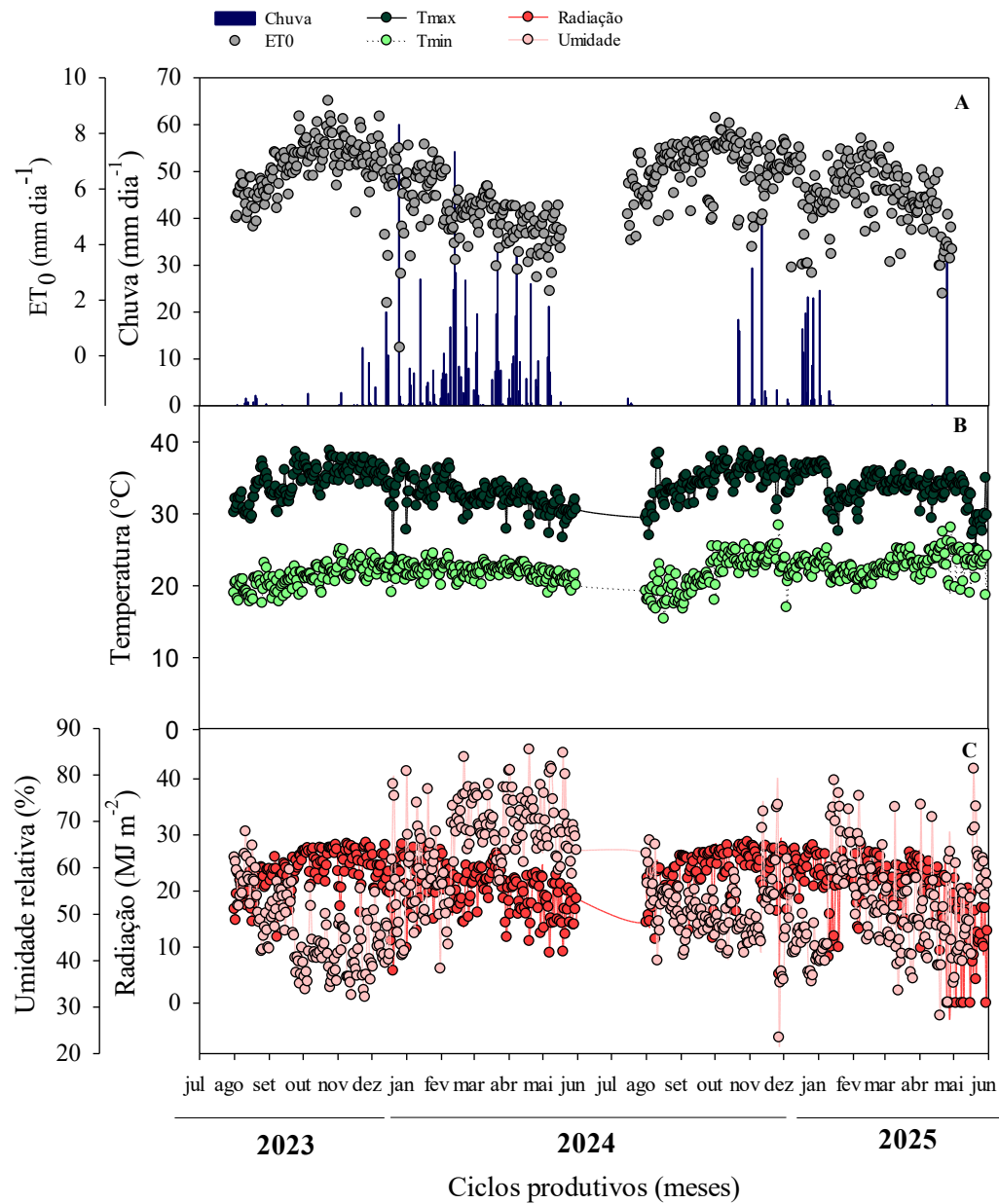


Figura 2. Condições meteorológicas do experimento durante os ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025. Chuva (mm dia⁻¹), ET_0 (mm dia⁻¹) (A); Temperaturas máximas e mínimas (°C) (B); radiação (MJ m⁻²) e umidade relativa do ar (%) (C). Fonte: A autora (2026).

Durante o primeiro ciclo, os valores acumulados de chuva foram de 771 mm, com máxima de precipitação pluvial no mês de fevereiro de 2024, sendo registrados 188 mm de chuvas. As maiores magnitudes de ET_0 ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2023 para o 1º ciclo e entre novembro e dezembro de 2024 para o 2º ciclo, com médias de 7,4 mm dia⁻¹ e 6,8 mm dia⁻¹, respectivamente.

A radiação para o 1º ciclo variou de 16,8 a 26,0 MJ m⁻² com máximas registradas para o mês de novembro de 2023. As temperaturas máximas e mínimas variaram de 24,1 a 36,3 °C

e 19,8 a 22,6 °C, respectivamente, com máximas registradas para o mês de novembro de 2023, caracterizando-se como um período de pouca ocorrência de chuvas, alta radiação, temperaturas elevadas e umidade relativa do ar apenas 18,8 %.

No 2º ciclo, a precipitação pluvial acumulada foi de apenas 226,2 mm, com máxima de 134,8 mm no mês de janeiro de 2025. A radiação variou entre 0,5 MJ m⁻² a 23,9 MJ m⁻² com máxima em dezembro de 2024. As maiores temperaturas máximas e mínimas foram registradas no mês de novembro de 2024, variando entre 29,9 e 36,9 °C para a temperatura máxima e 18,8 e 29,8 °C para a temperatura mínima. Para os meses de novembro e dezembro de 2024, onde se registraram médias elevadas de radiação, a umidade do ar apresentou as menores médias, entre 33 e 45%.

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos atributos físicos do solo da área experimental nas camadas de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm de profundidade.

Tabela 1. Atributos granulométricos do solo (areia, silte e argila), classificação textural, valores da relação silte/argila para as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm e densidade, utilizados para caracterização física do perfil do solo da área experimental.

Profundidade	Granulometria (dag kg ⁻¹)			Classe textural	Relação Silte/argila
	Areia	Silte	Argila		
0 – 20	0,80	0,15	0,06	Areia franca	2,45
20 – 40	0,77	0,15	0,08	Franca arenosa	1,95
Densidade (g cm ⁻³)					
Doses	0,0	5,33	10,66	21,33	49,33
0 – 20	1,53	1,50	1,46	1,47	1,45
20 – 40	1,37	1,32	1,37	1,29	1,43

Fonte: A autora (2026).

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háptico Eutrófico e possui proporções granulométricas maiores de areia, cerca de 80 e 77% nas camadas de 0 - 20 cm e 20 – 40 cm, respectivamente, o que significa alta permeabilidade e baixa retenção de água disponível para as plantas. A classe textural do solo foi determinada como areia franca na camada de 0 – 20 cm e franca arenosa na camada de 20 – 40 cm. A relação silte/argila indica um solo jovem, pouco intemperizado e com baixo teor de argila (Anderson e Fidel, 2025).

2.2.2 Design experimental

O experimento foi implantado em 2020, usando-se mudas de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus* de casca e polpa vermelhas provenientes do Banco de Germoplasma da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) (Anexo VI), distribuídas em cinco blocos, com quatro plantas por parcela, em espaçamento de 2 x 3 m, entre plantas e fileiras respectivamente, em uma área de 600 m² (Anexo I). O sistema condutor utilizado para o experimento empregou estacas de madeira e pneus. As plantas foram adubadas na fundação com cinco doses de adubo orgânico, 0,0; 5,33; 10,66; 21,33; e 49,33 kg planta⁻¹, na forma de esterco bovino. As plantas foram conduzidas até a altura da estaca de 1,50 m retirando as brotações laterais. A adubação anual foi realizada nos anos de 2023, 2024 e 2025, utilizando as mesmas doses de esterco bovino, depositadas na base da planta e revolvidas com auxílio de enxadas.

A caracterização mineral do esterco utilizado durante a adubação de fundação na implementação do experimento é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização mineral do esterco bovino utilizado durante a adubação de fundação.

MS %	MM %	NT %	P %	K %	PT %
94,29	58,90	1,29	0,28	0,88	8,06

Fonte: A autora (2026). MS: matéria seca; MM: matéria mineral; NT: nitrogênio total; P: fósforo total; K: potássio total; PT: proteína total.

Durante os primeiros três anos de experimento, as plantas se desenvolveram e passaram para a fase reprodutiva (Anexo II). Em 2023, as mudas de capim elefante cv. BRS Capiáçu, coletadas no Banco de Germoplasma do Setor de Olericultura da UFRPE/UAST, foram plantadas entre duas plantas de pitaya, no espaçamento de 1,0 m entre plantas, em cada parcela, distribuídas de forma aleatória (Figura 1C) (Anexo III). Entre os anos de 2023 e 2024, as estacas de madeira foram substituídas por estacas de alvenaria (Anexo IV). O experimento foi conduzido durante os ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025, levando-se em consideração como período de produção os meses de agosto a maio do ano seguinte.

2.2.3 Caracterização do solo, esterco e irrigação

Ao fim do 2º ciclo produtivo, foi realizada análise de solo da área, por meio de coletas de amostras simples de solo com a utilização de um trado holandês, nas camadas de 0 a 20 cm

e de 20 a 40 cm entre as linhas de plantio, em cada parcela, formando amostras compostas para cada tratamento. Foram mensurados os teores dos principais nutrientes, assim como a capacidade de troca catiônica (CTC) e o pH do solo. Na Tabela 3, é apresentada a caracterização química do solo após cinco anos de plantio.

Tabela 3. Caracterização química do solo da área experimental após cinco anos da implementação do experimento nas profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm de acordo com as doses de adubação (kg planta^{-1}) de esterco bovino aplicadas.

	pH	P	Na+	K+	Ca+	Mg2+	Al3 +	H+Al	CTC total	CTC efetiva	V	m
	 mg dm ⁻³					 Cmolc dm ⁻³					%	
Doses	0 – 20 cm											
0,0	7,00	138,1	15,0	197	5,16	1,40	0,00	0,74	8,01	7,26	91	0,00
5,33	7,20	162,4	19,0	300	5,12	2,08	0,00	0,00	8,08	8,08	100	0,00
10,66	7,00	186,1	10,0	270	4,69	1,71	0,00	0,59	7,88	7,29	92	0,00
21,33	7,10	134,1	21,0	277	5,10	2,30	0,00	0,00	8,39	8,39	100	0,00
49,33	7,20	136,8	17,5	397	4,87	1,60	0,00	0,00	7,90	7,90	100	0,00
	20 – 40 cm											
0,0	7,30	106,5	15,0	250	5,37	1,93	0,00	0,00	7,87	7,87	100	0,00
5,33	7,40	140,0	19,0	310	6,41	2,09	0,00	0,00	9,35	9,35	100	0,00
10,66	7,30	186,1	14,0	330	5,45	2,25	0,00	0,00	8,45	8,45	100	0,00
21,33	7,40	132,2	66,8	350	4,53	2,47	0,00	0,00	8,00	8,00	100	0,00
49,33	7,20	133,3	21,5	528	4,25	2,19	0,00	0,00	7,55	7,55	100	0,00

Fonte: A autora (2026).

As doses utilizadas como tratamentos no experimento equivalem a 0; 9; 18; 36 e 81 t ha^{-1} de esterco, tendo sido definidas levando-se em consideração o teor médio de nitrogênio total presente no esterco bovino curtido (15 g kg^{-1}) e a exigência da cultura em nitrogênio (0; 80; 160; 320 e 740 g planta^{-1}) (Aremanda *et al.*, 2023; Karunakaran *et al.*, 2025).

A irrigação das plantas foi realizada por microaspersores com vazão de 40 L hora⁻¹, durante uma hora e 20 minutos três vezes por semana, baseado em teste de vazão realizado previamente. A cada turno de rega, foram aplicados 8,33 mm de água diariamente, 66,66 mm mensalmente e 800 mm anuais.

2.2.4 Variáveis de crescimento e produtividade

As plantas de pitaya foram submetidas a avaliações biométricas mensalmente durante os dois ciclos produtivos (Figura 3).

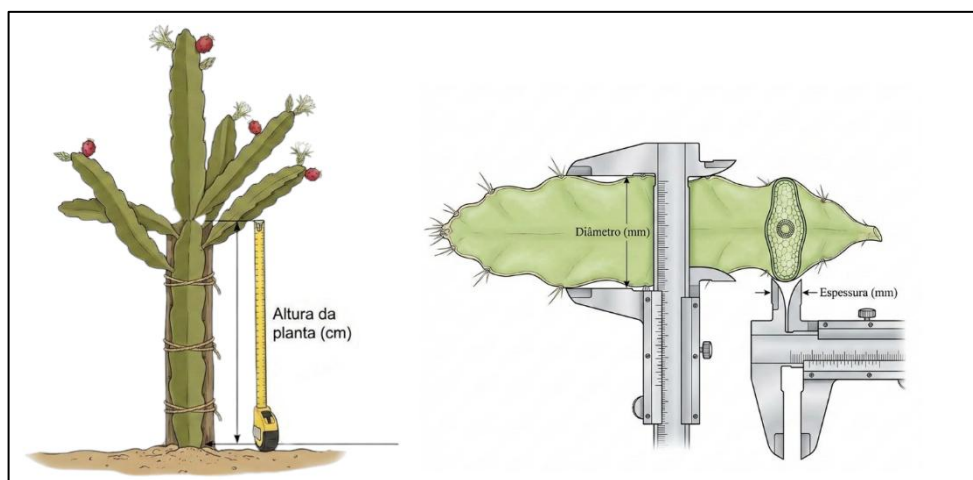


Figura 3. Desenho esquemático representando os procedimentos da coleta de biométria. Do lado esquerdo determinação da altura de planta com fita métrica, à direita determinação do diâmetro e espessura do cladódio com paquímetro manual. Fonte: A autora (2026).

A altura da planta (cm) foi mensurada com a utilização de uma fita métrica a partir da base da planta na estaca até o topo do cladódio principal. Essa avaliação foi realizada no primeiro mês para todas as plantas e posteriormente apenas para aquelas que ainda não haviam alcançado a altura da estaca. O diâmetro dos cladódios (mm) foi mensurado a partir da medição, com paquímetro manual, da base de três cladódios por planta para obtenção de um valor médio. Para a espessura do cladódio (mm), foi utilizado paquímetro manual e realizadas três leituras no centro das projeções longitudinais dos cladódios para obtenção de um valor médio (Figura 3). O número de cladódios foi determinado pela contagem de todos os cladódios secundários das plantas. A produtividade do cultivo foi mensurada a partir da pesagem dos frutos inteiros, em balança analítica durante os dois ciclos produtivos, expresso em k ha⁻¹.

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) foi avaliada a cada dois meses durante os dois ciclos produtivos, entre os horários de 11h00 e 12h00 por meio de um ceptômetro (AccuPAR LP80). Foram realizadas duas medições lateralmente acima da copa da

planta e abaixo. Os dados de IRFA foram utilizados para a determinação da fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fPAR).

2.2.5 Balanço de água no solo (BAS)

No primeiro ciclo produtivo, foram instalados dez tubos de acesso da sonda capacitiva (Diviner 2000, Sentek Pty Ltd., Australia) com 0,50 m de profundidade para coleta de dados de umidade volumétrica do solo (θ) a cada 0,10 m em intervalo de sete dias. A quantificação do BAS foi realizada pelo método simplificado utilizando a Equação descrita por Libardi (1) (2005):

$$\Delta S = R + ID \pm SR \pm q - ETa \quad (1)$$

Em que ΔS = variação do armazenamento de água no solo na zona radicular (mm) para um volume controle de 0,40 m; R = precipitação expressa em mm; ID = profundidade de irrigação expressa em mm; SR = escoamento superficial (mm); q = fluxo vertical de água no solo (drenagem profunda [DD] ou capilaridade ascendente [CR] (mm)) e ETa = evapotranspiração quantificada a partir dos resíduos da Equação 1.

A ΔS foi obtida a partir das leituras da sonda e estimada pela diferença entre os valores final e inicial do armazenamento de água no solo, por meio da Equação 2.

$$\Delta S = (\theta_f - \theta_i)L \quad (2)$$

Por meio desta, temos θ_f e θ_i = conteúdos volumétricos de água final e inicial, respectivamente, e L = profundidade de interesse. A R foi obtida por meio dos dados climáticos baixados pelo programa DataMetProcess provenientes das estações meteorológicas de Serra Talhada, PE e Salgueiro, PE pertencentes ao INMET. Os dados foram utilizados na Equação 3 os integrando em determinado intervalo em dias.

$$\int_{t_i}^{t_j} p dt = R \quad (3)$$

Onde, R = chuva (mm^{-1}) e t = tempo.

A profundidade de irrigação foi obtida por meio da Equação 4, integrando os valores dos eventos de irrigação que ocorreram durante o experimento.

$$\int_{t_i}^{t_j} i dt = ID \quad (4)$$

O fluxo vertical de água no solo (q) foi calculado a partir do produto $\Delta t \cdot q$, onde q é a densidade de fluxo vertical de água no solo (mm dia^{-1}) obtida por meio da Equação de Buckingham-Darcy (5) (Libardi, 2005):

$$q = -K(\theta) \frac{\Delta \Psi_t}{\Delta z} \quad (5)$$

A partir da qual, $K(\theta)$ = condutividade hidráulica do solo (mm dia^{-1}) para a camada de 0,40 m, e $\Delta \Psi_t / \Delta z$ = gradiente do potencial total de água no solo (m m^{-1}) entre as profundidades de 0,30 m e 0,50 m, obtidas por meio dos dados de θ e a equação de Brooks and Corey (1964).

A condutividade hidráulica do solo foi determinada como uma função da umidade $K(\theta)$ por meio do método de perfil instantâneo, de acordo com Libardi (2005), Equação 6:

$$K(\theta) = K_0 e^{\gamma(\theta - \theta_0)} \quad (6)$$

Onde K_0 = condutividade hidráulica saturada do solo (mm dia^{-1}); γ = coeficiente angular da equação linear de $\ln(K)$ em função do teor de água no solo (θ); e θ_0 = teor de água no solo quando não há redistribuição. Foram então determinados os seguintes coeficientes: $\gamma = 67,8947$, $K_0 = 0,0001 \text{ m h}^{-1}$, e $\theta_0 = 0,3105 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Silva *et al.*, 2015).

A partir dos dados de ET_0 e ET , foi calculada a razão ET/ET_0 (K_c - coeficiente da cultura) e, em seguida, ajustados modelos gaussianos em função dos dias dos ciclos produtivos, para obtenção do K_c estimado e a ET_c .

2.2.6 Índices hídricos

Os índices foram calculados com base na produtividade da matéria fresca e seca, na quantidade de água proveniente da profundidade da irrigação (ID), na precipitação (R) e na evapotranspiração real (ET_a) (Fernández *et al.*, 2020).

A eficiência no uso da água (WUE) é definida como a evapotranspiração da cultura (ET_c) dividida pela quantidade de água fornecida pela irrigação (I) e precipitação (P). A WUE é determinada pela Equação 7:

$$WUE_c = \frac{ET_c}{I+P} \quad (7)$$

A eficiência no uso da água da cultura (WP_c) é a razão entre o rendimento comercializável produzido pela cultura (MS em kg m^{-2}) e a evapotranspiração (m^{-3}), calculada pela Equação 8:

$$WP_c = \frac{MS}{ET} \quad (8)$$

A produtividade hídrica da cultura (WP_{cTWU}) é calculada a partir da razão entre o rendimento comercializável da cultura (MS em kg m⁻²) e a quantidade de água envolvida na produção agrícola (TWU), utilizando a Equação 9:

$$WP_c = \frac{MS}{TWU} \quad (9)$$

A produtividade da água de irrigação (WPI) é dada pela razão entre o rendimento comercial produzido pela cultura e a água de irrigação aplicada durante o período de estudo, e calculada pela Equação 10:

$$Wpi = \frac{MS}{ID} \quad (10)$$

A quantificação de matéria fresca e seca (MF e MS) foi determinada pela coleta de cladódios apenas durante a fase vegetativa da pitaya, quando as plantas estavam emitindo brotações laterais. Os cladódios foram coletados, pesados de acordo com os tratamentos, cortados, colocados em sacos de papel kraft e levados a estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante.

2.2.7 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*

As trocas gasosas foram avaliadas com a utilização de um analisador de gases por infravermelho (IRGA-Ci340, Bionscience) com pinça adaptada para leitura em espécies de cactáceas. Os parâmetros para obtenção das trocas gasosas foram: fluxo de ar (l min), pressão atmosférica (k Pa), radiação (μmol m² s), CO₂ interno e CO₂ atmosférico (ppm), concentração de vapor de água do ar que entra e sai do equipamento e déficit de pressão de vapor (k Pa). A taxa fotossintética (Pn), condutância estomática (gs) e a transpiração (E) foram avaliados no período das 2h00 às 4h00 devido ao metabolismo ácido das crassuláceas característico das culturas cactáceas, como descrito por Almeida *et al.* (2018).

Os dados de fluorescência da clorofila *a* foram obtidos por meio de um fluorômetro portátil de luz modulada MINI-PAM II (Heinz Walz, Alemanha). As coletas foram realizadas no período das 8h00 às 10h00, selecionando-se cladódios completamente desenvolvidos. A região do terço médio de cada cladódio foi submetida à adaptação ao escuro por 50 minutos, utilizando presilhas metálicas específicas para bloqueio da luz. Após o período de escuro, foram determinados os seguintes parâmetros por meio de leituras pontuais: rendimento quântico

máximo do Fotossistema II (F_v/F_m), coeficiente de extinção fotoquímico (qP), coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte aparente de elétrons (ETR).

2.2.8 Clorofilas *a*, *b* e totais

O conteúdo de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais ($\text{mg g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) foram determinados através da metodologia descrita por Lichtenthaler; Buschmann (2001) com adaptações. Amostras frescas de 0,2 g de cladódio foram pesadas e maceradas em 2 mL de solução de acetona 80%. Em seguida foram centrifugadas a 12.000 rpm por 15 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi retirado e realizadas leituras em espectrofotômetro (Biochrom, Libra S8, Cambridge, Inglaterra), nos comprimentos de onda de 470, 645 e 663 nm. Os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais foram determinados através das Equações 11, 12 e 13.

$$\text{Chl}_a = \left[\frac{(12,25 * A_{663} - 2,79 * A_{645})}{1000 * W} \right] * V \quad (11)$$

$$\text{Chl}_b = \left[\frac{(21,5 * A_{645} - 5,10 * A_{663})}{1000 * W} \right] * V \quad (12)$$

$$\text{Chltotais} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \quad (13)$$

Onde A = absorvância; V = volume do extrato e W = peso da amostra.

2.2.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro–Wilk e de homoscedasticidade (Levene). Em seguida, foram submetidos à análise de variância ANOVA pelo teste F ($p < 0,05$). Realizou-se teste de Tukey a 5% de probabilidade, ajustando-se regressão polinomial de modelo quadrático e linear para os dados que não apresentaram interação significativa e teste de comparação de médias. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada utilizando-se os dados médios de todas as variáveis avaliadas. Para a realização da análise estatística, utilizou-se o programa estatístico R (R Core Team, 2023).

2.3 Resultados

2.3.1 Crescimento e produtividade de plantas de pitaya sob adubação orgânica e consórcio

Não foi registrada pela ANOVA interação significativa entre os fatores doses de adubação e consórcio para plantas de pitaya submetidas a essas condições, quando da análise das variáveis biométricas e produtividade do plantio (Tabela 4).

Tabela 4. Dados médios das variáveis biométricas e de produtividade de plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu após três anos de experimento.

Doses	ALP (cm)	NCP	DIA (mm)	ESP (mm)	PROD (Kg ha ⁻¹)
0,00	131,4a	2d	50,1b	6,4b	651,1b
5,33	140,7a	13cd	60,1ab	8,9a	1.177,1b
10,66	144,9a	15c	57,0ab	6,7ab	1.696,8b
21,33	148,5a	31b	63,1a	7,8ab	3.958,7ab
49,33	149,8a	48a	63,8a	7,8ab	6.841,0a
Sistema					
SC	141,2a	24a	62,3a	7,8a	3914,9a
CC	145,0a	20a	55,4b	7,3a	1815,0b

Fonte: A autora (2026). ALP: altura da planta; NCP: número de cladódios da planta; DIA: diâmetro do cladódio; ESP: espessura do cladódio; PROD: produtividade de frutos; SC: sem consórcio; CS: com consórcio. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade.

As plantas apresentaram em média a altura de 143 cm, não diferindo entre os tratamentos. O maior número de cladódios foi obtido na dose de 49,33 kg planta⁻¹ (48). Em relação ao diâmetro do cladódio, as doses de 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹ apresentaram os maiores valores, não diferindo entre si, com médias de 63,1 e 63,8 mm, respectivamente. Para o diâmetro do cladódio, o sistema sem consórcio apresentou a maior média (62,3 mm). A espessura do cladódio apresentou maior média para a dose de 5,33 kg planta⁻¹ (8,9 mm). Para a produtividade, foi observada diferença significativa entre as doses, com valor máximo de 6.841,0 kg ha⁻¹ de frutas de pitaya utilizando a dose de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino. As plantas que não estavam sob consórcio apresentaram a maior produtividade (3.914,9 kg ha⁻¹), cerca de 115% a mais do que as plantas sob consórcio.

A fração da radiação fotossinteticamente ativa (fPAR) variou durante os meses de avaliação nos dois ciclos produtivos de acordo com as doses de adubação e a presença de consórcio (Figura 4).

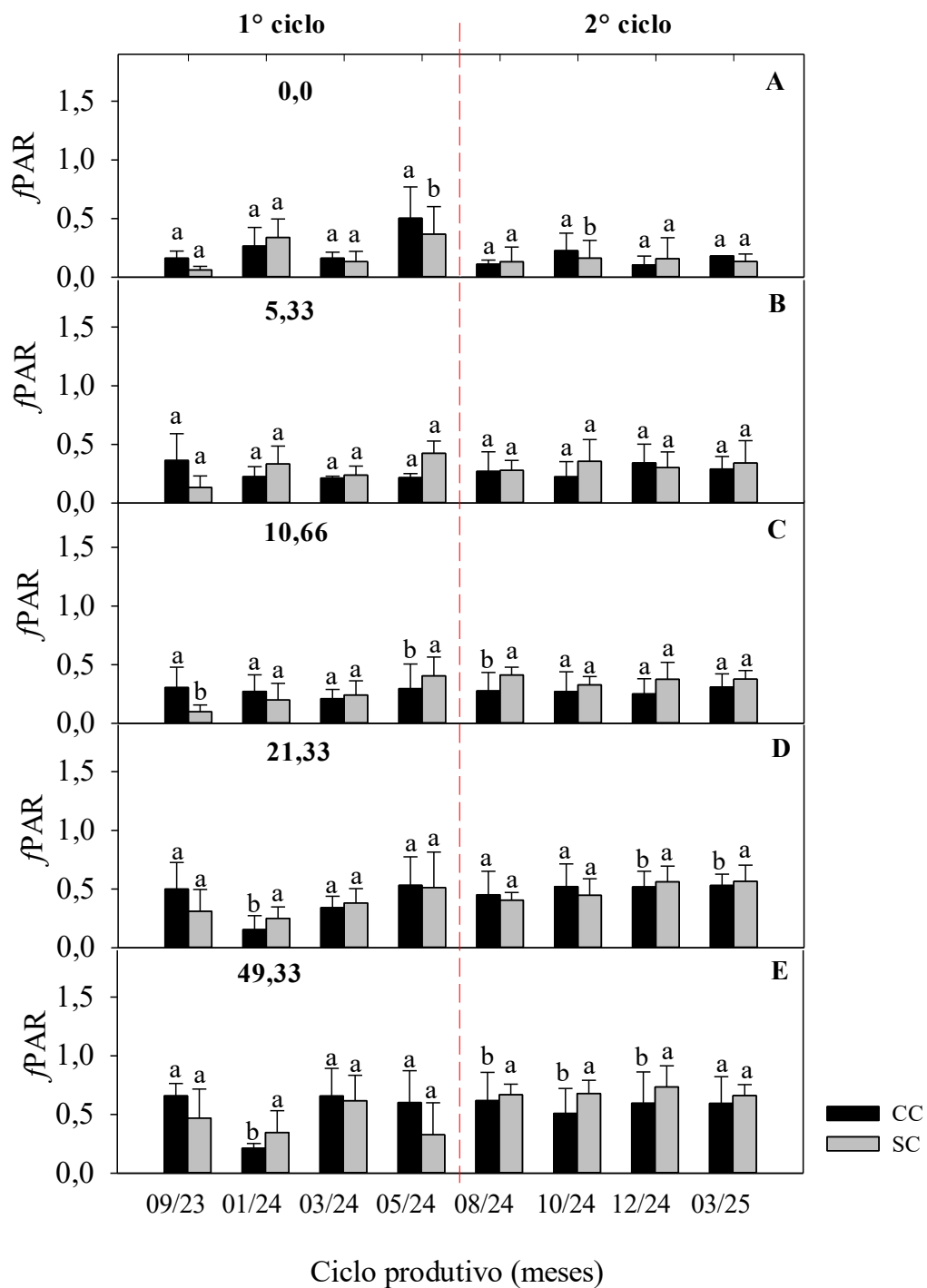


Figura 4. Fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (f_{PAR}) em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiaguê em dois ciclos produtivos. CC: com consórcio; SC: sem consórcio. Fonte: A autora (2026). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade.

O sistema consorciado possibilitou uma maior f_{PAR} das plantas sem adubação nos meses de maio/2024 (1° ciclo) (0,50) e outubro/2024 (2° ciclo) (0,22) (Figura 4A). Não foi

observada diferença estatística significativa durante os dois ciclos de produção para as plantas adubadas com 5,33 kg planta⁻¹ em relação a fPAR quando avaliado o sistema de consórcio, variando entre 0,28 e 0,32 (Figura 4B). Para as plantas adubadas com 10,66 kg planta⁻¹, o sistema consorciado influenciou a fPAR apenas em setembro/2023 (1° ciclo) (0,30), nos meses de maio/2024 (1° ciclo) (0,29) e agosto/2024 (2° ciclo) (0,27), as plantas sem consórcio apresentaram maiores fPAR (Figura 4C). Para as maiores doses 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹, as médias mais elevadas de fPAR foram registradas para os meses de janeiro/2024 (1° ciclo), agosto/2024, outubro/2024, dezembro/2024 e março/2025 (2° ciclo), no sistema sem consórcio, com valores de 0,25, 0,40, 0,44, 0,56 e 0,56 para a dose de 21,33 kg planta⁻¹ e 0,34, 0,66, 0,67, 0,66 e 0,66 para a dose 49,33 kg planta⁻¹ (Figura 4 D, E).

2.3.2 Balanço de água no solo (BAS) e coeficiente da cultura (Kc)

O sistema consorciado favoreceu a variação no armazenamento da água no sistema de plantio de pitaya no 1° ciclo produtivo, mas apresentou BAS negativo para o 2° ciclo (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros do balanço de água no solo (mm) em plantio de pitaya adubado com diferentes doses de esterco (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consorciado com capim elefante cv. BRS Capiacu em dois ciclos produtivos.

Tratamentos	P	I	DP	AC	R	ΔA	ETr(dia)	ETr
1° Ciclo								
0,0 + SC	190	1008	-0,36	0,20	-33,18	-4,08	3,97	-1168,73
0,0 + CC	190	1008	-2,36	0,02	-33,18	16,34	3,90	-1146,14
5,33 + SC	190	1008	-0,01	0,00	-33,18	2,05	3,96	-1162,76
5,33 + CC	190	1008	-0,06	0,11	-33,18	3,76	3,95	-1161,12
10,66 + SC	190	1008	-0,01	0,00	-33,18	0,21	3,96	-1164,60
10,66 + CC	190	1008	-0,05	0,04	-33,18	-0,27	3,96	-1165,08
21,33 + SC	190	1008	-2,4	0,00	-33,18	-20,90	4,02	-1183,32
21,33 + CC	190	1008	-0,18	0,02	-33,18	6,89	3,94	-1157,77
49,33 + SC	190	1008	-66,96	3,72	-33,18	3,09	3,74	-1098,49
49,33 + CC	190	1008	-2,97	0,00	-33,18	-2,43	3,96	-1164,28
2° Ciclo								
0,0 + SC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,48	52,93	3,85	-1152,19
0,0 + CC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,96	-33,34	4,34	-1237,98
5,33 + SC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,83	43,45	5,89	-1161,33
5,33 + CC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,83	49,54	4,67	-1155,23
10,66 + SC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,48	45,04	3,91	-1160,08
10,66 + CC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,48	71,34	3,79	-1133,78
21,33 + SC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,48	47,68	3,87	-1157,44
21,33 + CC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,83	68,08	5,40	-1136,70

49,33 + SC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,48	31,48	3,94	-1173,64
49,33 + CC	224,6	1032	0,00	0,00	-51,83	45,94	5,28	-1158,84

Fonte: A autora (2026). P: precipitação; I: irrigação; DP: drenagem profunda; AC: ascensão capilar; R: escoamento superficial; ΔA : variação de armazenamento; ETr: evapotranspiração real; SC: sem consórcio; CC: com consórcio

Durante o 1º ciclo produtivo, foi registrada entrada de água por P no sistema produtivo de 190 mm para todos os tratamentos, assim como entrada de 1008 mm através da I. No entanto, por AC a entrada de água variou de 0,0 para as doses de 5,33, 10,66 e 21,33 kg planta⁻¹ sem consórcio e 49,33 kg planta⁻¹ com consórcio a 3,72 mm na dose de 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio. A saída de água variou entre 0,01 mm por DP nas doses de 5,33 e 10,66 kg planta⁻¹ sem consórcio a 66,96 mm na dose de 49,33 kg planta⁻¹ no sistema sem consórcio. Todos os tratamentos perderam 33,18 mm de água por R, mas para a ETr a perda de água variou entre 3,74 a 10,09 mm dia⁻¹ na dose de 49,33 kg planta⁻¹ em sistema sem e com consórcio, respectivamente. A dose de 0,0 kg planta⁻¹ em sistema consorciado foi o tratamento que possibilitou a maior ΔA , com média de 16,34 mm.

No 2º ciclo produtivo, a entrada de água por P foi de 224,6 mm. A I foi de 1032 mm. Não foi registrada entrada de água por AC nos tratamentos avaliados. Da mesma forma, não foi registrada saída de água por DP em nenhum dos tratamentos. O sistema de plantio perdeu água por R entre 45,77 mm na dose de 0,0 kg planta⁻¹ com consórcio a 51,83 mm nos demais tratamentos. A dose 0,0 kg planta⁻¹ com consórcio foi ainda o tratamento que mais evapotranspirou durante o 2º ciclo produtivo, em torno de 9,55 mm dia⁻¹, em comparação à dose de 10,66 kg planta⁻¹ com consórcio, que evapotranspirou 3,79 mm dia⁻¹. A dose de 10,66 kg planta⁻¹ com consórcio apresentou a maior ΔA , cerca de 71,34 mm em média. Todavia, o 2º ciclo produtivo resultou em BAS negativo.

Para a determinação do Kc, foi ajustado um modelo sigmoidal de três parâmetros. No Kc estimado, registrou-se valores de 0,3 a 0,6, aumentando de acordo com a fase do ciclo produtivo em que as plantas se encontravam, apresentando o mesmo comportamento em todos os tratamentos avaliados.

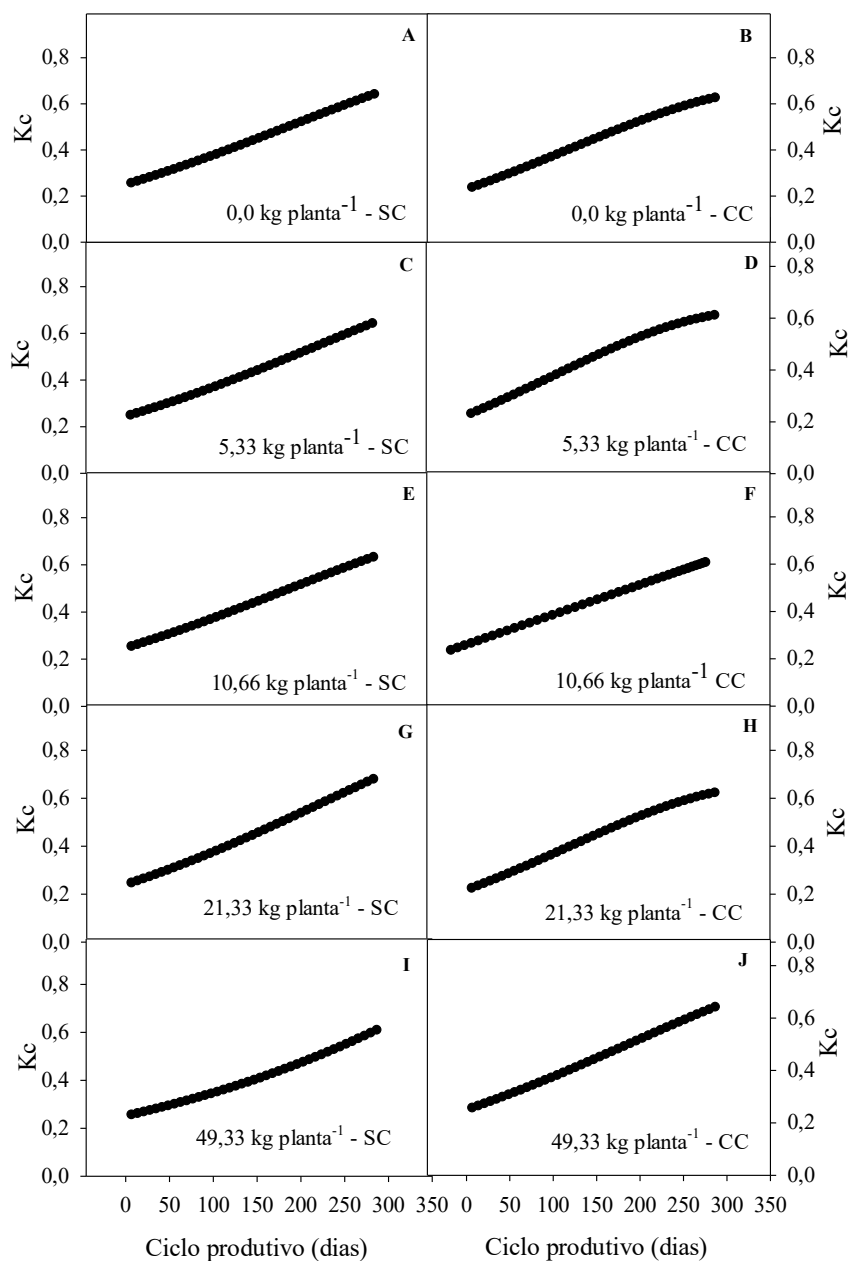


Figura 5. Coeficientes da cultura estimado (K_c) em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio. Fonte: A autora (2026).

2.3.3 Eficiência no uso da água por plantas de pitaya sob adubação orgânica e consórcio

Os índices hídricos dos dois ciclos produtivos foram calculados levando-se em consideração o consórcio e as doses de adubação pelos quais as plantas de pitaya estavam submetidas (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros de eficiência no uso da água através de índices hídricos (kg m^{-3}) em plantas de pitaya adubadas com diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu em dois ciclos produtivos.

1º Ciclo				
Tratamentos	WUE	WPc	WPcTWU	WPI
0,0 + SC	0,976	2,83	2,760	3,281
0,0 + CC	0,957	14,635	14,013	16,534
5,33 + SC	0,971	1,736	1,685	2,003
5,33 + CC	0,984	11,167	10,989	12,768
10,66 + SC	0,972	6,903	6,710	7,975
10,66 + CC	0,973	1,295	1,260	1,497
21,33 + SC	0,988	0,265	0,262	0,312
21,33 + CC	0,966	1,138	1,100	1,308
49,33 + SC	0,917	3,661	3,357	3,990
49,33 + CC	0,972	1,874	1,821	2,165
2º Ciclo				
0,0 + SC	0,918	1,773	1,628	1,937
0,0 + CC	1,004	0,735	0,738	1,066
5,33 + SC	0,925	1,422	1,315	1,599
5,33 + CC	0,920	2,753	2,417	3,079
10,66 + SC	0,921	3,623	3,337	3,951
10,66 + CC	0,909	2,399	2,181	2,595
21,33 + SC	0,916	2,653	2,431	2,892
21,33 + CC	0,905	0,913	0,826	1,005
49,33 + SC	0,912	0,901	0,821	0,977
49,33 + CC	0,923	1,675	1,546	1,880

Fonte: A autora (2026). WUE: eficiência no uso da água; WPc: eficiência no uso da água da cultura; WPcTWU: produtividade hídrica da cultura; WPI: produtividade da água de irrigação; SC: sem consórcio; CC: com consórcio

No 1º ciclo de produção, a WUE foi de 0,9 para todos os tratamentos, com poucas variações entre estes. A dose de 21,33 kg planta^{-1} sem consórcio obteve o menor índice de WPc (0,265 kg m^{-3}), de WPctwu (0,262 kg m^{-3}) e WPI (0,312 kg m^{-3}) e a dose de 0,0 kg planta^{-1} com consórcio os maiores índices, WPc (14,635 kg m^{-3}), WPctwu (14,013 kg m^{-3}) e WPI (16,534 kg m^{-3}), demonstrando que a eficiência no uso da água variou a depender da dose de adubação.

Para o 2º ciclo produtivo, a WUE variou entre 0,9 e 1,0 entre os tratamentos avaliados, mas, assim como no 1º ciclo, não houve grandes variações entre os tratamentos em relação a esse índice. A dose de 0,0 kg planta^{-1} com consórcio obteve o menor índice de WPc (0,735 kg m^{-3}) e de WPctwu (0,738 kg m^{-3}) no 2º ciclo de produção, ao passo que o menor índice de WPI foi registrado para a dose de 49,33 kg planta^{-1} sem consórcio (0,977). Os maiores índices hídricos, no 2º ciclo foram registrados para a dose de 10,66 kg planta^{-1} sem consórcio WPc (3,623 kg m^{-3}), WPctwu (3,337 kg m^{-3}) e WPI (3,951 kg m^{-3}).

2.3.4 Parâmetros fisiológicos de plantas de pitaya sob doses de adubação orgânica e consórcio

Os parâmetros de trocas gasosas Pn (taxa fotossintética), E (transpiração) e gs (condutância estomática) em dois ciclos produtivos não apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados doses de adubação e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiapu (Figura 6).

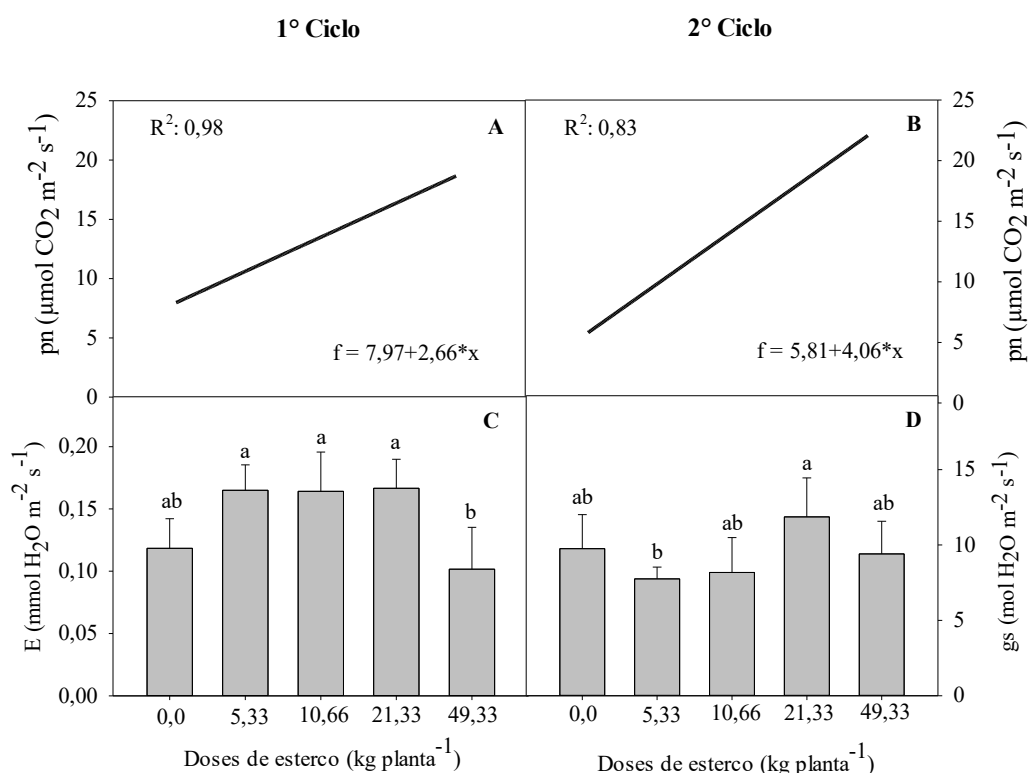


Figura 6. Parâmetros de trocas gasosas em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta^{-1}) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiapu em dois ciclos produtivos. Taxa fotossintética (Pn - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A, B); Transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (C); Condutância estomática (gs - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (D). Fonte: A autora (2026). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade.

Para Pn, se ajustou regressão linear com coeficientes de determinação de $R^2: 0,98$ e $R^2: 0,83$ para o 1º e 2º ciclo, respectivamente, não havendo efeito significativo do sistema de consórcio sob essa variável. Durante os dois ciclos de produção, foi possível observar que a Pn se elevou de acordo com o aumento da dose de adubação, variando de 7,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na dose 0,0 kg planta^{-1} a 18,1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na dose de 49,33 kg planta^{-1} no 1º ciclo (Figura 6A). No 2º ciclo, os valores foram de 7,9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a 22,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas doses de 0,0 e 49,33 kg planta^{-1} , respectivamente (Figura 6B).

A dose de 49,33 kg planta⁻¹ apresentou as menores médias de E no 1º ciclo de produção (0,10 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), diferindo das demais doses de adubação, que não apresentaram diferença estatística entre si, com médias de 0,11 e 0,16 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ nas doses de 0,0 e 5,33, 10,66 e 21,33 kg planta⁻¹, respectivamente (Figura 6C). No 2º ciclo produtivo, a gs das plantas apresentou maior média na dose de 21,33 kg planta⁻¹ (11,8 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e menor média na dose de 5,33 kg planta⁻¹ (7,7 mol H₂O m⁻² s⁻¹), não havendo diferença estatística significativa entre as demais doses (Figura 6D).

A avaliação dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, ETR (taxa de transporte de elétrons) e *qP* (*quenching* fotoquímico) em plantas de pitaya submetidas a doses de adubação e consórcio demonstrou o efeito das altas temperaturas no aparato fotossintético de plantas não consorciadas (Figura 7).

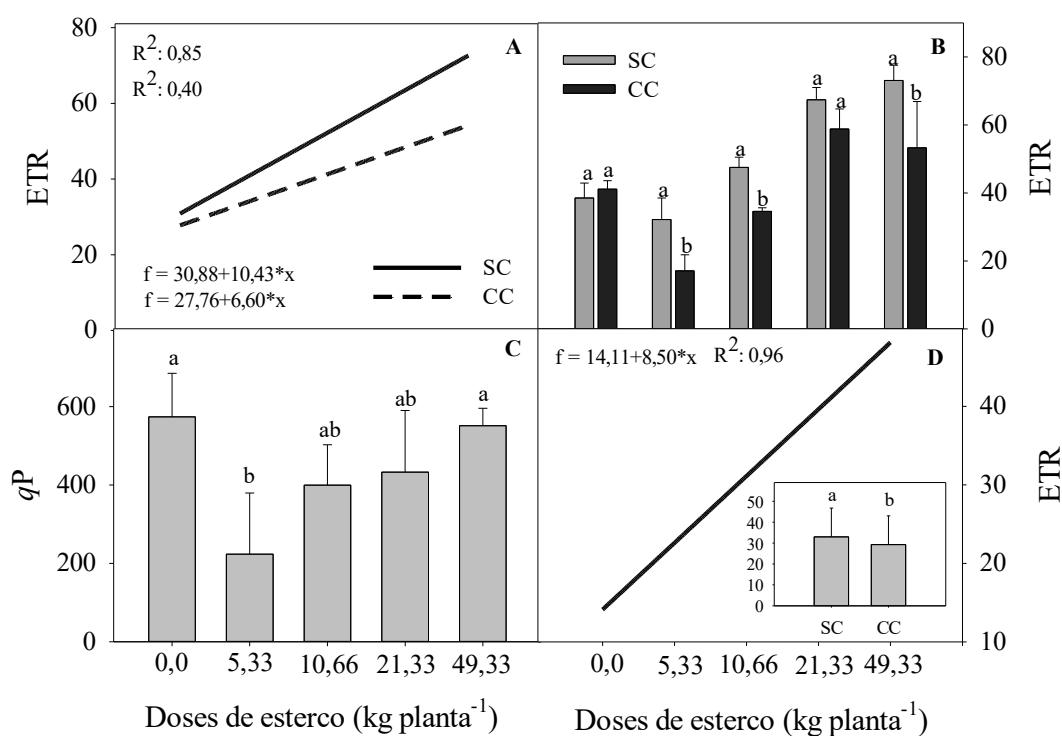


Figura 7. Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu em dois ciclos produtivos. ETR (taxa de transporte de elétrons) A, B, D; *qP* (*quenching* fotoquímico) C. Fonte: A autora (2026). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade.

No 1º ciclo produtivo, apenas a ETR e o *qP* apresentaram efeito estatístico significativo em plantas de pitaya adubadas organicamente e submetidas a consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu. Para ETR, foi observada interação significativa entre os fatores doses de adubação e sistema de consórcio, ajustando-se regressão linear para representar o efeito das

doses dentro dos sistemas de consórcio, com coeficientes de determinação de R^2 : 0,85 e R^2 : 0,40 para o sistema sem e com consórcio, respectivamente (Figura 7A). Foi observado ainda o efeito dos sistemas de consórcio dentro de cada dose para a ETR no 1º ciclo de produção (Figura 7B). A ETR se eleva de acordo com o aumento da dose de adubação, independentemente do sistema de consórcio, variando de 38,5 para a dose de 0,0 kg planta⁻¹ a 73,1 para a dose de 49,33 kg planta⁻¹ no sistema sem consórcio e de 41,1 a 53,2 para as doses de 0,0 kg planta⁻¹ e 49,33 kg planta⁻¹, respectivamente, no sistema consorciado.

Em relação ao efeito do sistema de consórcio dentro de cada dose, a Figura 7B demonstra que nas doses de 5,33, 10,66 e 21,33 kg planta⁻¹ o sistema sem consórcio influenciou o aumento da ETR nas plantas de pitaya, não havendo diferença estatística significativa do sistema de consórcio nas outras doses de adubação. No 2º ciclo de produção, não foi registrada interação significativa entre os fatores doses de adubação e sistema de consórcio para ETR, mas ajustou-se regressão linear para as doses de adubação com coeficiente de determinação de R^2 : 0,96 e o sistema sem consórcio diferiu-se estatisticamente do sistema consorciado, apresentando médias de 32,9 e 29,2, respectivamente (Figura 7D).

As doses de 0,0 e 49,33 kg planta⁻¹ apresentaram as maiores médias de qP no 1º ciclo de produção, 574 e 551, respectivamente, não apresentando diferença estatística entre si. A dose de 5,33 kg planta⁻¹ apresentou a menor média (223), sendo diferente estatisticamente das demais doses (Figura 7C). Na Tabela 7 apresentamos as médias dos parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila a dos dois ciclos produtivos que não apresentaram interação e diferença estatística significativa.

Tabela 7. Médias dos parâmetros de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila a de plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capião, em dois ciclos produtivos.

1º Ciclo				2º Ciclo			
Doses	gs (mol H2O m ⁻² s ⁻¹)	NPQ	Fv/Fm	E (mmol H2O m ⁻² s ⁻¹)	qP	NPQ	Fv/Fm
0,00	10,43	2,6	759	0,10	91,8	1,9	770
5,33	14,12	2,3	726	0,09	58,0	1,6	799
10,66	13,52	2,0	703	0,08	86,2	2,3	761
21,33	16,85	2,2	766	0,11	140,2	2,0	771
49,33	12,35	1,9	793	0,10	118,0	1,8	800
Sistema							
SC	14,14	2,1	714	0,09	115,2	2,0	761
CC	12,77	2,3	785	0,09	82,4	1,9	799

Fonte: A autora (2026). gs: condutância estomática; E: transpiração; NPQ: *quenching* não fotoquímico, qP: *quenching* fotoquímico; Fv/Fm: eficiência do fotossistema II; SS: sem consórcio; CC: com consórcio.

O sistema consorciado possibilitou o aumento do conteúdo de clorofilas totais em plantas de pitaya adubadas com diferentes doses de adubação (Figura 8).

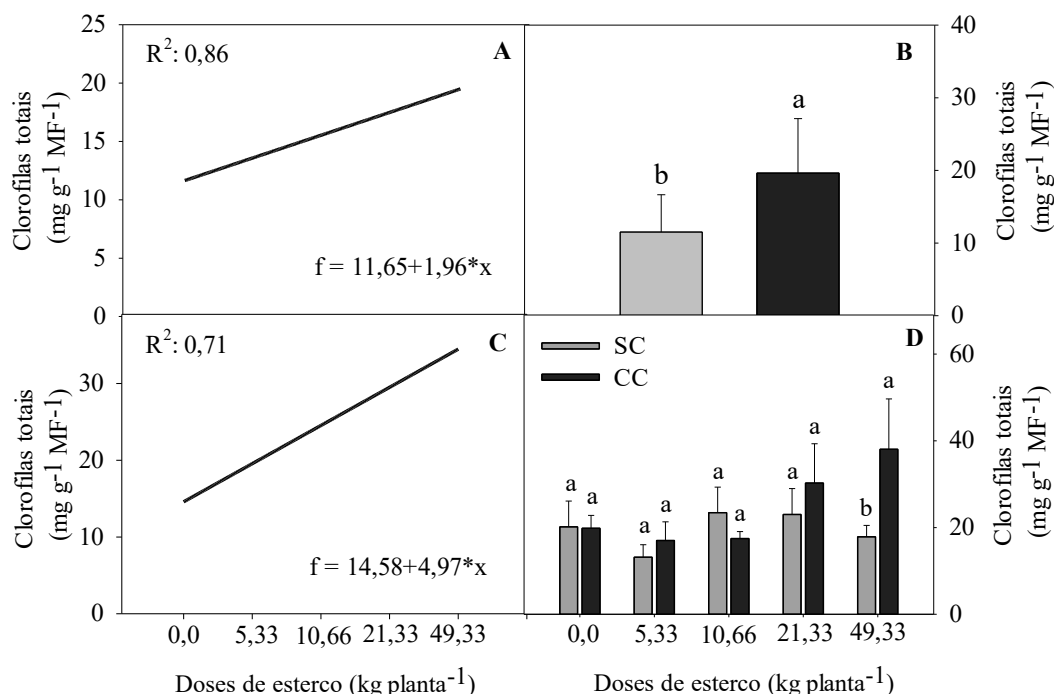


Figura 8. Conteúdo de clorofilas totais em plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu em dois ciclos produtivos. Teor de clorofilas totais no 1º ciclo A, B; Teor de clorofilas totais no 2º ciclo C, D. SC: sem consórcio; CC: com consórcio. Fonte: A autora (2026).

Não foi observada interação estatística significativa entre os fatores estudados, dose de adubação e sistema de consórcio para o 1º ciclo de produção em relação ao conteúdo de clorofilas totais em cladódios de pitaya. Para as doses de adubação, foi ajustada uma regressão linear com coeficiente de determinação de $R^2: 0,86$, demonstrando que o conteúdo de clorofilas aumentou a depender da dose de adubação, variando de 12,9 a 20,6 mg g⁻¹ MF⁻¹ nas doses de 0,0 e 49,33 kg planta⁻¹, respectivamente (Figura 8A). O sistema consorciado possibilitou um aumento de 70% no teor de clorofilas nas plantas em comparação ao sistema não consorciado no 1º ciclo de produção (Figura 8B).

Para o 2º ciclo de produção, também não foi observada interação estatística significativa entre os fatores avaliados, sendo ajustada uma regressão linear para as doses de adubação com coeficiente de determinação de $R^2: 0,71$ (Figura 8C). Assim como no 1º ciclo de produção, o teor de clorofilas totais aumentou à medida que as doses de adubação também se elevaram, apresentando médias variando de 20,0 a 27,9 mg g⁻¹ MF⁻¹ nas doses de 0,0 e 49,33 kg planta⁻¹, respectivamente (Figura 8C). O sistema de consórcio diferiu estatisticamente do sistema sem

consórcio na dose de 49,33 kg planta⁻¹, quando avaliados os sistemas dentro de cada dose, ocorrendo um aumento de 113% de clorofilas em sistema consorciado (Figura 8D).

2.3.5 Associação das variáveis com análise de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para examinar padrões ou tendências nos dados amostrados. Utilizamos os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para explicar a variância total apresentada (Figura 9).

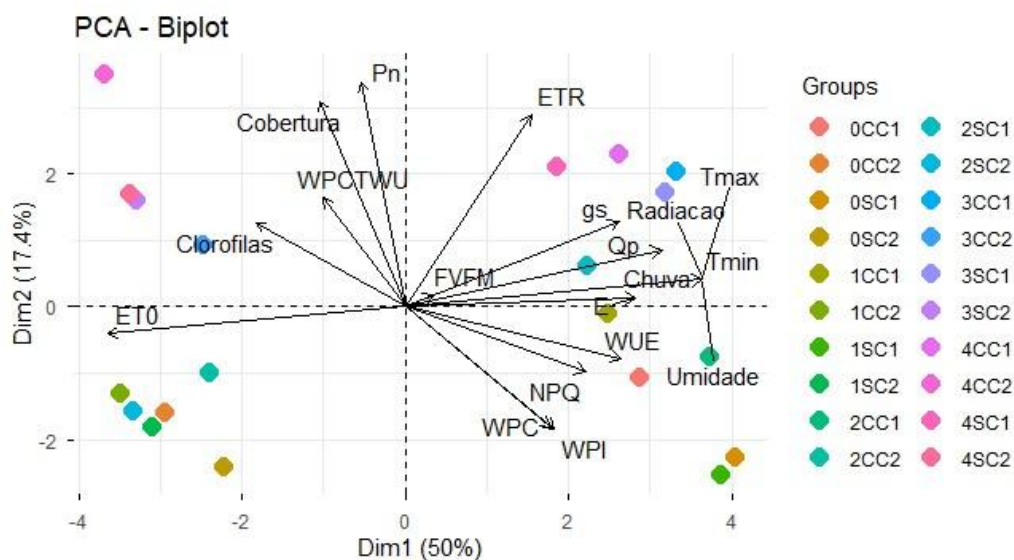


Figura 9. Análise de componentes principais (PCA) das variáveis de crescimento, índices hídricos, fisiológicos e climáticos durante dois ciclos produtivos de pitaya adubada com doses de esterco (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e sob cultivo consorciado. Fonte: A autora (2026). As setas indicam a direção e a força da contribuição de cada variável para a formação dos componentes principais. SC: sem consórcio; CC: com consórcio; 0: dose 0,0 kg planta⁻¹; 1: dose 5,33 kg planta⁻¹; 2: dose 10,66 kg planta⁻¹; 3: dose 21,33 kg planta⁻¹; 4: dose 49,33 kg planta⁻¹; 1: primeiro ciclo; 2: segundo ciclo.

Na Figura 9, a PC1 representou 50% e foi influenciada pela E, e a PC2 representou 17,4% da variação total dos dados, com maior influência da Pn, o que descreveu 67,4 % de toda a variação dos dados. A F_v/F_m foi a variável que menos contribuiu para a variação dos dados, ao passo que a ET_0 foi a variável de maior contribuição. Na PC1, observa-se ainda que as variáveis gs , qP , E, chuva, radiação, temperatura máxima e mínima estão fortemente correlacionadas entre si de forma positiva. As variáveis Pn, Cobertura, WPCtwu e clorofilas também formam um grupo de variáveis correlacionadas positivamente. Todavia, as variáveis WUE, umidade, NPQ, WPC e WPI, correlacionam-se entre si de forma negativa, e ainda a ET_0 se correlaciona de forma negativa com todas as demais variáveis.

Os tratamentos 21,33 kg planta⁻¹ sem consórcio no 1º ciclo (3SC1) e 21,33 kg planta⁻¹ com consórcio no 2º ciclo (3CC2) são considerados semelhantes, assim como os tratamentos 0,0 kg planta⁻¹ sem consórcio (0SC1) e 5,33 kg planta⁻¹ sem consórcio, ambos no 1º ciclo (1SC1). Os tratamentos 49,33 kg planta⁻¹ sem e com consórcio (4SC1 e 4CC1) no 1º ciclo, além dos tratamentos, 5,33 kg planta⁻¹ com consórcio no 2º ciclo (1CC2), 10,66 kg planta⁻¹ sem consórcio no 1º ciclo (2SC1) e 0,0 kg planta⁻¹ com consórcio no 1º ciclo (1CC1) também se correlacionam positivamente entre si. Observa-se ainda que as doses de 21,33 kg planta⁻¹ e 49,33 kg planta⁻¹ nos dois sistemas de consórcio e nos dois ciclos produtivos têm correlação negativa com as demais doses sem consórcio e com consórcio nos dois ciclos produtivos (Figura 9).

2.4 Discussão

As doses 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio possibilitaram maior cobertura do dossel das plantas nas fases de floração e frutificação, contribuindo para o desenvolvimento floral e produtividade. De acordo com Gu *et al.* (2025), a aplicação de fertilizantes orgânicos melhora as características de diâmetro e produtividade das plantas. Os principais nutrientes encontrados no esterco bovino (N, P e K) são responsáveis pela promoção do crescimento e desenvolvimento vegetativo, promovendo ainda a expansão do dossel, área fotossinteticamente ativa do vegetal, o que também é um fator determinante para a produtividade da cultura (Jesus *et al.*, 2021; Abukari e Cobbinah, 2025). Essa relação fica evidente a partir dos resultados da PCA, que demonstraram forte correlação positiva entre as variáveis cobertura e Pn nos tratamentos de maior dose de adubação nos dois ciclos produtivos.

No presente trabalho, foi observado que as menores doses de adubação com consórcio apresentaram maior capacidade de retenção de água no solo e índices produtivos de água mais satisfatórios. As doses menores fizeram melhor uso da água do sistema solo-planta-atmosfera como forma de compensar seu desenvolvimento tardio, havendo influência positiva do sistema consorciado, principalmente em relação à dose 0,0 kg planta⁻¹ no 1º ciclo produtivo (Saraiva *et al.*, 2022). A prática do consórcio possibilita maior cobertura do solo pela diversidade vegetal, o que frequentemente reduz a evaporação da água do solo e melhora o uso da água nas culturas (Whang *et al.*, 2024).

As plantas de pitaya apresentaram durante o primeiro ano de avaliação condições hídricas ótimas para seu desenvolvimento, representado por um kc, que na pitaya está diretamente ligado às suas fases fenológicas, sendo menor no início do desenvolvimento e alcançando valor máximo na floração e frutificação (Batista, 2022). Esse comportamento ocorre

porque, diferentemente de outras culturas de cactáceas frequentemente analisadas quanto seu balanço hídrico, como a palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) por exemplo, o fim do ciclo da pitaya não se caracteriza pelo corte das plantas, mas pela finalização da frutificação.

No presente trabalho, tanto o sistema consorciado quanto o não consorciado apresentaram WUE de 0,9 com poucas variações, em todas as doses de adubação avaliadas, nos dois ciclos produtivos. Esse resultado está diretamente relacionado ao metabolismo CAM, caracterizado pela abertura estomática para trocas gasosas apenas no período noturno, de modo que a perda de água por transpiração é reduzida, potencializando a eficiência no uso da água pela cultura (Hultine *et al.*, 2023).

No segundo ano de avaliação, os resultados da PCA demonstraram correlação negativa entre a umidade relativa do ar e os índices hídricos WUE, WPC e WPI, o que indica que a baixa umidade do ar (33 – 45%) se reflete na dinâmica de transferência de água na interface planta-atmosfera e resulta em balanço hídrico negativo e menor eficiência hídrica (Nunes *et al.*, 2024; Araújo Júnior *et al.*, 2025; Williams e Abatzoglou, 2025).

De acordo com as correlações positivas apresentadas na PCA, nas maiores doses de adubação, 21,33 kg planta⁻¹ e 49,33 kg planta⁻¹, nos dois sistemas de consórcio, a maior cobertura do dossel favoreceu as taxas de fotossíntese nessas plantas e consequentemente a WPctwu. Segundo Salvador *et al.* (2025), a maior superfície fotossintética e acúmulo de energia favorecem o aumento no número de cladódios emitidos na palma forrageira e, consequentemente, maior acúmulo de forragem por área, corroborando, assim, os resultados do presente trabalho, para a pitaya.

Adubos orgânicos ricos em nitrogênio e disponibilizados de forma adequada às culturas afeta diretamente o aparato fotossintético, pois ele tem efeito direto na regulação da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) (Liang *et al.*, 2023). Além disso, a redução nas taxas de E indicam estratégia vegetal para regular o uso de água e sobreviver em ambientes de recursos hídricos limitados e condições climáticas adversas (Silva *et al.*, 2023b). No 2º ciclo produtivo, a gs das plantas de pitaya adubadas com 49,33 kg planta⁻¹ apresentaram valores reduzidos, em contradição com o aumento na Pn. Diante de condições meteorológicas como baixa precipitação pluviométrica, alta radiação e temperaturas do ar elevadas, a gs das plantas de metabolismo CAM apresenta abertura parcial dos estômatos e apenas o CO₂ liberado pela respiração é reciclado no mesófilo, o que permite que mesmo sob essa condição as plantas possam fotossintetizar de forma efetiva (Han; Li, 2025). Os resultados da PCA demonstram correlação positiva entre as variáveis gs, qP, E, chuva, radiação, temperatura máxima e mínima, o que corrobora o mecanismo adaptativo mencionado.

A maior Pn no segundo ciclo foi acompanhada pelo aumento dos teores de clorofila nas plantas adubadas com 49,33 kg planta⁻¹, indicando que o consórcio favoreceu o acúmulo de pigmentos fotossintéticos. Esse resultado está de acordo com Martins *et al.* (2025), que registraram aumento de pigmentos clorofilados em cactos consorciados e adubados com fontes de nitrogênio, o que realça o efeito estrutural desse elemento na estrutura molecular da clorofila. Além disso, a alta ETR na dose de 49,33 kg planta⁻¹, em sistema não consorciado, pode estar relacionada à incidência de radiação solar de forma direta. O *qP* reflete a proporção de pigmentos no complexo antena do PSII que absorvem a energia luminosa que será transferida fotoquimicamente na forma de elétrons pela cadeia transportadora de elétrons, e a ETR reflete, por sua vez, a dinâmica do transporte de elétrons dentro do centro de reação do PSII (Qi *et al.*, 2025).

Em sistemas produtivos de pitaya na região semiárida, a adubação orgânica na dose de 49,33 kg planta⁻¹ e o consórcio com fins de sombreamento com o capim elefante cv. BRS Capiáçu possibilitam a adaptação das plantas a condições climáticas adversas às suas de origem, além de favorecer a dinâmica hídrica do cultivo, sendo necessário manejar o sistema de irrigação do plantio com base em dados de ETc da cultura e do Kc, para se ter um sistema mais eficiente e resiliente.

2.5 Conclusões

A adubação orgânica com esterco bovino na dose de 49,33 kg planta⁻¹ favoreceu o crescimento vegetativo, o desenvolvimento fisiológico e a produtividade de plantas de pitaya. O Kc da pitaya apresentou variação entre 0,3 a 0,6, em função da fase do ciclo produtivo. O consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu favoreceu a concentração dos pigmentos fotossintetizantes em plantas de pitaya adubadas com 49,33 kg planta⁻¹, o que auxiliou no conforto térmico das plantas. Além disso, observou-se efeito do consórcio na maior eficiência no uso da água pela cultura.

REFERÊNCIAS

- ABUKARI, A.; COBBINAH, P. Impact of cattle manure on chemical properties and maize (*Zea mays* L.) performance in the guinea savannah zone of Ghana. **Contemporary Agriculture**, v. 74, n. 1-2, 2025. <https://doi.org/10.2478/contagri-2025-0001>
- ALMEIDA, E. I. B.; MEDEIROS, M. C. C.; MESQUITA, R. O.; QUEIROZ, R. F.; CAJAZEIRA, J. P.; AMORIM, F. F. V. R. Growth and gas exchanges of red pitaya under different shading conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018, p 1 – 8. doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5554
- ANDERSON, A.; FIDEL, R. **Introduction to Soil Science**. 2 ed, Ames, Iowa: Iowa State University, Doi: <https://doi.org/10.31274/isudp.2025.201>
- ARAÚJO JÚNIOR, G. N. *et al.* Agronomic Performance and Water Use Indicators of Cactus Species Widely Cultivated in Semiarid Regions. **Irrigation and Drainage**, p. 1–18, 2025, doi.org/10.1002/ird.70017
- AREMANDA, R. B.; DEBRETSION, S.; TESFALEM, S.; MENGHISTEAB, R. Competence of Cow Manure as Sustainable Feedstock for Bioenergy and Biofertilizer Production. **International Journal on Food, Agriculture, and Natural Resources**, v. 4, n. 2, p. 59-67, 2023, doi: <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v4i2.135>
- BATISTA, A. C. **Coefficiente de cultivo da pitaia (*Hylocereus* sp.)**. 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso: Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias: Macaíba, RN, 2022.
- CARMO, E. P.; ROCHA, I. T.; ANGELIM, C. N. T.; SILVA, J. R. I.; SIMÕES, A. N.; MENDONÇA, V.; OLIVEIRA, L. M. Influence of organic fertilization on the initial growth of red pitaya. **Acta Horti**, 2022. DOI 10.17660/ActaHorti.2022.1343.37
- CARVALHO, I. C. B. *et al.* Water use Efficiency of castor Bean Variety in Agroecological Semiarid Conditions. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 73354–73373, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-698>.
- CAVALCANTE, I. H. L. *et al.* Organic fertilizing and light intensity on initial growth and development of Pitaya in Bom Jesus, Piauí state, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000086>
- CHIMONYO, V. G. P.; MODI, A. T.; MABHAUDHI, T. Sorghum radiation use efficiency and biomass partitioning in intercrop systems. **South African Journal of Botany**, v. 118, p. 76 – 84, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.009>
- CHU, Y. C.; CHANG, J. C. Heat stress leads to poor fruiting mainly due to inferior pollen viability and reduces shoot photosystem II efficiency in “Da hong” Pitaya, **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2022, <https://doi.org/10.3390/agronomy12010225>

- FERNÁNDEZ, J. E.; ALCON, F.; DIAZ-ESPEJO, A.; HERNANDEZ-SANTANA, V.; CUEVAS, M. V. Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. **Agricultural Water Management**, v. 237, 2020, doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106074
- GU, K. *et al.* The impact of the combined application of biochar and organic fertilizer on the growth and nutrient distribution in wheat under reduced chemical fertilizer conditions. **Scientific reports**, v. 15, n. 5285, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88879-4>
- HAN, X. *et al.* Crop evapotranspiration prediction by considering dynamic change of crop coefficient and the precipitation effect in back-propagation neural network model. **Journal of Hydrology**, v. 596, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126104>
- HAN, Y; LI, Z. Evolutionary adaptation in cactaceae fruit trees photosynthetic transition and carbon metabolism regulation in pitaya. **Biological evidence**, v. 15, n. 3, 2025. doi: 10.5376/be.2025.15.0013
- HEYDUK, K. Evolution of Crassulacean acid metabolism in response to the environment: past, present, and future. **Plant Physiology**, v. 190, n. 1, p 19–30, 2022. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac303>
- HULTINE, K. R. *et al.* Global change impacts on cacti (Cactaceae): current threats, challenges and conservation solutions. **Annals of Botany**, v. 132, n. 4, p. 671–683, 2023, <https://doi.org/10.1093/aob/mcad040>
- ICAR. National Institute of Abiotic Stress Management. Dragon fruit: A potential crop for abiotic stressed areas. Nangare, D. D; Taware, P. B; Singh, Y; Kumar, P. S; Bal, S. K; Ali, S; Pathak, H (Org). **Technical Bulletin - 47**, 2020
- JESUS, L. M. *et al.* Effect of mixed organic and inorganic fertilizers on growth, leaf macronutrient contents and yield of pitaya (*Hylocereus undatus*) under field conditions, **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 6, p. 22–37, 2021. doi: 10.5747/ca.2021.v17.n6.a466
- KAKADE, V. D. *et al.* Dragon fruit cultivation in new áreas: challenges, management strategies, and insights from India. **Discover Agriculture**, v. 3, n. 168, 2025, <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00243-2>
- KARUNAKARAN, G. *et al.* Optimization of fertilizer doses for increased fruit yield of dragon fruit adopting response surface methodology and Box-Behnken design. **Front. Plant Sci.**, v. 16, 2025. doi: doi.org/10.3389/fpls.2025.1661974
- LAHBOUKI, S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and/or organic amendment enhance the tolerance of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) under drought stress. **Journal of Arid Environments**, v. 199, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104703>
- LIANG, X. *et al.* Stomatal responses of terrestrial plants to global change. **Nature communications**, v. 14, n. 2188, 2023, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37934-7>
- LIBARDI, P. L. **Soil Water Dynamics**, 335. EDUSP: São Paulo, 2005.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and Carotenoids Measurement and UV-VIS characterization Lichtenthaler. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v. F4.3.1-F4., n. Supplement 1, p. 1–8, 2001.

MARTINS, L. D. C. S. *et al.* Nitrogen fertilisation modulates photosynthetic performance and antioxidante defence mecanismos in intercropped cactus under semi-arid conditions. **Plants**, v. 14, n. 24, 2025, 10.3390/plants14243841

NUNES, T. C. M. D. *et al.* Water management interventions, organic fertilization, and Harvest time in dry land in the biosaline production of cactus pear, **Plants**, v. 13, n. 18, 2024, <https://doi.org/10.3390/plants13182540>

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Performance of Hylocereus (Cactaceae) species and interspecific hybrids under high-temperature stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 153, p. 30 – 39, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.044>

OLIVEIRA, F. R. *et al.* Influence of irrigation, cladode size, harvest time and addition of citric acid on the properties of cactus mucilage. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 52, 2022, <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272559>

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Shade as an agro-technique to improve gas exchange, productivity, bioactive potential, and antioxidant activity of fruits of Hylocereus costaricensis. **Int. J. Plant Biol.**, v. 16, n. 4, 2025, <https://doi.org/10.3390/ijpb16040128>

PATIL, A. *et al.* Mitigating heat stress in dragon fruit in semi-arid climates: the strategic role of shade nets in enhancing fruit yield and quality. **Environment, Development and Sustainability**, 2024, <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05619-w>

PIERRE, J. F. *et al.* Sustaining soil health in high tunnels: A paradigm shift toward soil-centered management. **Horttechnology**, v. 34, n. 5, 2024. DOI: [10.21273/HORTTECH05460-24](https://doi.org/10.21273/HORTTECH05460-24)

QI, Z. *et al.* Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to nitrogen changes in rice with different nitrogen use efficiencies. **Plants**, v. 14, n. 10, 2025, <https://doi.org/10.3390/plants14101465>

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2023

SALVADOR, K. R. S. *et al.* Sustainable intensification of forage cactus by intercropping increases productivity, profitability and water use efficiency, **Irrigation and Drainage**, v. 74, p 1134 – 1153, 2025. <https://doi.org/10.1002/ird.3076->

SANTOS, W. M. *et al.* **DataMetProcess**: A package for processing meteorological data, calculating reference evapotranspiration, acquiring data from the National Institute of Meteorology (INMET) and processing meteorological data... 2016

- SANTOS, A. R. M. *et al.* Environmental seasonality affects the growth, yield and economic viability of irrigated forage species in dry regions. **Irrigation and Drainage**, p. 1 – 29, 2025, <https://doi.org/10.1002/ird.3077>
- SARAIVA, F. M. *et al.* Performance of forage cactus intercropped with arboreal legumes and fertilized with different manure sources. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081887>
- SILVA, T. G. F. *et al.* Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesq. Agropec. Bras**, v. 50, n. 7, p. 515–525, 2015, doi: 10.1590/S0100-204X2015000700001
- SILVA, T. G. F. *et al.* Cactus-sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilization can optimize water use in dry regions. **Science of The Total Environment**, v. 895, p. 1–17, 2023a. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165102
- SILVA, R. T. *et al.* Gas exchanges in forage cactus cultivars of genera *Opuntia* and *Nopalea* (Cactaceae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, 2023b. doi: 10.5935/1806-6690.20230035
- SILVA, J. M. S. *et al.* Estudo biométrico de pitayas no Semiárido: Impactos da salinidade e da incidência solar. **Irriga**, v. 29, p. 141–148, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2024v29p141-148>
- WANG, M. *et al.* Effects of intercropping and regulated deficit irrigation on the yield, water and land resource utilization, and economic benefits of forage maize in arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 298, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108876>
- WILLIAMS, E. L.; ABATZOGLOU, J. T. Climate change increases evaporative and crop irrigation demand in North America. **Advancing Earth and Space Sciences**, v. 13, n. 7, p. 1–12, 2025, <https://doi.org/10.1029/2025EF005931>
- YANG, X. *et al.* Engineering crassulacean acid metabolism in C₃ and C₄ plants. In: DRELL, D.; GIDDINGS, V. L.; PATRINOS, A.; ROBERTS, R. J.; DELISI, C. (org.). **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**. 2023. doi: 10.1101/cshperspect.a041674
- YANG, H; SHUKLA, M. K; GONZALEZ, A; YUAN, Y. Determination of crop coefficients for flood-irrigated winter wheat in Southern New Mexico using three ET₀ estimation methods. **Water**, v. 16, n. 17, 2024. <https://doi.org/10.3390/w16172463>

3. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS AFETAM OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E DE QUALIDADE EM FRUTOS DE PITAYA SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU

RESUMO

A pitaya é cultivada no Brasil em diferentes regiões do país, desde a região sul, de clima subtropical úmido, à região Nordeste com clima seco e quente. Todavia, este último apresenta inúmeras limitações ao cultivo da pitaya, no qual o manejo adequado possibilita produções mais sustentáveis e viáveis. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as relações entre as condições climáticas da região semiárida e as características morfológicas, o aparato fotossintético e a qualidade pós-colheita de frutos de pitaya submetidas a adubação orgânica e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, durante dois ciclos produtivos (2023/2024 e 2024/2025), utilizando cinco doses de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹), em sistemas consorciado e não consorciado com capim elefante cv. BRS Capiáçu. Foram estudadas variáveis meteorológicas, parâmetros morfológicos, de trocas gasosas, de fluorescência da clorofila *a* e pós-colheita do fruto. Os dados foram agrupados em quatro grupos; 1: Ambiente e irrigação, grupo explicativo; 2: Morfológico; 3: Fotossíntese; 4: Pós-colheita, grupos respostas. Foi aplicada uma Matriz de correlação de Pearson e análise de multicolinearidade, além de uma análise canônica e por fim, análise de trilha. A temperatura do ar e a umidade relativa foram as variáveis ambientais que mais apresentaram correlação com os grupos morfológico, fotossíntese e pós-colheita. O diâmetro e a espessura do cladódio aumentaram em condições de alta radiação e baixa temperatura mínima e déficit de pressão de vapor. Os parâmetros fotoquímicos foram estimulados em sistema sem consórcio pela alta radiação e déficit de pressão de vapor. Por outro lado, o sombreamento promovido pelo consórcio resultou em menores valores de temperatura do cladódio, refletindo em conforto térmico. Observou-se que quanto mais alta a velocidade do vento, temperatura e irrigação, os frutos apresentaram maior firmeza, sólidos solúveis e proteínas solúveis totais. Por outro lado, essas condições resultaram em redução no conteúdo de vitamina C, flavonoides e a capacidade antioxidante da polpa e da casca. A análise de trilha demonstrou ainda que precipitação, déficit de pressão de vapor, temperatura mínima e irrigação apresentaram efeito direto no *quenching* não fotoquímico, na temperatura do cladódio e no conteúdo de vitamina C. O sombreamento através do consórcio entre pitaya e capim elefante cv. BRS Capiáçu e a adubação orgânica auxiliaram na proteção térmica dos cladódios de pitaya, influenciando de forma direta e indireta a qualidade pós-colheita dos frutos.

Palavras chave: *Hylocereus polyrhizus*; cactáceas; análise de trilha; análise canônica; semiárido

3.1 Introdução

O IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas divulgou em seu relatório mais atual que as temperaturas climáticas mundiais podem ultrapassar um aquecimento de 1,5 °C, o que geraria danos irreparáveis ao planeta. Em 2024, condições mais secas do que a média histórica de 1991/2020 foram observadas em várias regiões do mundo, inclusive no interior da América do Sul (WMO, 2025). No Brasil, em 2024 o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) registrou temperaturas do ar 0,79 °C acima da média histórica de 1991/2020, configurando-se como o ano mais quente da série histórica do país. Evidentemente, as altas temperaturas climáticas afetam de forma direta o cultivo de culturas comerciais em países de clima tropical, principalmente quando se trata de plantas cultivadas em região semiárida, conhecida por seus extremos climáticos como grandes eventos de seca prolongada devido a variação temporal e espacial da precipitação, não ultrapassando no Brasil, os 600 mm (Rolim; Souza Filho, 2026).

A pitaya é uma cactácea colunar, endêmica das Américas do Sul e Central e cresce em regiões sombreadas e úmidas, o que a torna sensível a temperaturas e radiação elevadas. Altas insolações podem causar fotoinibição e até fotooxidação dos seus cladódios, o que reduz consideravelmente sua produtividade e afeta, de forma direta, o desenvolvimento e qualidade dos frutos (Oliveira *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2025). O fruto apresenta aparência exótica e atrativa, com polpa de sabor levemente adocicado, mas suas propriedades nutricionais são a chave para sua demanda crescente. Apresenta considerável teor de betalaínas, compostos fenólicos, flavonóides e significativa atividade antioxidante (Chen *et al.*, 2024).

Altas temperaturas exercem influência significativa na qualidade pós-colheita dos frutos de pitaya, alterando a estabilidade da membrana plasmática celular, o que influencia a firmeza da polpa e casca do fruto. Além disso, temperaturas elevadas podem alterar o teor de metabólitos secundários como proteínas, flavonoides e vitamina C, a partir do efeito ao aparato fotossintético da planta (Zepeda *et al.*, 2026).

Técnicas de manejo como a adubação orgânica vêm sendo estudadas como tecnologias promissoras para o cultivo da pitaya (Karunakaran *et al.*, 2025). Os nutrientes fornecidos pela fertilização orgânica auxiliam no desenvolvimento vegetativo com aumento em altura e número de cladódios e podem ainda atuar na composição de macromoléculas como a clorofila, o que leva à eficiência do aparato fotossintético (Setiawati *et al.*, 2022; Abukari e Cobbinah, 2025). De acordo com Dong e Realzen (2025), a aplicação de adubos orgânicos na forma de esterco

animal possibilita a integração lenta de nutrientes ao solo, principalmente na fase de frutificação, o que auxilia no aumento da produtividade e da qualidade dos frutos.

Para proporcionar conforto térmico em regiões de clima mais quente do que o seu de origem, o sombreamento é aplicado no cultivo da pitaya obtendo promissores resultados, os quais tornam essa técnica essencial ao cultivo de pitaya em regiões de clima semiárido (Oliveira *et al.*, 2021). Como alternativa ao sombreamento com telas de sombrite, o que representa um custo adicional ao cultivo da pitaya, o consórcio com plantas de porte ereto, para fins de sombreamento, pode ser uma técnica favorável, além de possibilitar renda adicional ao plantio. O capim elefante cv. BRS Capiáçu possui porte ereto, touceiras que podem alcançar até quatro metros de altura e foi desenvolvido para fornecer forragem de alta qualidade (Santos *et al.*, 2025), constituindo, portanto, uma alternativa ao sombreamento da pitaya.

A crescente intensificação das mudanças climáticas impõe a necessidade de compreender como os fatores ambientais influenciam o crescimento, o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade dos frutos da pitaya, especialmente em regiões semiáridas. Nesse contexto, a adoção de estratégias de manejo adaptativo torna-se fundamental para viabilizar sistemas produtivos mais resilientes e sustentáveis no semiárido. Dentre essas estratégias, destacam-se a adubação orgânica, o cultivo consorciado e o sombreamento, práticas capazes de modular o microclima, melhorar as condições edáficas, aumentar a eficiência no uso da água e reduzir os efeitos de estresses abióticos sobre as plantas. Assim, o cultivo adaptado da pitaya representa uma alternativa promissora para a sustentabilidade agrícola em ambientes de sertão, ao conciliar estabilidade produtiva, qualidade dos frutos e uso mais racional dos recursos naturais.

Análises multivariadas como a análise canônica e a análise de trilha podem ser empregadas para identificar os fatores ambientais que mais influenciam no crescimento e produção de culturas. A análise canônica identifica a existência de relações entre dois grupos de variáveis, e a análise de trilha explica o efeito que uma variável tem sobre uma característica específica da planta (Bodaghabadi *et al.*, 2019). Dessa forma, hipotetizamos que técnicas de cultivo como a adubação orgânica e o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu no cultivo da pitaya em regiões de clima semiárido auxiliam na redução dos efeitos das condições meteorológicas sobre o crescimento vegetativo e a qualidade pós-colheita de frutos de pitaya.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as relações entre as condições climáticas da região semiárida e as características morfológicas, o aparato fotossintético e a qualidade pós-colheita de frutos de pitaya submetida à adubação orgânica e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, Brasil. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 7° 57' 15" de latitude sul e 38° 17' 41" de longitude oeste, com altitude aproximada de 498 metros (Figura 1). O clima local é classificado segundo Koppen como Bsh, denominado semiárido, quente e seco, com médias anuais térmicas de 25,2 °C, pluviosidade média anual de 640 mm e evapotranspiração de referência (ET_0) de 1800 mm ano⁻¹ (série 1960 – 2022) (Silva *et al.*, 2023).

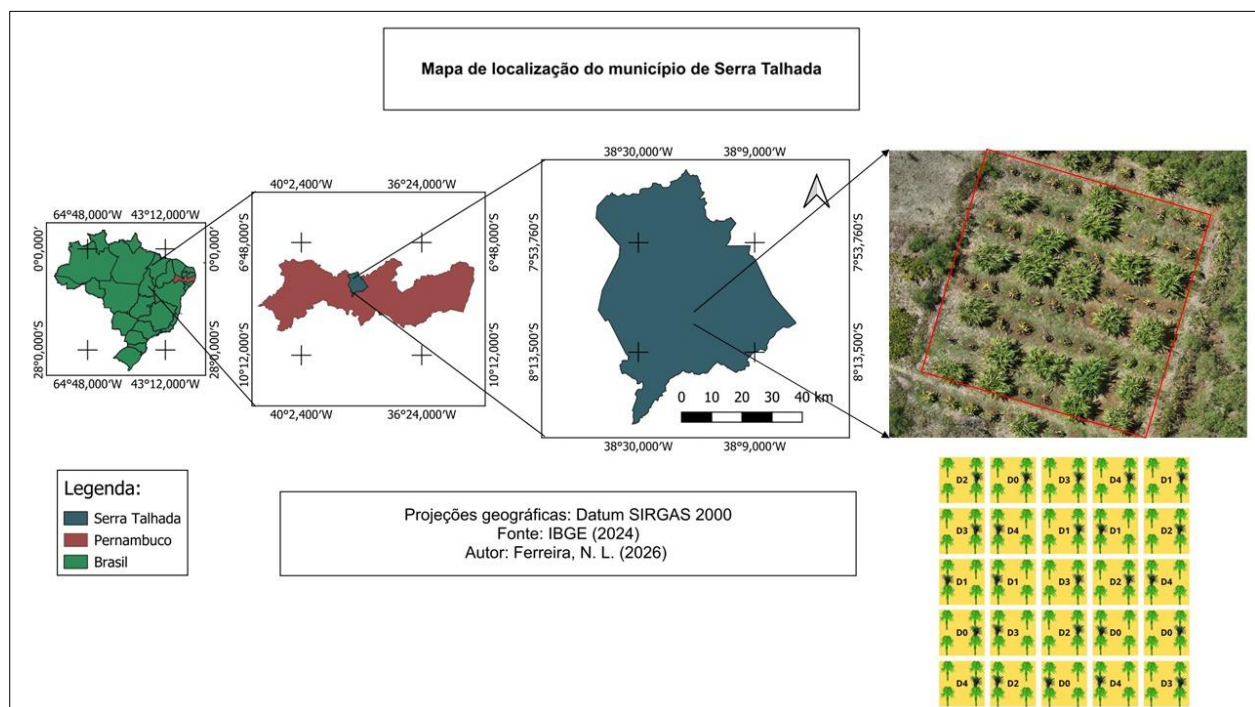


Figura 1. Mapa de localização da cidade de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, com imagem da área experimental captura por veículo aéreo não tripulado (VAN) e desenho esquemático do experimento (à direita). Fonte: A autora (2026).

A caracterização mineral do esterco utilizado durante a adubação de fundação na implementação do experimento é apresentada na Tabela 1. O experimento foi implantado utilizando-se mudas de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus*, a qual possui casca e polpa vermelha (Anexo VI). A partir de 2023, a adubação orgânica no experimento foi realizada anualmente, uma vez ao ano.

Tabela 1. Caracterização mineral do esterco bovino utilizado durante a adubação de fundação.

MS %	MM %	NT %	P %	K %	PT %
94,29	58,90	1,29	0,28	0,88	8,06

Fonte: A autora (2026). MS: matéria seca; MM: matéria mineral; NT: nitrogênio total; P: fósforo total; K: potássio total; PT: proteína total.

Em 2023, as mudas de capim elefante cv. BRS Capiçu, coletadas no Banco de Germoplasma do Setor de Olericultura da UFRPE/UAST, foram plantadas entre duas plantas de pitaya, no espaçamento de 1,0 m entre plantas, em cada parcela, distribuídas de forma aleatória (Anexo III). O experimento foi conduzido durante dois ciclos produtivos entre os anos de 2023 e 2025, levando-se em consideração como período de produção os meses de agosto a maio do ano seguinte.

A caracterização do solo da área experimental foi realizada no ano de 2025, após o fim do experimento, por meio de coletas de amostras simples de solo com a utilização de um trado holandês, nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, entre as linhas de plantio, em cada parcela e formando amostras compostas para cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos granulométricos do solo (areia, silte e argila), classificação textural, valores da relação silte/argila para as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm e densidade, utilizados para caracterização física do perfil do solo da área experimental.

Profundidade	Granulometria (kg kg ⁻¹)			Classe	Relação
	Areia	Silte	Argila	textural	Silte/argila
0 – 20	0,80	0,15	0,06	Areia franca	2,45
20 – 40	0,77	0,15	0,08	Franca arenosa	1,95
Densidade (g cm ³)					
	0,0	5,33	10,66	21,33	49,33
0 – 20	1,53	1,50	1,46	1,47	1,45
20 – 40	1,37	1,32	1,37	1,29	1,43

Fonte: A autora (2026).

O solo é classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico e possui proporções granulométricas maiores de areia, cerca de 80% e 77% nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente. A classe textural do solo foi determinada como areia franca na camada de 0 a

20 cm e franca arenosa na camada de 20 a 40 cm. A relação silte/argila indica um solo jovem, pouco intemperizado e com pouco teor de argila (Anderson e Fidel, 2025).

3.2.2 Caracterização do solo e da irrigação

Ao fim do 2º ciclo produtivo, foi realizada análise de solo da área experimental, sendo mensurados os teores dos principais nutrientes, assim como a capacidade de troca catiônica (CTC) e o pH do solo de acordo com as doses de adubação aplicadas. Os resultados da análise de solo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização química do solo da área experimental após cinco anos da implementação do experimento nas profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm de acordo com as doses de adubação (kg planta^{-1}) de esterco bovino, aplicadas.

	pH	P	Na+	K+	Ca+	Mg2+	Al3 +	H+Al	CTC total	CTC efetiva	V	m (%)
..... mg dm ⁻³ Cmolc dm ⁻³												
Doses	0 – 20 cm											
0,0	7,00	138,1	15,0	197	5,16	1,40	0,00	0,74	8,01	7,26	91	0,00
5,33	7,20	162,4	19,0	300	5,12	2,08	0,00	0,00	8,08	8,08	100	0,00
10,66	7,00	186,1	10,0	270	4,69	1,71	0,00	0,59	7,88	7,29	92	0,00
21,33	7,10	134,1	21,0	277	5,10	2,30	0,00	0,00	8,39	8,39	100	0,00
49,33	7,20	136,8	17,5	397	4,87	1,60	0,00	0,00	7,90	7,90	100	0,00
20 – 40 cm												
0,0	7,30	106,5	15,0	250	5,37	1,93	0,00	0,00	7,87	7,87	100	0,00
5,33	7,40	140,0	19,0	310	6,41	2,09	0,00	0,00	9,35	9,35	100	0,00
10,66	7,30	186,1	14,0	330	5,45	2,25	0,00	0,00	8,45	8,45	100	0,00
21,33	7,40	132,2	66,8	350	4,53	2,47	0,00	0,00	8,00	8,00	100	0,00
49,33	7,20	133,3	21,5	528	4,25	2,19	0,00	0,00	7,55	7,55	100	0,00

Fonte: A autora (2026).

A irrigação das plantas foi realizada por meio de microaspersores, com vazão de 40 L hora⁻¹, com frequência de três dias da semana, em turnos de 1 hora e 20 minutos, baseado em

teste de vazão realizado previamente. A cada turno de rega foram aplicados 8,33 mm de água, mensalmente 66,66 mm e 800 mm anuais.

3.2.3 *Design experimental*

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas, com cinco repetições, cinco tratamentos de adubação orgânica na forma de esterco bovino (0,0; 5,33; 10,66; 21,33; e 49,33 kg planta⁻¹) compondo a parcela principal e dois sistemas de consórcio com capim elefante cv. BRS Capião compondo a subparcela. Cada parcela possuía quatro plantas, em espaçamento 2 x 3 m entre plantas e fileiras, respectivamente, em uma área de 600 m² (Anexo I). O sistema condutor utilizado para o experimento usou estacas de madeira, posteriormente substituídas por estacas de alvenaria (Anexo IV).

As doses utilizadas como tratamentos no experimento equivalem a 0; 9; 18; 36 e 81 t ha⁻¹ de esterco e foram definidas levando-se em consideração o teor médio de nitrogênio total presente no esterco bovino curtido (15 g kg⁻¹) e a exigência da cultura em nitrogênio (0; 80; 160; 320 e 740 g planta⁻¹) (Aremanda *et al.*, 2023; Karunakaran *et al.*, 2025).

3.2.4 Variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas chuva (mm⁻¹), temperaturas média, máxima e mínima (°C), radiação (MJ m⁻²), umidade relativa do ar máxima e mínima (%), déficit de pressão de vapor (DPV - hPa) e velocidade do vento (m s⁻¹) foram obtidas utilizando o programa DataMetProcess (Santos *et al.*, 2016), que também serviu para obter os dados climáticos diretamente das estações meteorológicas de Serra Talhada, PE, e de Salgueiro, PE, quando havia dados faltosos na estação de Serra Talhada, PE, pertencentes às bases de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) no período de agosto de 2023 a maio de 2025.

3.2.5 Variáveis biométricas

As variáveis de biometria foram mensuradas mensalmente durante o período de agosto de 2023 a maio de 2025. A altura da planta (cm) foi mensurada com a utilização de uma fita métrica a partir da base da planta na estaca até o topo do cladódio principal. O diâmetro dos cladódios (mm) foi mensurado a partir da medição, com paquímetro manual, da base de três cladódios para obtenção de um valor médio. Para a espessura do cladódio (mm), foi utilizado paquímetro manual e foram feitas três leituras no centro das projeções longitudinais de três

cladódios para obtenção de um valor médio. O número de cladódios foi determinado pela contagem de todos os cladódios secundários das plantas.

3.2.6 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*

Nos meses de agosto e dezembro de 2023, maio, agosto e novembro de 2024 e maio de 2025, realizou-se leituras dos parâmetros de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila *a*. As trocas gasosas foram avaliadas com a utilização de um analisador de gases por infravermelho (IRGA-Ci340, Bionscience - EUA) com pinça adaptada para leitura em espécies de cactáceas. Os parâmetros para obtenção das trocas gasosas foram: fluxo de ar (l min), pressão atmosférica (k Pa), radiação ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}$), CO_2 interno e CO_2 atmosférico (ppm), concentração de vapor de água do ar que entra e sai do equipamento e déficit de pressão de vapor (k Pa). A taxa fotossintética (P_n), condutância estomática (gs) e a transpiração (E) foram avaliados no período das 2h00 às 4h00 devido ao metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) característico das cactáceas, como descrito por Almeida *et al.* (2018).

Os dados de fluorescência da clorofila *a* foram obtidos por meio de um fluorômetro portátil de luz modulada MINI-PAM II (Heinz Walz, Alemanha). As coletas foram realizadas no período das 8h00 às 10h00, selecionando-se cladódios completamente desenvolvidos. A região do terço médio de cada cladódio foi submetida à adaptação ao escuro por 50 minutos, utilizando presilhas metálicas específicas para bloqueio da luz. Após o período de escuro, foram determinados os seguintes parâmetros por meio de leituras pontuais: rendimento quântico máximo do Fotossistema II (F_v/F_m), coeficiente de extinção fotoquímico (qP), coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte aparente de elétrons (ETR).

3.2.7 Análises bioquímicas dos cladódios

Foram coletadas amostras de cladódio das plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de adubação e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu no início de cada ciclo produtivo. As amostras coletadas em campo foram acondicionadas em recipientes plásticos, conservadas em nitrogênio líquido e armazenadas em *ultrafreezer* sob temperatura de -80°C para posteriores análises.

Os conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais ($\text{mg g}^{-1} \text{ MF}$) foram determinados por meio da metodologia descrita por Lichtenthaler; Buschmann (2001), com adaptações. Amostras frescas de 0,2 g de cladódio foram pesadas e maceradas em 2 mL de solução de acetona 80%. Em seguida, foram centrifugadas a 12.000 rpm por 15 minutos a 4°C . O sobrenadante foi retirado e realizadas leituras em espectrofotômetro (Biochrom, Libra S8,

Cambridge, Inglaterra), nos comprimentos de onda de 470, 645 e 663 nm. Os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais foram determinados por meio das Equações 1, 2 e 3.

$$\text{Chl}_a = \left[\frac{(12,25 * A_{663} - 2,79 * A_{645})}{1000 * W} \right] * V \quad (1)$$

$$\text{Chl}_b = \left[\frac{(21,5 * A_{645} - 5,10 * A_{663})}{1000 * W} \right] * V \quad (2)$$

$$\text{Chl}_{\text{totais}} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \quad (3)$$

Onde A = absorvância; V = volume do extrato e W = peso da amostra.

A extração e atividade enzimática para as enzimas ascorbato peroxidase (APX - $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$), catalase (CAT - $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$) e superóxido dismutase (SOD – $\text{U.g}^{-1} \text{ MF}$) foram realizadas por meio das metodologias de Nakano (1981), Havir (1987) e Anderson *et al.* (1995), respectivamente, com adaptações. Para a obtenção do extrato enzimático, foram homogeneizadas amostras de 0,20 g de matéria fresca em 2 mL de tampão de extração fosfato de potássio (TFK – 0,1 M; pH 7,0). Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 23 minutos a 4°C, a 12000 rpm.

Para a determinação da APX ($\text{nmol de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg Prot}$), pipetou-se em microtubos de centrífuga, mantidos em banho-maria à 27 °C, 25 μL do extrato, 25 μL de água destilada, 900 μL de tampão fosfato para APX, 50 μL de ácido ascórbico e 50 μL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), adicionados no momento da leitura em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra), por dois minutos, com intervalos de leitura de dez segundos, no comprimento de onda de 290 nm. Para a análise de CAT ($\text{nmol de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg Prot}$), pipetou-se 5 μL do extrato, 45 μL de H_2O destilada, 900 μL do tampão fosfato para CAT (0,2 M pH 7,0) e 50 μL de H_2O_2 , no momento da leitura. A mistura reacional foi mantida em banho maria na temperatura de 27 °C e a leitura realizada em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra), por 90 segundos, com intervalo de dez segundos entre as leituras e no comprimento de onda de 240 nm. A atividade da SOD ($\text{U min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ proteína}$) foi determinada pipetando-se em tubos de ensaio, 50 μL do extrato, 830 μL do mix de reação previamente preparado, 100 μL de NBT e 20 μL de riboflavina (1mM); depois disso, os tubos foram agitados em vórtex e submetidos à iluminação intensa por dez minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) no comprimento de onda de 560 nm.

Com o mesmo extrato preparado para análises enzimáticas, foi possível determinar o conteúdo de proteínas totais ($\text{mg proteína g}^{-1}$ MF) pelo método proposto por Bradford (1976), com adaptações. Adicionaram-se 50 μL de extrato, 50 μL de H_2O destilada, 1000 μL do reagente de Bradford, em seguida os tubos de ensaio foram agitados em vórtex, deixados em repouso por 15 minutos quando então foi realizada a leitura em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) a 595 nm.

O conteúdo de carboidratos totais ($\text{g de carboidratos por } 100 \text{ g}^{-1}$ MF) foi determinado utilizando o método descrito por Dubois *et al.* (1956), com adaptações. Em tubos de ensaio de vidro, foram adicionados 75 μL do extrato, 500 μL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado direcionado diretamente contra a superfície da solução e evitando o escoamento do ácido nas paredes dos tubos. As amostras foram deixadas em repouso por dez minutos e, em seguida, agitadas em vórtex e deixadas em repouso em bandeja contendo água à temperatura ambiente por dez a 20 minutos. A leitura em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) foi realizada no comprimento de onda de 490 nm.

3.2.8 Características físico-químicas e bioquímicas dos frutos

Os frutos foram colhidos no campo experimental e levados ao Laboratório de Pós-Colheita da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, onde foram higienizados, selecionados quanto a danos físicos e separados por tratamento para início das avaliações.

A massa fresca dos frutos (g) foi mensurada por meio de pesagem, de forma individual, em balança analítica, assim como a massa fresca da casca (g) para obtenção do rendimento da polpa (%) a partir do produto entre massa fresca do fruto e massa fresca da casca. A firmeza da casca e da polpa foram determinadas a partir de um penetrômetro (Máquina de Ensaio Universal IP-90COM), utilizando uma prob de 7 mm de espessura. O fruto inteiro foi posicionado ao centro do equipamento e perfurado, em seguida cortado transversalmente, e as duas partes do fruto, de forma individual, também foram posicionadas ao centro do equipamento, para serem perfuradas, de modo que se possa determinar a força necessária para perfuração da casca e da polpa do fruto em Newton (N).

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado utilizando-se 5 g de polpa diluída em 50 mL de H_2O destilada, e a leitura foi realizada em potenciômetro de leitura direta (Medidor de pH de bancada TEC-5) com dados expressos em valores reais de pH (AOAC, 2002). Na mesma solução, foram adicionadas três gotas do indicador fenolftaleína para determinação da acidez titulável, realizando-se a titulação com solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 N até

atingir o ponto de viragem, expressando-se os valores em mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa (AOAC, 2002) e determinado pela Equação 4.

$$ATT = \frac{n * N * Eq}{10 * v} \quad (4)$$

Onde n: volume titulado da solução de NaOH; N: normalidade da solução de NaOH; Eq: equivalente do ácido cítrico (64,02); e v: volume da amostra.

Os sólidos solúveis (°BRIX) foram determinados adicionando-se em refratômetro digital (Pocket, modelo PAL-1, marca ATAGO) o suco da polpa filtrado e homogeneizado, e a relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável (AOAC, 2002).

Após a coleta dos frutos e a determinação das variáveis não destrutivas, amostras de polpa e casca foram acondicionadas em recipientes de plásticos e armazenadas em *freezer* a temperatura de -20 °C para posteriores análises.

O conteúdo de vitamina C (mg de ácido ascórbico g⁻¹ MF) e compostos fenólicos totais (mg de ácido gálico 100 g⁻¹ MF) foram determinados seguindo a metodologia de Sánchez-Rangel *et al.* (2013), com adaptações. O extrato foi obtido homogeneizando-se 0,25 g do material fresco com 2 mL de álcool metílico PA, armazenado em microtubos de centrífuga no escuro, à temperatura de 8±2 °C por 24h, em centrífuga. No momento da análise de vitamina C, foram pipetados, no escuro, 150 µL do extrato da amostra, 600 µL de H₂O destilada e 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu (0,25 N); esperou-se dez minutos e a leitura foi realizada em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) a 765 nm. Para a determinação dos compostos fenólicos, adicionou-se aos microtubos de centrífuga que já continham a mistura para vitamina C 500 µL de carbonato de cálcio (20%) e, ainda no escuro, aguardou-se duas horas. As amostras foram agitadas em vórtex, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) a 765 nm.

Com o mesmo extrato, foram realizadas as determinações da capacidade antioxidante pela captura do radical livre DPPH (%) e do poder redutor do ferro – FRAP (mM Fe²⁺ Kg⁻¹), utilizando as metodologias propostas por Brand-Williams *et al.* (1995) e Benzie *et al.* (1999), respectivamente. Para a análise de DPPH, pipetou-se 840 µL do reagente de DPPH e 60 µL da amostra. Aguardou-se 40 minutos, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) a 517 nm. Os resultados foram adicionados a Equação 5 para determinação do potencial oxidante.

$$\% \text{ AAO} = \frac{(\text{Abs controle DPPH} - \text{Abs amostra}) * 100}{\text{Abs controle DPPH}} \quad (5)$$

Para o ensaio da FRAP, foram adicionados a microtubos de centrífuga mantidos em banho maria a 37 °C, no escuro, 900 µL do reagente FRAP (solução reagente contendo tampão acetato (0,3 M pH 3,6), TPTZ 0,8 M e cloreto férrico (1,66 mM)) e 30 µL da amostra. Aguardou-se 30 min e realizou-se leitura em espectrofotômetro a 594 nm.

O teor de betalaínas totais (mg 100 g⁻¹) foi determinado seguindo a metodologia proposta por Nilson (1970), com adaptações. O extrato foi preparado homogeneizando-se 0,8 g do material fresco em 2 mL de etanol 80%. A amostra foi levada à centrífuga por 40 minutos, a 14000 rpm a 4 °C. Após, foram coletados 400 µL do sobrenadante e adicionados 10 mL de H₂O destilada. A leitura em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) foi realizada a 476, 538 e 600 nm e os resultados foram adicionados às Equações 6 e 7.

$$\text{Betacianinas} = \left(\frac{a}{1129} \right) * FD * 100 \quad (6)$$

$$\text{Betaxantinas} = \left(\frac{y}{750} \right) * FD * 100 \quad (7)$$

Onde a: 1,095 * (A₅₃₈ - A₆₀₀); y: A₄₇₆ - (A₅₃₈ - a) - $\left(\frac{a}{3,1} \right)$ e FD: fator de diluição.

Para a determinação de flavonoides totais (mg 100 g⁻¹ MF), utilizou-se a metodologia descrita por Francis (1982), com adaptações, onde 0,2 g do material vegetal fresco foram homogeneizado em 2 mL de álcool etílico 95% - HCL 1,5 N na proporção de 85:15 e completado o volume para 10 mL em tubos de ensaio previamente revestidos em papel alumínio para proteção contra a luz. As amostras foram armazenadas em geladeira por 12h a 4°C. A solução foi filtrada em papel filtro e realizadas as leituras em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) em comprimento de onda de 374 nm com coeficiente de absorção de 76,6 mol cm⁻¹ e fator de diluição de 5000. Os resultados de absorbância foram adicionados à Equação 8.

$$\text{Flavonoides totais} = \frac{(abs * \text{fator de diluição})}{76,6} \quad (8)$$

Para o conteúdo de carboidratos totais do fruto, utilizou-se a metodologia descrita anteriormente na página 79 para os cladódios (Dubois *et al.*, 1956), com modificações na alíquota utilizada na análise para a polpa do fruto (2 µL) e para a casca (10 µL).

3.2.9 Análise estatística dos dados

3.2.9.1 Agrupamento dos dados

Os dados experimentais foram divididos em quatro grupos. O grupo 1 foi denominado “Ambiente” e composto pelas variáveis meteorológicas precipitação (P), radiação global (RG), umidade relativa (UR), umidade relativa máxima (Urma), umidade relativa mínima (Urmin), temperatura média (Tmed), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), déficit de pressão de vapor (DPV), velocidade do vento (Vv), e irrigação (Irri). O grupo 2 foi denominado “Morfológico” e composto pelas variáveis altura (ALT), número de cladódios (NC), diâmetro (DIA) e espessura (ESP). O grupo 3 denomina-se “Fotossíntese” e foi composto pelas variáveis transpiração (TRAN), condutância estomática (COND), fotossíntese líquida (PN), temperatura foliar (TF), taxa de transporte de elétrons (ETR), *quenching* fotoquímico (*qP*), *quenching* não fotoquímico (*NPQ*) e eficiência do fotossistema II (*Fv/Fm*). O grupo 4 foi denominado “Pós-colheita”, composto pelas variáveis peso do fruto (PF), firmeza da polpa (FP), firmeza da casca (FC), rendimento do fruto (REND), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (Acid), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SSAT), enzima ascorbato peroxidase (APX), enzima catalase (CAT), enzima superóxido dismutase (SOD), proteínas (PROT), carboidratos do cladódio (CARBO), clorofila (CLOR), carotenoides (CARO), compostos fenólicos da polpa (FENp), vitamina C da polpa (VITCp), flavonoides da polpa (FLAp), DPPH da polpa (DPPp), FRAP da polpa (FRAp), betalaínas da polpa (BETp), carboidratos da polpa (CARBp), compostos fenólicos da casca (FENc), vitamina C da casca (VITc), flavonoides da casca (FLAc), DPPH da casca (DPPc), FRAP da casca (FRAc), betalaínas da casca (BETc) e carboidratos da casca (CARBc).

Os grupos “Ambiente” e “Pós-colheita” foram definidos como variáveis explicativas e de respostas, respectivamente. Os demais grupos “Fotossíntese” e “Morfológico” foram designados como variáveis explicativas e de resposta simultaneamente.

3.2.9.2 Correlação de Pearson

Para se determinar a correlação existente entre os grupos, foi realizada uma correlação de Pearson, utilizando o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) através da Equação 9.

$$r_{(XY)} = \frac{Cov(X,Y)}{\sqrt{V(X)V(Y)}} = \frac{\sigma(X,Y)}{\sigma(X)\sigma(Y)} \quad (9)$$

Onde $r(XY)$: coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis X (resposta) e Y (explicativa); $\sigma(X,Y)$: covariância entre as variáveis X e Y e $\sigma(X)$ e $\sigma(Y)$: desvio padrão das variáveis X e Y , respectivamente. Os coeficientes de correlação intermediários de Pearson foram classificados da seguinte forma: 0 a 0,19: muito fraco; 0,20 a 0,39: fraco; 0,40 a 0,69: moderado; 0,70 a 0,89: forte e de 0,90 a 1,00: muito forte (Barbosa *et al.*, 2018). Esses valores permitem identificar a existência, a direção (positiva ou negativa) e a intensidade da associação entre as variáveis. A significância das correlações foi determinada pelo teste t de Student a 1% ($p < 0,01$) e 5% ($p < 0,05$) de probabilidade.

3.2.9.3 Análise de multicolineariedade

A análise de multicolineariedade foi realizada para as variáveis respostas que apresentaram correlação com ao menos uma variável explicativa. As variáveis que apresentaram forte multicolineariedade, com número de condições (NC) superior a 100, foram descartadas, mantendo-se apenas as variáveis que apresentaram baixa multicolineariedade (NC < 100), as quais foram incluídas na análise canônica e avaliada a associação entre os grupos para se obter a máxima correlação linear entre suas combinações.

3.2.9.4 Análise de correlações canônicas

Foram definidos três eixos para a análise de correlações canônicas e, quando presentes, as correlações foram submetidas ao teste de significância pelo método do qui-quadrado (λ), considerando o nível de 1% de probabilidade. Os coeficientes canônicos foram calculados a partir da Equação 10 (Barbosa *et al.*, 2018).

$$P_{(U,V)} = \text{Cov}_{(U,V)} = \frac{X^T \sum_{12} Y}{\sqrt{X^T \sum_{11} X} \sqrt{Y^T \sum_{22} Y}} \quad (10)$$

Onde $X^T \sum_{12} Y$: covariância entre as variáveis canônicas U e V ; $\sqrt{X^T \sum_{11} X}$: desvio padrão da variável canônica U e, $\sqrt{Y^T \sum_{22} Y}$: é o desvio padrão da variável canônica V .

3.2.9.5 Análise de trilha

A determinação do grau e do efeito das correlações entre as variáveis respostas e explicativas foi realizada por meio de uma análise de trilha, para desdobrar o coeficiente de correlação de Pearson (r). A Equação 11 foi utilizada para calcular o coeficiente de correlação parcial entre duas variáveis, abstraindo-se das demais.

$$r_{(XiY,Z)} = \frac{r_{Xi} - r_{XiZ} r_{YZ}}{\sqrt{(1-r_{XiZ}^2)(1-r_{YZ}^2)}} \quad (11)$$

Onde i: variável resposta; r_{XiZ} : coeficiente de correlação entre uma variável resposta e a i -ésima variável explicativa, e r_{YiZ} : coeficiente de correlação entre uma variável resposta e a i -ésima variável explicativa.

A análise de dados, a correlação de Pearson, a análise de multicolinearidade, as correlações canônicas e análise de trilha foram realizados com a utilização do programa estatístico GENES: estatística experimental e matrizes (Cruz, 2013).

3.3 Resultados

3.3.1 Descrição das condições meteorológicas durante dois ciclos produtivos de pitaya

Durante os 609 dias estudados, registrou-se 997,2 mm⁻¹ de chuva acumulada, com máxima de 188 mm⁻¹ no mês de fevereiro de 2024. Os níveis de irrigação acumulados variaram entre 74 mm⁻¹ e 112 mm⁻¹ por mês (Figura 2A). A média de radiação durante os ciclos produtivos foi de 19,5 MJ m⁻², com máximas nos meses de outubro e novembro de 2023, 27,9 e 27,0 MJ m⁻², respectivamente (Figura 2B). A maior temperatura do ar registrada durante o período de avaliação foi para o mês de outubro de 2023, cerca de 38 °C, com média de 33,6 °C durante o período.

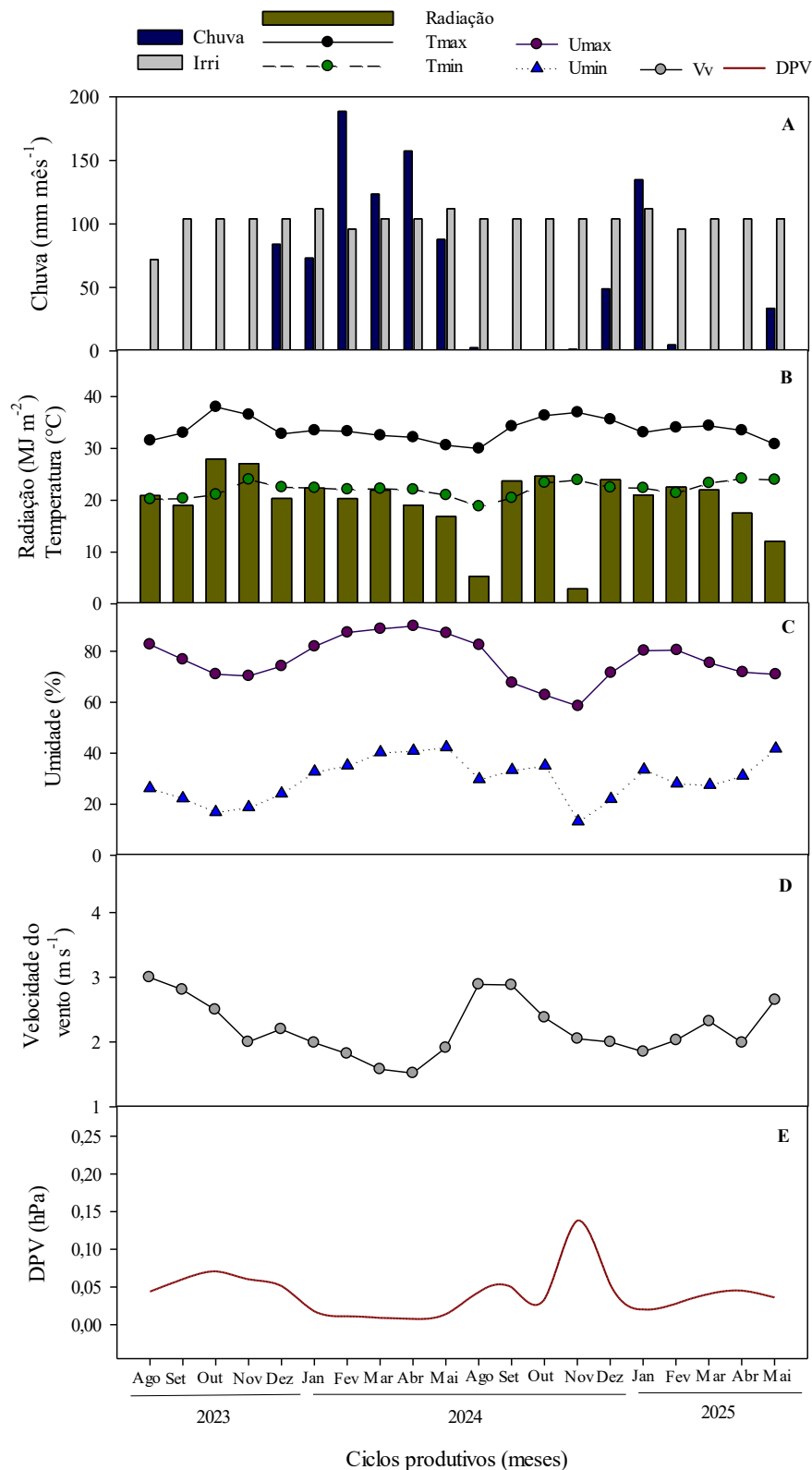


Figura 2. Médias mensais das condições meteorológicas do experimento durante os ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025. Chuva (mm mês^{-1}) A; radiação (MJ m^{-2}) e temperatura (°C) B; umidade relativa do ar (%) C; velocidade do vento (m s^{-1}) D; DPV (hPa) E. Fonte: A autora (2026).

A menor temperatura mínima registrada foi de cerca de 18,8 °C no mês de agosto de 2024, com média de 22,0 °C durante todo o período de estudo (Figura 2B). Para a umidade relativa do ar, registou-se máxima de 89,9 % no mês de abril de 2024 e mínima de 13,2% em novembro de 2024 (Figura 2C). Em média, a velocidade do vento registrada foi de 2,2 m s⁻¹ durante os ciclos produtivos, onde no mês de agosto de 2023 foram registradas a máxima de 3 m s⁻¹ e no mês de abril de 2024 a mínima de 1,5 m s⁻¹ (Figura 2D). Em novembro de 2024, registrou-se 0,13 hPa de DPV como a máxima durante o período de avaliação e média de 0,04 hPa (Figura 2E).

3.3.2 Características descritivas do crescimento e desenvolvimento, fotossíntese e pós-colheita de plantas e frutos de pitaya sob adubação orgânica e sistema de consórcio

As plantas de pitaya adubadas com 49,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentaram as maiores médias de ALT, cerca de 158,9 cm; da mesma forma apresentaram o maior NC, em torno de 44 em média. A ESP dos cladódios não apresentou variação entre os tratamentos, sendo registrados 10,5 mm para todos, no entanto para o DIA as plantas adubadas com 21,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentaram as maiores médias (75,3 mm) (Tabela 4).

Tabela 4. Variáveis descritivas (média) de cladódios e frutos de pitaya quanto a morfologia, fotossíntese e pós-colheita sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capião

Crescimento e desenvolvimento										
Sistema	Sem consórcio					Com consórcio				
Variáveis/Doses	0	5,33	10,66	21,33	49,33	0	5,33	10,66	21,33	49,33
ALT	111,7	140,6	143,8	156,3	158,9	131,1	137,6	145,9	140,9	150,4
NC	1	13	16	26	44	0	7	9	23	37
DIA	60,3	73,5	71,7	75,3	74,9	29,9	65,8	67,3	67,9	68,4
ESP	10,5	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Fotossíntese										
TRAN	0,12	0,15	0,13	0,13	0,13	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11
COND	9,83	12,96	10,16	14,29	9,02	11,52	9,60	10,31	11,97	8,68
PN	13,35	14,28	10,39	11,09	15,97	15,39	10,49	14,40	12,82	12,69
TF	22,2	21,2	21,4	21,8	21,7	21,9	22,0	21,8	21,7	22,1
ETR	47,83	39,14	33,07	39,51	47,82	38,61	26,30	36,43	33,46	41,64
NPQ	1129,68	638,11	586,53	734,24	635,79	1015,18	1050,03	712,45	681,33	931,993
qP	449,1	197,9	224,6	221,3	401,5	361,0	176,6	176,4	175,8	367,9
Fv/Fm	732,4	729,7	679,3	730,2	707,3	782,2	754,8	750,1	753,9	780,1
Pós-colheita										
PF	218,04	260,04	285,29	312,12	303,53	288,98	309,06	338,35	339,43	306,40

FP	3,31	2,61	2,47	2,49	2,62	2,43	2,74	2,88	2,55	2,88
FC	51,76	47,80	51,14	46,83	46,53	64,04	57,55	52,17	48,37	49,72
Rend	52,07	44,39	42,03	43,22	40,28	45,62	49,33	43,94	41,28	44,06
pH	3,93	4,24	4,35	3,95	3,98	5,14	4,46	4,38	5,47	3,63
SS	13,77	15,38	13,76	14,03	14,49	13,46	14,68	14,74	14,42	14,86
Acid	0,52	0,59	0,63	0,57	0,52	0,49	0,50	0,67	0,57	0,58
SS/AT	2,84	3,24	2,48	2,75	3,05	2,67	3,50	3,05	5,08	11,02
APX	32,43	18,65	29,13	52,72	54,39	21,23	15,65	17,66	15,24	22,28
CAT	0,82	2,96	1,16	0,81	0,35	0,90	0,46	0,60	1,56	0,96
SOD	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
PT	30,12	31,42	40,72	71,19	63,23	36,07	43,32	37,92	44,32	64,43
CAR	3,63	2,52	5,76	9,10	2,99	6,08	5,61	7,12	2,67	6,56
CLO	16,82	10,84	16,79	17,25	15,98	16,18	16,48	19,18	25,97	32,62
CARO	424,14	283,04	481,87	481,58	442,31	429,58	390,95	464,42	621,09	814,63
Fenolp	134,75	144,09	155,44	167,53	127,37	151,49	127,30	193,34	137,50	144,83
VitCp	126,88	148,43	156,85	164,61	141,45	138,39	136,57	177,00	169,70	159,13
Flavp	7,73	8,30	9,11	7,79	10,93	9,66	9,64	9,33	9,34	10,54
DPPHp	24,76	27,67	29,75	33,40	35,98	42,45	18,87	46,41	39,34	39,16
FRAPp	1,78	2,96	4,26	4,60	5,29	3,52	2,49	4,13	5,11	3,73
Betp	41,04	56,98	59,91	63,31	74,38	34,92	37,68	60,22	55,53	57,98
CARp	25,23	31,16	27,14	23,54	16,25	32,31	37,91	29,65	23,09	31,05
Fenolc	132,22	114,70	83,29	109,82	110,35	94,51	99,02	70,67	94,68	79,51
VitCc	81,49	82,99	79,35	83,31	87,77	69,80	78,14	82,96	86,37	80,88
Flavc	10,80	12,36	11,95	13,27	13,30	8,02	10,46	10,74	11,26	8,92
DPPHc	4,27	7,54	11,88	7,84	9,71	4,18	6,89	15,22	9,21	6,68
FRAPc	0,79	1,64	1,28	1,45	0,86	2,52	2,09	1,83	1,49	1,66
Betc	22,49	39,64	45,76	46,39	53,85	13,41	20,40	39,56	31,59	44,06
CARBc	3,45	4,77	4,54	3,86	4,18	3,89	4,14	4,06	3,38	4,98

ALT: altura; NC: número de cladódios; DIA: diâmetro; ESP: espessura; TRAN: transpiração; COND: condutância estomática; PN: fotossíntese líquida, TF: temperatura foliar; ETR: taxa de transporte de elétrons; *qP*: *quenching* fotoquímico; *NPQ*: *quenching* não fotoquímico; *Fv/Fm*: eficiência do fotossistema II; PF: peso do fruto; FP: firmeza da polpa; FC: firmeza da casca; REND: rendimento do fruto; SS: sólidos solúveis; Acid: acidez titulável; SSAT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; APX: ascorbato peroxidase; CAT: catalase; SOD: superóxido dismutase; PROT: proteínas; CARBO: carboidratos do cladódio; CLOR: clorofila; CARO: carotenoides; FENp: compostos fenólicos da polpa; VITCp: vitamina C da polpa; FLAp: flavonoides da polpa; DPPp: DPPH da polpa; FRAPp: FRAP da polpa; BETp: betalainas da polpa; CARBp: carboidratos da polpa; FENc: compostos fenólicos da casca; VITc: vitamina C da casca; FLAc: flavonoides da casca; DPPc: DPPH da casca; FRAC: FRAP da casca; BETc: betalainas da casca; CARBc: carboidratos da casca.

Para as variáveis de fotossíntese, a dose de 0,0 kg planta⁻¹ em sistema com consórcio apresentou os maiores valores para TRAN, em torno de 0,16 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, ao passo que a COND foi maior na dose 21,33 kg planta⁻¹ sem consórcio (14,29 mol H₂O m⁻² s⁻¹). A PN apresentou a maior média na dose 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio (15,97 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), ao passo que a TF não apresentou variações significativas entre os tratamentos, permanecendo em torno de 21,1 a 22 °C. A dose 0,0 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentou as maiores médias de ETR, *NPQ* e *qP*, cerca de 47,83, 1129,68 e 449,1, respectivamente. Para o

Fv/Fm, também não foi observada variação substancial entre as médias dos tratamentos, sendo registrado valores entre 679,3 a 780,1 (Tabela 4).

Quanto à composição bioquímica dos cladódios, observou-se a atividade antioxidante da enzima APX em plantas adubadas com 21,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio com um valor médio de 52,72 nmol de H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ Prot. Para a enzima CAT, registrou-se maiores valores para a dose 5,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio com média de 2,96 nmol de H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ Prot; quanto a SOD, registrou-se pouca variação entre os tratamentos com valores entre 0,0 e 0,02 U min⁻¹ mg⁻¹ Prot. O conteúdo de proteína total apresentou a maior média em plantas adubadas com 21,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio, em torno de 71,19 mg Proteína g⁻¹ MF. O maior conteúdo de carboidratos totais foi registrado em plantas adubadas com a dose de 49,33 kg planta⁻¹ em sistema consorciado, apresentando média de 814,63 mg g⁻¹ MF. Em relação aos pigmentos fotossintetizantes, clorofila e carotenoides, as doses de 49,33 kg planta⁻¹ com consórcio e 21,33 kg planta⁻¹ sem consórcio apresentaram as maiores médias entre os tratamentos, cerca de 32,62 mg g⁻¹ MF e 9,10 mg g⁻¹ MF, respectivamente (Tabela 4).

As plantas de pitaya adubadas com 21,33 kg planta⁻¹ em sistema sob consórcio apresentaram as maiores médias de PF, em torno de 339,43 g. Em relação a FP, a dose de 0,0 kg planta⁻¹ sem consórcio apresentou a maior média, 3,31 N, ao passo que em sistema consorciado na mesma dose a média para FC foi de 64,04 N. O maior Rend foi registrado em dose de 0,0 kg planta⁻¹ sem consórcio, cerca de 52,07 %. Os frutos de pitaya avaliados apresentaram pH ácido variando entre 3,63 a 5,47 entre os tratamentos. Para os SS, a dose de 5,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentou a maior média de 15,38 %, ao passo que a acidez foi maior na dose de 21,33 kg planta⁻¹ em sistema sob consórcio (0,67). A relação SS/AT apresentou maior média na dose de 49,33 kg planta⁻¹ em sistema sob consórcio, com valor de 11,02 (Tabela 4).

A dose de 10,66 kg planta⁻¹ em sistema consorciado apresentou a maior média de compostos fenólicos na polpa do fruto, em torno de 193,34 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ MF, ao passo que para a casca do fruto a maior média de compostos fenólicos foi observada na dose de 0,0 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio, com média de 132,22 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ MF. O teor de vitamina C na polpa do fruto apresentou-se mais elevado na dose de 10,66 kg planta⁻¹ em sistema com consórcio, com média de 177 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ MF, e na casca o maior teor de vitamina C foi observado na dose de 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio, com média de 87,77 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ MF. O conteúdo de flavonoides na polpa e na casca dos frutos se mostrou mais elevado em plantas adubadas com 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio, com médias de 10,93 mg 100 g MF e 13,30 mg 100 g MF, respectivamente. Em relação às betalainas

na polpa e casca de frutos de pitaya, a dose de 49,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentou as maiores médias de 74,38 mg 100 g e 53,85 mg 100 g, respectivamente. A capacidade antioxidante pelo DPPH na polpa e casca apresentou as maiores médias na dose de 10,66 kg planta⁻¹ em sistema consorciado, sendo registrados valores de 46,41% e 15,22%, respectivamente. Em relação à capacidade antioxidante pelo FRAP, as maiores médias foram de 5,29 mM Fe²⁺ Kg⁻¹ para polpa de frutos na dose de 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio e de 2,52 mM Fe²⁺ Kg⁻¹ na casca de frutos na dose de 0,0 kg planta⁻¹ sob consórcio. Os carboidratos totais apresentaram maior média na polpa dos frutos para a dose de 5,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio (37,91 g carboidratos 100 g⁻¹ MF) e para a casca na dose de 49,33 kg planta⁻¹ sob consórcio (4,98 g carboidratos 100 g⁻¹ MF) (Tabela 4).

3.3.3 Matriz de correlação de Pearson

Com a utilização da correlação de Pearson e da análise de multicolinearidade, foi observado que as variáveis explicativas do grupo “Ambiente” e irrigação apresentaram influência sobre as características morfológicas, fotossintéticas e de pós-colheita das plantas e frutos de pitaya avaliados. A Tabela 5 apresenta a correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e irrigação e as variáveis morfológicas e de fotossíntese, apresentando correlações significativas, com magnitudes variando de fraca a forte, positivas e negativas.

Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e irrigação (grupo Ambiente) e as variáveis morfológicas (grupo Morfológico) e de fotossíntese (grupo Fotossíntese) de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu.

	ALT	NC	DIA	ESP	TRAN	COND	PN	TC	ETR	NPQ	qP	Fv/Fm
P	-0,02ns	-0,06ns	-0,06ns	0,01ns	-0,45**	-0,14*	0,11*	-0,29**	0,58**	0,45**	0,53**	0,05ns
R	-0,03ns	-0,01ns	0,06*	-0,09**	0,30**	0,02ns	-0,25**	0,72**	0,01ns	0,40**	0,16**	0,28**
UR	0,01ns	-0,04ns	0,02ns	0,25**	-0,34**	0,05ns	0,13*	-0,65**	0,33**	0,02ns	0,26**	0,20**
Tmed	-0,02ns	0,05ns	-0,14**	-0,17**	-0,04ns	-0,29**	-0,07ns	0,67**	0,27**	0,28**	0,16**	-0,13*
Tmax	-0,02ns	0,04ns	-0,05ns	-0,15**	0,22**	-0,05ns	-0,20**	0,67**	0,06ns	0,22**	0,01ns	0,22**
Tmin	-0,02ns	0,05ns	-0,21**	-0,15**	-0,19**	-0,35**	0,04ns	0,45**	0,39**	0,23**	0,22**	0,03ns
DPV	-0,02ns	0,05ns	-0,05ns	-0,25**	0,27**	-0,15**	-0,14*	0,79**	0,16**	0,09ns	-0,15*	0,21**
Vv	0,01ns	0,01ns	0,07*	-0,07*	0,52**	0,25**	-0,19**	0,35**	0,24**	0,04ns	0,04ns	-0,11*
Irri	0,08*	0,00ns	-0,12**	-0,11**	-0,44**	-0,28*	0,12*	-0,03ns	0,57**	0,41**	0,45**	0,03ns
Urmax	-0,01ns	-0,09ns	0,07*	0,04ns	-0,12*	0,13*	0,11*	-0,52**	0,13*	0,15**	0,28**	0,07ns
Urmin	0,01ns	0,04ns	-0,08**	0,36ns	-0,17**	-0,11ns	0,08ns	-0,23**	0,02ns	0,60**	0,40**	0,26**

Fonte: A autora (2026). Grupo Ambiente: P: precipitação; R: radiação; UR: umidade relativa; Tmed: temperatura média; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; DPV: déficit de pressão de vapor; Vv: velocidade do vento; Irri: irrigação; Urmx: umidade relativa máxima; Urmin: umidade relativa mínima. Grupo Morfológico: ALT: altura; NC: número de cladódio; DIA: diâmetro; ESP: espessura. Grupo Fotossíntese: TRAN: transpiração; COND: condutância estomática; PN: fotossíntese líquida; TC: temperatura do cladódio; ETR: taxa de transporte de elétrons; *NPQ*: *quenching* não fotoquímico; *qP*: *quenching* fotoquímico; *Fv/Fm*: eficiência do fotossistema II. Valores com ** e * foram significativos nos níveis de 1 e 5 % respectivamente, probabilidade pelo teste t; ns: valores não significativos.

De acordo com a matriz de correlação de Pearson (Tabela 5), observa-se correlação positiva da Irri no aumento da ALT das plantas. Em relação ao DIA, a Urmx correlacionou-se positivamente com essa variável, ao passo que a Tmin se correlacionou negativamente. A ESP correlacionou-se positivamente com a UR, e o DPV correlacionou-se negativamente. Para o grupo Fotossíntese, a TRAN correlacionou-se positivamente com a Vv, e a P apresentou correlação negativa com essa variável. A Urmx correlacionou-se positivamente com a COND, e a Tmed, negativamente. A PN apresentou correlação positiva e significativa com a UR, ao passo que a R apresentou forte correlação negativa para essa variável. A TF apresentou correlação positiva com a R; em contrapartida, a UR apresentou correlação negativa com a TF. A ETR apresentou forte correlação positiva com a P e correlação negativa com a Vv. Em relação ao *NPQ* e *qP*, observou-se correlação positiva sobre essas variáveis da P e negativa da Urmin, ao passo que para *Fv/Fm* a Urmin teve correlação positiva, mas negativa com a R.

Na Tabela 6, é apresentada a matriz de correlação de Pearson entre as variáveis do grupo “Ambiente” e irrigação e de pós-colheita apresentando correlações significativas, com magnitudes variando de fraca a forte, positivas e negativas.

Tabela 6. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis metodológicas e irrigação (grupo Ambiente) e as variáveis de pós-colheita (grupo Pós-colheita) de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu.

	P	R	UR	Tmed	Tmax	Tmin	DPV	Vv	Irri	Urma	Urmi
PF	0,14ns	-0,22*	-0,01ns	-0,39**	-0,34**	-0,38**	-0,10ns	0,22*	0,12ns	0,35**	-0,33**
FP	0,32**	-0,21*	0,23*	-0,29**	-0,34**	-0,21*	-0,32**	0,08ns	0,23*	0,30**	-0,17ns
FC	0,30**	-0,35**	0,09ns	-0,58**	-0,58**	-0,43**	-0,38**	0,09ns	0,33**	0,59**	-0,51**
REND	0,21*	-0,10ns	0,13ns	-0,17ns	-0,23*	-0,08ns	-0,27**	-0,04ns	0,16ns	0,23*	-0,15ns
pH	0,06ns	-0,16ns	0,07ns	-0,07ns	-0,12ns	0,00ns	-0,03ns	-0,19ns	0,16ns	0,06ns	-0,02ns
SS	0,01ns	-0,14ns	-0,20*	-0,44**	-0,37**	-0,50**	0,08ns	0,24*	0,01ns	0,40**	-0,48**
Acid	-0,08ns	0,05ns	0,11ns	0,34**	0,30**	0,37**	0,09ns	-0,20*	-0,03ns	-0,36**	0,40**
SSAT	-0,02ns	-0,02ns	-0,15ns	-0,19*	-0,14ns	-0,26**	0,10ns	0,08ns	-0,05ns	0,19ns	-0,26**
APX	0,03ns	0,00ns	0,00ns	-0,08ns	-0,10ns	-0,09ns	-0,03ns	0,01ns	0,03ns	0,09ns	-0,08ns
CAT	-0,03ns	0,01ns	0,01ns	0,09ns	0,08ns	0,04ns	0,08ns	0,03ns	-0,06ns	-0,10ns	0,09ns
SOD	0,10ns	-0,04ns	0,17ns	0,09ns	0,01ns	0,15ns	-0,05ns	-0,26**	0,11ns	-0,06ns	0,15ns
PROT	0,23*	-0,24*	-0,08ns	-0,62**	-0,55**	-0,63**	-0,14ns	0,28**	0,15**	0,64**	-0,65**
CARB	0,00ns	-0,01ns	-0,05ns	-0,09ns	-0,07ns	-0,12ns	0,05ns	-0,02ns	-0,01ns	0,09ns	-0,11ns

CLOR	-0,23*	0,27**	-0,06ns	0,35**	0,37**	0,26ns	0,19*	-0,03ns	-0,24*	-0,39**	0,34**
CARO	-0,19*	0,21*	-0,03ns	0,31**	0,33**	0,25*	0,17ns	-0,01ns	-0,20*	-0,34**	0,31**
FENp	0,07ns	-0,07ns	0,12ns	0,05ns	0,02ns	0,12ns	-0,07ns	-0,16ns	0,07ns	-0,05ns	0,11ns
VITCp	-0,35**	0,37**	0,08ns	0,89**	0,80**	0,85**	0,31**	-0,45**	-0,27**	-0,91**	0,90**
FLAp	-0,22*	0,23*	0,02ns	0,59**	0,51**	0,54**	0,24*	-0,28**	-0,15ns	-0,58**	0,56**
DPPp	-0,10ns	0,11ns	-0,08ns	0,03ns	0,07ns	0,04ns	0,06ns	-0,10ns	-0,03ns	-0,02ns	-0,02ns
FRAp	-0,06ns	0,06ns	-0,08ns	-0,01ns	0,05ns	-0,04ns	0,07ns	0,03ns	-0,09ns	0,00ns	-0,04ns
BETp	-0,21*	0,29**	-0,13ns	0,24*	0,26**	0,11ns	0,25*	0,02ns	-0,24*	-0,24*	0,15ns
CARBp	0,26**	-0,16ns	0,32**	-0,05ns	-0,14ns	0,10ns	-0,36**	-0,08ns	0,23*	0,04ns	0,13ns
FENc	0,20*	-0,17ns	-0,02ns	-0,43**	-0,39**	-0,40**	-0,19ns	0,15ns	0,14ns	0,46**	-0,45**
VITc	-0,32**	0,36**	0,10ns	0,91**	0,81**	0,87**	0,29**	-0,46**	-0,26**	-0,92**	0,92**
FLAc	-0,25*	0,31**	0,08ns	0,76**	0,66**	0,71**	0,25*	-0,35**	-0,21*	-0,74**	0,74**
DPPc	-0,13ns	0,16ns	0,08ns	0,51**	0,45**	0,49**	0,17ns	-0,26**	-0,15ns	-0,51**	0,52**
FRAc	-0,07ns	-0,05ns	0,16ns	0,37**	0,27**	0,45**	0,06ns	-0,38**	0,07ns	-0,39**	0,46**
BETc	-0,24*	0,30**	-0,14ns	0,32**	0,37**	0,17ns	0,33**	0,0ns	-0,32**	-0,34**	0,24*
CARBc	0,05ns	-0,04ns	0,05ns	-0,05ns	-0,06ns	-0,03ns	-0,03ns	-0,08ns	0,06ns	0,05ns	-0,02ns

Grupo Ambiente: P: precipitação; R: radiação; UR: umidade relativa; Tmed: temperatura média; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; DPV: déficit de pressão de vapor; Vv: velocidade do vento; Irr: irrigação; Urmax: umidade relativa máxima; Urmin: umidade relativa mínima. Grupo Pós-colheita: PF: peso do fruto; FP: firmeza da polpa; FC: firmeza da casca; REND: rendimento do fruto; SS: sólidos solúveis; Acid: acidez titulável; SSAT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; APX: ascorbato peroxidase; CAT: catalase; SOD: superóxido dismutase; PROT: proteínas; CARBO: carboidratos do cladódio; CLOR: clorofila; CARO: carotenóides; FENp: compostos fenólicos da polpa; VITCp: vitamina C da polpa; FLAp: flavonóides da polpa; DPPp: DPPH da polpa; FRAp: FRAP da polpa; BETp: betalainas da polpa; CARBp: carboidratos da polpa; FENc: compostos fenólicos da casca; VITc: vitamina C da casca; FLAc: flavonóides da casca; DPPc: DPPH da casca; FRAc: FRAP da casca; BETc: betalainas da casca; CARBc: carboidratos da casca. Valores com ** e * foram significativos nos níveis de 1 e 5 % respectivamente, probabilidade pelo teste t; ns: valores não significativos.

Ao se analisar a matriz de correlação de Pearson entre o grupo “Ambiente” e irrigação e as variáveis de pós-colheita de cladódios e frutos de pitaya (Tabela 6), observou-se a correlação positiva entre a Urma com o PF, ao passo que a Tmed exerce influência negativa quanto essa variável. A FP é positivamente correlacionada com a P, mas negativamente com a Tmax, da mesma forma da FC, no entanto com correlação positiva da Urma. O Rend do fruto é positivamente correlacionado com a Urma e negativamente correlacionado com o DPV. A Urma exerce correlação positiva com os SS e negativa com a Acidez, ao passo que a Tmin apresenta correlação negativa com os SS e a Urmi positiva com a Acidez. A SSAT apresentou apenas correlação negativa com a Tmin e Urmin; da mesma forma, o conteúdo de SOD foi apenas significativamente correlacionada de forma negativa com a Vv. A Urma demonstrou correlação positiva com os teores de PROT e FENc, mas correlação negativa com as demais variáveis do grupo Pós-colheita (CLOR, CARO, VITCp, FLAp, BETp, VITc, FLAc, DPPc, FRAc e BETc). Os pigmentos fotossintetizantes CLOR e CARO apresentaram correlação positiva com a Tmax, e o conteúdo de VITCp e FLAp com a Urmin. As BETp se correlacionaram positivamente com a R, os CARBp com a UR e os FENc com a Urmax. A Urmin exerceu influência positiva com as VITc, DPPc e FRAc e as Tmax e Tmed com a BETc e FLAc, respectivamente.

3.3.4 Análise de correlação canônica entre o grupo explicativo “Ambiente” e os grupos respostas “Morfológico”, “Fotossíntese” e “Pós-colheita”.

A Tabela 7 apresenta as correlações canônicas entre o grupo explicativo “Ambiente” e os grupos resposta “Pós-colheita”, “Morfológico” e “Fotossíntese”, demonstrando assim a relação da dinâmica de crescimento, da fisiologia e da qualidade dos frutos de plantas de pitaya adubadas organicamente e consorciadas com capim elefante cv. BRS Capiçu com as condições ambientais.

Tabela 7. Cargas canônicas entre os grupos “Ambiente” e irrigação e os grupos “Pós-colheita”, “Morfológico” e “Fotossíntese” de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu.

Grupo	Variável	1° eixo	Grupo	Variável	1° eixo	2° eixo	Grupo	Variável	1° eixo	2° eixo	3° eixo
Ambiente	P	0,32	Ambiente	P	0,00	-0,12	Ambiente	R	0,83	0,28	-0,1
	R	-0,38		R	-0,16	0,43		Tmin	0,44	0,07	0,79
	Tmin	-0,94		Tmin	-0,41	-0,72		DPV	0,64	0,59	0,19
	DPV	-0,28		DPV	-0,56	0,08		Vv	0,33	0,34	-0,67
	Vv	0,49		Vv	-0,12	0,35		Irri	0,23	-0,49	0,72
	Irri	0,25		Irri	-0,31	-0,38					
Pós colheita	PF	0,42	Morfológico	ALT	-0,01	-0,18	Fotossíntese	TRAN	0,2	0,47	-0,64
	FP	0,29		NC	0,00	-0,27		COND	-0,05	-0,04	-0,68
	FC	0,53		DIA	0,35	0,74		PN	-0,2	-0,12	0,28
	REND	0,14		ESP	0,98	-0,18		TF	0,75	0,62	0,17
	pH	0,07						ETR	0,2	-0,47	0,5
	SS	0,52						NPQ	0,73	-0,64	-0,04
	Acid	-0,38						qP	0,46	-0,62	-0,01
	SSAT	0,26						Fv/Fm	-0,33	0,02	0,14
	APX	0,11									
	CAT	-0,07									
	SOD	-0,09									
	PROT	0,70									
	CARB	0,13									
	FENp	-0,11									
	VITCp	-0,95									
	FLAp	-0,59									
	DPPp	-0,03									
	FRAPp	0,01									
	BETp	-0,17									
	CARBp	-0,05									
	FENc	0,45									
	FLAc	-0,78									

DPPc	-0,55
FRAc	-0,43
BETc	-0,27
CARBc	0,06

Correlação canônica	0,97	0,44	0,25	0,92	0,91	0,64
λ^2	392,85	302,66	84,26	1284,83	731,83	203,78
GL	156	24,00	15,00	40	28	18
p-valor (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Grupo Ambiente: P: precipitação; R: radiação; Tmin: temperatura mínima; DPV: déficit de pressão de vapor; Vv: velocidade do vento; Irri: irrigação. Grupo Pós-colheita: PF: peso do fruto; FP: firmeza da polpa; FC: firmeza da casca; REND: rendimento do fruto; SS: sólidos solúveis; Acid: acidez titulável; SSAT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; APX: ascorbato peroxidase; CAT: catalase; SOD: superóxido dismutase; PROT: proteínas; CARBO: carboidratos do cladódio; FENp: compostos fenólicos da polpa; VITCp: vitamina C da polpa; FLAp: flavonoides da polpa; DPPp: DPPH da polpa; FRAp: FRAP da polpa; BETp: betalainas da polpa; CARBp: carboidratos da polpa; FENc: compostos fenólicos da casca; FLAc: flavonoides da casca; DPPc: DPPH da casca; FRAc: FRAP da casca; BETc: betalainas da casca; CARBc: carboidratos da casca. Grupo Morfológico: ALT: altura; NC: número de cladódio; DIA: diâmetro; ESP: espessura. Grupo Fotossíntese: TRAN: transpiração; COND: condutância estomática; PN: fotossíntese líquida; TF: temperatura foliar; ETR: taxa de transporte de elétrons; *NPQ*: *quenching* não fotoquímico; *qP*: *quenching* fotoquímico; *Fv/Fm*: eficiência do fotossistema II. Os valores em negrito são os de maior contribuição dentro do grupo. *Significância pelo teste do Qui-quadrado (λ).

Na correlação canônica entre os grupos “Ambiente” e “Pós-colheita”, apenas o 1º eixo foi significativo ($p < 0,01$), com coeficiente de correlação canônica de 0,97, demonstrando forte correlação entre esse conjunto de variáveis. O 1º eixo demonstra que reduções na Tmin e aumento na Vv estão diretamente relacionados ao aumento da FC, nos SS e no teor de PROT, assim como essas variáveis também exercem influência na redução do conteúdo de VITCp, FLAp, FLAc e DPPc (Tabela 7).

A relação canônica entre os grupos “Ambiente” e “Morfológico” apresentou dois eixos significativos ($p < 0,01$), o 1º eixo com coeficiente de correlação canônica de 0,44 e o 2º eixo de 0,25. No 1º eixo, observa-se que a redução no DPV e na Tmin apresenta correlação canônica com o aumento na ESP do cladódio. No 2º eixo, nota-se que o aumento da R, assim como reduções na Tmin estão correlacionados com o aumento no DIA (Tabela 7).

Para a correlação canônica entre os grupos “Ambiente” e “Fotossíntese”, três eixos canônicos apresentaram-se significativos ($p < 0,01$) e com altos coeficientes de correlação canônica (1º eixo 0,92; 2º eixo 0,91; 3º eixo 0,64). No 1º eixo, o aumento da R e do DPV apresentaram correlação com o aumento na TF, no *NPQ* e no *qP*, ao passo que para o 2º eixo o aumento do DPV, associado à redução da irrigação, apresentou correlação com o aumento na TF, mas resultando em redução no *NPQ* e no *qP*. O 3º eixo demonstrou que o aumento na Tmin associado a redução da Vv e aumento na Irr associam-se com a redução na TRAN e na COND (Tabela 7).

3.3.5 Análise de trilha entre o grupo explicativo “Ambiente” e os grupos respostas “Fotossíntese” e “Pós-colheita”.

A análise de trilha foi realizada apenas para aquelas variáveis que apresentaram coeficiente de determinação parcial (r^2) maior que o erro (residual), pois isso indica que o efeito do conjunto de variáveis do grupo “Ambiente” não é direto, existindo variáveis que influenciam as respostas de forma indireta (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de trilha (efeitos diretos e indiretos) entre o grupo explicativo “Ambiente” e irrigação e os grupos respostas “Fotossíntese” e “Pós-colheita” de plantas de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiacu.

NPQ			TF			VITCp		
ED	P	3,21	ED	P	-0,73	ED	P	-0,19
EI	R	0,14	EI	R	-0,09	EI	R	0,28
EI	Tmin	-0,80	EI	Tmin	0,24	EI	Tmin	-0,05
EI	DPV	-1,22	EI	DPV	-0,02	EI	DPV	0,11
EI	Vv	-0,17	EI	Vv	-0,09	EI	Vv	0,02
EI	Irri	-0,70	EI	Irri	0,41	EI	Irri	-0,50
Total		0,45	Total		-0,29	Total		-0,34
ED	R	-0,57	ED	R	0,40	ED	RG	-0,31
EI	P	-0,77	EI	P	0,17	EI	P	0,17
EI	Tmin	-0,32	EI	Tmin	0,09	EI	Tmin	0,13
EI	DPV	1,89	EI	DPV	0,03	EI	DPV	-0,09
EI	Vv	0,09	EI	Vv	0,05	EI	Vv	-0,01
EI	Irri	0,07	EI	Irri	-0,04	EI	Irri	0,48
Total		0,40	Total		0,72	Total		0,37
ED	Tmin	-1,42	ED	Tmin	0,44	ED	Tmin	0,90
EI	P	1,80	EI	P	-0,41	EI	P	0,01
EI	R	-0,13	EI	R	0,09	EI	RG	-0,05
EI	DPV	0,71	EI	DPV	0,01	EI	DPV	0,00
EI	Vv	-0,09	EI	Vv	-0,05	EI	Vv	0,03
EI	Irri	-0,62	EI	Irri	0,37	EI	Irri	-0,04
Total		0,23	Total		0,44	Total		0,85
ED	DPV	2,40	ED	DPV	0,04	ED	DPV	-0,12
EI	P	-1,63	EI	P	0,37	EI	P	0,18
EI	R	-0,45	EI	R	0,32	EI	RG	-0,25
EI	Tmin	-0,42	EI	Tmin	0,13	EI	Tmin	0,04
EI	Vv	0,04	EI	Vv	0,02	EI	Vv	-0,01
EI	Irri	0,15	EI	Irri	-0,09	EI	Irri	0,47
Total		0,09	Total		0,79	Total		0,31

ED	Vv	0,49	ED	Vv	0,28	ED	Vv	-0,05
EI	P	-1,11	EI	P	0,25	EI	P	0,06
EI	R	-0,11	EI	R	0,08	EI	RG	-0,08
EI	Tmin	0,27	EI	Tmin	-0,08	EI	Tmin	-0,64
EI	DPV	0,18	EI	DPV	0,00	EI	DPV	-0,03
EI	Vv	0,31	EI	Irri	-0,18	EI	Irri	0,29
Total		0,04	Total		0,35	Total		-0,45
ED	Irri	-0,76	ED	Irri	0,45	ED	Irri	-0,55
EI	P	2,96	EI	P	-0,68	EI	P	-0,18
EI	R	0,06	EI	R	-0,04	EI	RG	0,27
EI	Tmin	-1,16	EI	Tmin	0,36	EI	Tmin	0,07
EI	DPV	-0,48	EI	DPV	0,00	EI	DPV	0,10
EI	Vv	-0,20	EI	Vv	-0,11	EI	Vv	0,02
Total		0,41	Total		-0,02	Total		-0,27
		r ²	0,80			r ²		0,84
		residual	0,44			residual		0,38

Fonte: A autora (2026). ED: efeito direto; EI: Efeito indireto. Os valores em negrito são os mais significativos dentro do grupo.

P (3,21) e DPV (2,40) apresentaram forte efeito direto e positivo com o *NPQ*, ao passo que a Tmin apresentou efeito direto negativo (-1,42). P também apresentou o maior efeito indireto de forma positiva (2,96), demonstrando que a P pode exercer efeito tanto direto quanto indireto no *NPQ* de plantas de pitya adubadas organicamente e sob sistemas de consórcio. Para a TF, a P apresentou o maior efeito direto de forma negativa entre os dados (-0,73), ao passo que a R apresentou efeito direto positivo (0,40) da mesma forma para a Tmin (0,44). P também exerceu efeito indireto negativo (-0,68) para a TF, ao passo que a Irri apresentou o maior efeito indireto positivo (0,41). Em relação ao conteúdo de VITCp, a variável Tmin apresentou o maior efeito direto positivo (0,90), e a Irri teve o maior efeito direto de forma negativa (-0,55). Essas variáveis também exerceram efeito indireto em relação a VITCp de forma negativa -0,64 e -0,50, respectivamente.

3.4 Discussão

As plantas adubadas com 49,33 kg planta⁻¹ em sistema sem consórcio apresentaram maior ALT, NC, DIA e ESP, essa resposta pode estar relacionada à disponibilidade de N, P e K em fontes de adubação orgânica, o que favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas (Abukari e Cobbinah, 2025). De acordo com a matriz de correlação de Pearson, a irrigação, a UR, URmax e a Tmin apresentaram correlação positiva com o crescimento das plantas. Segundo Araújo Júnior *et al.* (2021), a UR atua em conjunto com a temperatura do ar na

variação do DPV, resultando em menor taxa de transpiração das plantas e favorecendo a absorção de CO₂, afetando a dinâmica de crescimento dos cladódios. Esse resultado é confirmado ainda pela análise de correlação canônica entre os grupos “Ambiente” e “Morfológico” (Tabela 7).

Vv, UR, Urmax, P, Tmed, R e DPV foram as variáveis climáticas que apresentaram correlações positivas e negativas com os parâmetros de trocas gasosas. Quando a velocidade do vento é baixa, a espessura da camada limite é espessa, o que causa resistência à difusão do vapor de água dos poros estomáticos, limitando a transpiração (Nobel, 2020). O consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiacu pode ter agido como barreira contra o vento, o que explica a dose de 49,33 kg planta⁻¹ sob consórcio ter registrado a menor TRAN (0,11 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) e COND (8,68 mol H₂O m⁻² s⁻¹).

Em plantas sem adubação (0,0 kg planta⁻¹) e sem consórcio, a alta R e DPV apresentaram efeito direto com a TF, resultando no aumento do NPQ e qP em cladódios de pitaya (Tabela 7). A ausência do consórcio para fins de sombreamento possibilitou a exposição dos cladódios a alta R, sendo absorvida grande quantidade de energia luminosa que foi dispensada pelos mecanismos fotoprotetores do aparato fotossintético das plantas.

A concentração de CLO e CARO em cladódios apresentou correlação positiva com a Tmax apresentando os maiores valores na dose 49,33 kg planta⁻¹ em sistema consorciado. De acordo com Chu e Chang (2020), em plantas de pitaya o sombreamento pode retardar a degradação da clorofila proveniente de altas temperaturas, o que revela que o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiacu como estratégia de sombreamento para plantas de pitaya protege os cladódios de queimaduras solares. Esse resultado pode ter sido influenciado ainda pela aplicação de esterco bovino, fertilizante rico em nitrogênio, um dos constituintes na biossíntese de moléculas de clorofilas (Setiawati *et al.*, 2022).

A Urmax apresentou correlação positiva e a Tmed correlação negativa com o PF e SS dos frutos. Os frutos colhidos de plantas consorciadas e adubadas com a dose de 21,33 kg planta⁻¹ apresentaram as maiores médias de peso (339,43 g). Em frutos de pitaya, Chu e Chang (2020) identificaram que altas temperaturas retardam a polinização dos grãos de pólen, resultando em atraso no desenvolvimento dos frutos e da massa. Reduções na Tmin e aumento na Vv apresentaram correlação canônica com o aumento do teor de PROT em plantas adubadas com 21,33 kg planta⁻¹ sem consórcio e com a redução no conteúdo de FLAp, FLAc e DPPc em plantas não consorciadas. Temperaturas amenas contribuem para o acúmulo de proteínas pela manutenção da integridade da célula vegetal e reduz a atividade das enzimas responsáveis pela síntese de flavonoides (Kai-Ting *et al.*, 2024; Mao *et al.*, 2025). A redução do teor de

flavonoides consequentemente reduz a capacidade antioxidante do fruto, haja vista esse composto atuar de forma efetiva na atividade antioxidante da célula vegetal (Wu *et al.*, 2024). Por sua vez, ventos com alta velocidade podem reduzir a taxa fotossintética e a disponibilidade de carbono para metabólitos secundários (Zhang *et al.*, 2021). Nas plantas consorciadas, o capim pode ter agido como barreira contra o vento, reduzindo sua ação na redução dos metabólitos.

O conteúdo de VITCp foi fortemente influenciado pela T_{min} de forma direta (Tabela 9), onde as plantas adubadas com a dose de 10,66 kg planta⁻¹ em sistema consorciado apresentaram os maiores teores (177 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ MF). Com efeito direto negativo, a irrigação também pode causar aumento dos teores de VITCp em situações de déficit, o que funciona como estratégia da planta diante de possíveis danos oxidativos (Nasrabadi *et al.*, 2024). Nossos resultados indicaram valores de VITCp maiores nas plantas consorciadas em comparação às não consorciadas. Esses resultados indicam que o consórcio contribuiu para a defesa antioxidante das plantas de pitaya estudadas.

Dessa forma, a adubação orgânica se mostrou eficaz no desenvolvimento e crescimento das plantas de pitaya sem influência do sistema consorciado para fins de sombreamento. Em contrapartida, o sistema consorciado possibilitou a proteção ao aparato fotossintético das plantas, na medida em que protegeu os cladódios da alta R, T_{min}, T_{máx} e T_{med} e da V_v, contribuindo para frutos de maior peso e de alta capacidade antioxidante.

3.5 Conclusões

A temperatura mínima do ar, a umidade relativa e umidade relativa máxima afetaram o crescimento vegetativo de plantas de pitaya, onde a dose de 49,33 kg planta⁻¹ apresentou as maiores médias. A velocidade do vento, a umidade relativa, a umidade relativa máxima, a precipitação, a temperatura do ar, a radiação global e o déficit de pressão de vapor influenciaram de forma direta e indireta os parâmetros de trocas gasosas e eficiência da clorofila *a*, onde o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu auxiliou a proteção ao aparato fotossintético. A qualidade dos frutos de pitaya foi significativamente influenciada pela temperatura do ar, pela umidade relativa, pela velocidade do vento e pela irrigação, sofrendo reduções na firmeza da polpa e da casca em plantas sem consórcio, mas com maior SS/AT em plantas consorciadas. A temperatura, a umidade relativa, a velocidade do vento e a irrigação influenciaram a síntese de metabólitos, contribuindo para a proteção antioxidante dos frutos em plantas consorciadas. a adubação orgânica foi primordial no desenvolvimento e crescimento das plantas em sistema

sem consórcio. Dessa forma, doses de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino são recomendadas em associação com o consórcio com o capim elefante BRS Capiáçu em plantio de pitaya na região semiárida.

REFERÊNCIAS

- ABUKARI, A; COBBINAH, P. Impact of cattle manure on chemical properties and maize (*Zea mays* L.) performance in the guinea savannah zone of Ghana. **Contemporary Agriculture**, v. 74, n. 1-2, 2025. <https://doi.org/10.2478/contagri-2025-0001>
- ALMEIDA, E. I. B., MEDEIROS, M. C. C.; MESQUITA, R. O; QUEIROZ, R. F; CAJAZEIRA, J. P; AMORIM, F. F. V. R. Growth and gas exchanges of red pitaya under different shading conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018, p 1 – 8. doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5554
- ANDERSON, M. D; PRASAD, T. K; STEWART, T. R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyl of maize seedlings. **Plant Physiology**, v. 109, p. 1247-1257, 1995
- ANDERSON, A; FIDEL, R. **Introduction to Soil Science**. 2 ed, Ames, Iowa: Iowa State University, DOI: <https://doi.org/10.31274/isudp.2025.201>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. N. *et al.* Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 131, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126375>
- AREMANDA, R. B. *et al.* Competence of Cow Manure as Sustainable Feedstock for Bioenergy and Biofertilizer Production. **International Journal on Food, Agriculture, and Natural Resources**, v. 4, n. 2, p. 59-67, 2023 DOI: <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v4i2.135>
- BARBOSA, M. L. *et al.* Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 399-408, 2018. DOI: 10.5935/1806-6690.20180045
- BENZIE, I. F. F; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996
- BODAGHABADI, M. B.; FASKHODI, A. A.; SALEHI, M. H.; HOSSEINIFARD, S. J.; HEYDARI, M. Soil suitability analysis and evaluation of pistachio orchard farming, using canonical multivariate analysis. **Sci. Hortic.**, v. 246, p. 528-534, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.069>.

BRADFORD, M. M. **Determinación de proteínas: método de bradford**. Analytical Biochemistry, 1976

BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, ME; BERSSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995

CHEN, S; XU, C; MAZHAR, M. S; NAIKER, M. Nutritional value and therapeutic benefits of dragon fruit: A comprehensive review with implications for establishing Australian industry standards. **Molecules**, v. 29, n. 23, 2024. <https://doi.org/10.3390/molecules29235676>

CHU, Y; CHANG, J. High temperature suppresses fruit/seed set and weight, and cladode regreening in Red-fleshed “Da Hong” pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) under controlled conditions. **HortScience**, v. 55, n. 8, p. 1259-1264, 2020, [10.21273/HORTSCI15018-20](https://doi.org/10.21273/HORTSCI15018-20)

CHU, Y. C; CHANG, J. C. Heat stress leads to poor fruiting mainly due to inferior pollen viability and reduces shoot photosystem II efficiency in “Da hong” Pitaya, **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2022, <https://doi.org/10.3390/agronomy12010225>

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271 – 276, 2013. Doi: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251

DONG, M; REALSEN, J. Research on varietal improvement and cultivation techniques for Dragon fruit (Pitaya). **International Journal of Horticulture**, v. 14, n. 6, 2024. doi: 10.5376/ijh.2024.14.0041

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, p. 350 – 356, 1956

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982, 263 p.

GHASEMI-SOLOKLUI, A. A; KORDROSTAMI, M; GHARAGHANI, A. Environmental and geographical conditions influence color, physical properties, and physiochemical composition of pomegranate fruits. **Scientific Reports**, v. 13, n. 15447, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42749-z>

HAVIR, E. A.; McHALE, N. A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco Leaves. **Plant Physiology**, v. 84, p. 450-455, 1987.

HULTINE, K. R; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T; WILLIAMS, D. G; ALBEKE, S. E; TRAN, N; PUENTE, R; LARIOS, E. Global change impacts on cacti (Cactaceae): current threats, challenges and conservation solutions. **Annals of Botany**, v. 132, n. 4, p 671 – 683, 2023, <https://doi.org/10.1093/aob/mcad040>

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ano de 2024 é o mais quente no Brasil desde 1961 (2025). Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/2024-%C3%A9-o-ano-mais-quente-da-s%C3%A9rie-hist%C3%B3rica-no-brasil?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 03 dez. 2025.

KAI-TING, F.; XU, Y.; HEGEMAN, A. D. Elevated temperature effects on protein turnover dynamics in *Arabidopsis thaliana* seedlings revealed by ¹⁵N-stable isotope labeling and protein turnover algorithm, **Int. J. Mol. Sci.**, v. 25, n. 11, 2024. <https://doi.org/10.3390/ijms25115882>

KARUNAKARAN, G. *et al.* Optimization of fertilizer doses for increased fruit yield of dragon fruit adopting response surface methodology and Box-Behnken design. **Front. Plant Sci**, v. 16, 2025. Doi.org/10.3389/fpls.20251661974

LICHTENTHALER, H. K; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids measurement and UV-VIS characterization Lichtenthaler 2001. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v. F4.3.1-F4, n. Supplement 1, p 1-8, 2001.

MAGALHÃES, D. S. *et al.* Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red-pulp dragon fruit during its development. **Scientia Horticulturae**, v. 253, p. 180-186, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.050>

MAO, Y; LUO, J; CAI, Z. Biosynthesis and regulatory mechanisms of plant flavonoids: A review. **Plants**, v, 14, n. 12, 2025. [10.3390/plants14121847](https://doi.org/10.3390/plants14121847)

MARTINS, L. D. C. S. *et al.* Can environmental conditions alter the physiological and photochemical plasticity of cacti (*Opuntia* and *Nopalea*) in semiarid environments? **Environments**, v. 12, n. 11, 2025. <https://doi.org/10.3390/environments12110418>

NAKANO, y; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, p 867-880, 1981

NASRABADI, M; RAMEZANIAN, A; VALERO, D. Potential of sustained deficit irrigation to enhance biological and nutritional quality of pomegranate fruit during storage. **BMC Plant Biology**, v. 24, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05603-6>

NILSON, T. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukshögskolans Annaler**, v. 36, p. 179–219, 1970.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. 5 ed. Londres, UK: Academic Press. 2020

NTAGKAS, N; WOLTERING, E. J; MARCELIS, L. F. M. Light regulates ascorbate in plants: An integrated view on physiology and biochemistry. **Environmental and Experimental Botany**, v. 147, p. 271-280, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.10.009>

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Shade improves growth, photosynthetic performance, production and postharvest quality in red pitahaya (*Hylocereus costaricensis*). **Scientia Horticulturae**, v. 286, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110217>

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Shade as a agro-technique to improve gas Exchange, productivity, bioactive potential, and antioxidant activity of fruits of *Hylocereus costaricensis*. **Int. J. Plant Biol**, v. 16, n. 4, 2025. <https://doi.org/10.3390/ijpb16040128>

OSATUKE, A; PRITTS, M. Strawberry flavor is influenced by the air temperature differential during fruit development but not management practices. **Agronomy**, v. 11, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030606>

QI, Z; XU, C; TANG, R; ZHANG, Q; SUN, W; GUAN, C; WANG, Y; ZHANG, M; DING, J; ZHANG, Y; YANG, H; YANG, Y; LIU, X; ZHANG, Z; LING, F. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to nitrogen changes in rice with different nitrogen use efficiencies. **Plants**, v. 14, n. 10, 2025, <https://doi.org/10.3390/plants14101465>

RAJU, C. *et al.* Climate change as an existential threat to tropical fruit crop production – A review. **Agriculture**, v. 14, n. 11, p. 1-19, 2024, <https://doi.org/10.3390/agriculture14112018>

ROLIM, L. Z. R.; SOUZA FILHO, F. Analyzing rainfall and streamflow variability in semi-arid Ceará: the role of climate drivers. **Theor. Appl. Climatol.**, 157, n. 149, 2026. <https://doi.org/10.1007/s00704-026-06058-5>

SÁNCHEZ-RANGEL, J. C. *et al.* The folin-ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. **Analytical methods**, v. 5, n. 21, p. 5990 – 5999, 2013

SANTOS, W. M. *et al.* (2016) **DataMetProcess**: A package for processing meteorological data, calculating reference evapotranspiration, acquiring data from the National Institute of Meteorology (INMET) and processing meteorological data...

SANTOS, A. R. M. *et al.* Environmental seasonality affects the growth, yield and economic viability of irrigated forage species in dry regions. **Irrigation and Drainage**, p. 1 – 29, 2025, <https://doi.org/10.1002/ird.3077>

SETIAWATI, M. R. *et al.* Application agricultural waste compost and inorganic fertilizer to increase organic-C, plant nitrogen, chlorophyll, growth and corn yield. **International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch**, v. 7, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2022.5706>

SHAPIRA, O. *et al.* Wind speed affects the rate and kinetics of stomatal conductance. **The Plant Journal**, v. 120, p. 1552–1562, 2024. doi: 10.1111/tpj.17066

SILVA, T. G. F. *et al.* Cactus-sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilization can optimize water use in dry regions. **Science of The Total Environment**, v. 895, p. 1–17, 2023, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165102

SINGH, A. *et al.* Development changes in the physicochemical composition and mineral profile of red-fleshed dragon fruit grown under semi-arid conditions. **Agronomy**, v. 12, n. 2, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020355>

SUN, F. *et al.* Incorporating relative humidity improves the accuracy of precipitation phase discrimination in High Mountain Asia. **Atmospheric Research**, v. 271, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106094>

WMO – World Meteorological Organization, 2025. N. 1368 Disponível em: https://wmo.int/sites/default/files/2025-03/WMO-1368-2024_en.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 08 dez. 2025

WU, Y. *et al.* A physiological and metabolomic analysis reveals the effect of shading intensity on blueberry fruit quality. **Food Chemistry: X**, v. 15, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100367>

WU, Z. *et al.* Storage temperature affects the accumulation of phenolics in fresh-cut melon by accelerating the sucrose decomposition. **Horticulturae**, v. 10, n. 5, 2024. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050488>

ZEPEDA, A. C. *et al.* Too cold or too warm? Modelling seed set and fruit mass based on the effect of temperature on pollen quality. **AoBP Plants**, v. 18, n. 1, 2026 <https://doi.org/10.1093/aobpla/plag004>

ZHANG, S. *et al.* New field wind manipulation methodology reveals adaptive responses of steppe plants to increased and reduced wind speed. **Plant Methods**, v. 17, n. 5, 2021. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00705-2>

4. MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA ESTIMAR A ÁREA E O PESO DE CLADÓDIOS DE PITAYA VERMELHA USANDO DIMENSÕES LINEARES

RESUMO

A estimativa da área foliar em culturas agrícolas é uma análise crítica, pois indica a área fotossinteticamente ativa da planta. No entanto, alguns métodos são mais caros e difíceis de aplicar em culturas como a pitaya. Assim, o objetivo desta pesquisa foi determinar um método não destrutivo para estimar a área e o peso de cladódios de pitaya utilizando dimensões lineares. Em um pomar experimental, foram coletados 101 cladódios de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus*. Foram coletadas amostras e medidos o comprimento (C), a largura (L), a área do cladódio (AC), a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) dos cladódios. Em seguida, calculou-se o produto entre o comprimento e a largura (CL) dos cladódios. Modelos lineares, lineares sem intercepto e de potência foram utilizados para prever a área e o peso dos cladódios por meio de equações alométricas. Os critérios para a escolha das melhores equações basearam-se nos coeficientes de determinação e correlação de Pearson, no índice de concordância de Willmott, no critério de informação de Akaike, no erro quadrático médio e no erro absoluto médio. As equações construídas com os modelos de potência e linear foram as mais adequadas para prever a área do cladódio ($AC = 5,577 * CL^{0,541}$), a massa fresca do cladódio ($MF = 8,50 * L^{1,138}$) e a massa seca do cladódio ($MS = 3,03 + 1,74 * L$). Assim, foi possível construir um método não destrutivo e confiável para prever a área e o peso dos cladódios da pitaya usando as dimensões lineares dos cladódios (comprimento e largura).

Palavras-chave: Cactaceae; *Hylocereus polyrhizus*; equações alométricas; biometria; largura do cladódio

4.1 Introdução

A pitaya (*Hylocereus* spp) é uma planta pertencente à família Cactaceae, originária das Américas, com aproximadamente 1500 espécies distribuídas em 100 gêneros, sendo o México um dos países com maior diversidade genética dessa cultura (Patel *et al.*, 2023). A produção desse fruto exótico, conhecido por suas inúmeras propriedades nutricionais benéficas à saúde humana (Verona-Ruiz *et al.*, 2020), expandiu-se consideravelmente em todo o mundo. Embora o Brasil ainda não esteja entre os maiores produtores globais, a produção atingiu 2924 toneladas em 2022 (Cruz & Martins, 2022), com projeções de crescimento até 2029 (Mitsui, 2024).

Assim como a palma forrageira (*Opuntia ficus indica*), a pitaya captura luz através de seus cladódios (caules modificados) com estruturas especializadas para capturar a energia luminosa e realizar a fotossíntese, o que influencia inclusive a produção de frutos. Em países com clima quente, a alta insolação representa um dos principais desafios para a produção de pitaya. Ela pode causar danos irreversíveis aos cladódios, afetando a eficiência fotossintética e a qualidade dos frutos. Dentre as estratégias estudadas para mitigar esses efeitos, o sombreamento tem se mostrado promissor (Oliveira *et al.*, 2021). No entanto, ainda existem diversas lacunas a serem preenchidas no cultivo dessa fruta. Pesquisas recentes têm se concentrado na ausência de consenso sobre sua taxonomia (Trindade *et al.*, 2023) e na conservação pós-colheita, considerando que o metabolismo fisiológico interno e as condições de armazenamento são cruciais para a deterioração dos frutos (Huang & Zhao, 2024). A morfologia dos cladódios também é importante, visto que a forma e a posição dos cladódios estão diretamente relacionadas à produtividade e à qualidade dos frutos (Brito *et al.*, 2024).

Portanto, é essencial compreender a área fotossintética dos cladódios da pitaya, o que ainda não é viável por métodos de medição tradicionais, como o uso de equipamentos.

Diversos métodos podem ser utilizados para determinar a área foliar das culturas, sendo classificados como diretos, indiretos, destrutivos e não destrutivos. Os métodos diretos (destrutivos e não destrutivos) são precisos, porém exigem mais tempo, mão de obra e investimentos em equipamentos de alto custo (Goergen *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2023a). O método indireto não destrutivo permite a determinação da área foliar a partir de equações que utilizam o comprimento e a largura das folhas.

Diversos estudos determinaram a relação entre a área foliar e as dimensões das folhas em várias espécies de plantas, como batata-doce (Ribeiro *et al.*, 2024), *Spondias tuberosa* (Amorim *et al.*, 2024a), *Spondias* sp. (Amorim *et al.*, 2024b), *Cassia fistula* (Ribeiro *et al.*, 2023a), manjerição (Ribeiro *et al.*, 2022a), *Erythrina velutina* (Ribeiro *et al.*, 2022b) e

Lisianthus (Dias *et al.*, 2022). Esses trabalhos têm sido de grande relevância, fornecendo equações precisas para estimar a área foliar dessas plantas e apresentando metodologias que podem ser utilizadas sem a necessidade de destruição do material vegetal, tornando-as, assim, menos custosas para o pesquisador. A estimativa da área foliar por modelos de regressão é um método preciso e de fácil utilização, permitindo a execução do método em todas as fases vegetativas da planta (Carvalho *et al.*, 2017).

No caso de cactos, como a pitaya, essa determinação torna-se mais complexa devido à morfologia, uma vez que suas folhas são modificadas em cladódios. Portanto, a pitaya não se enquadra nos métodos tradicionais de determinação. Contudo, ainda é necessário desenvolver um método que auxilie na estimativa da área dos cladódios da pitaya. Assim, este estudo teve como objetivo determinar um método não destrutivo para predizer a área e o peso dos cladódios da pitaya utilizando as dimensões lineares dos cladódios (comprimento e largura).

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi conduzido no pomar experimental da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (Figura 1). O clima da região é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013), caracterizado como semiárido quente e seco, com altitude de 435 m, temperatura média anual acima de 25°C, radiação solar média global de 17,74 MJ m⁻² dia⁻¹, umidade relativa média de 64,85% e precipitação média anual de 653 mm (Bezerra *et al.*, 2020).

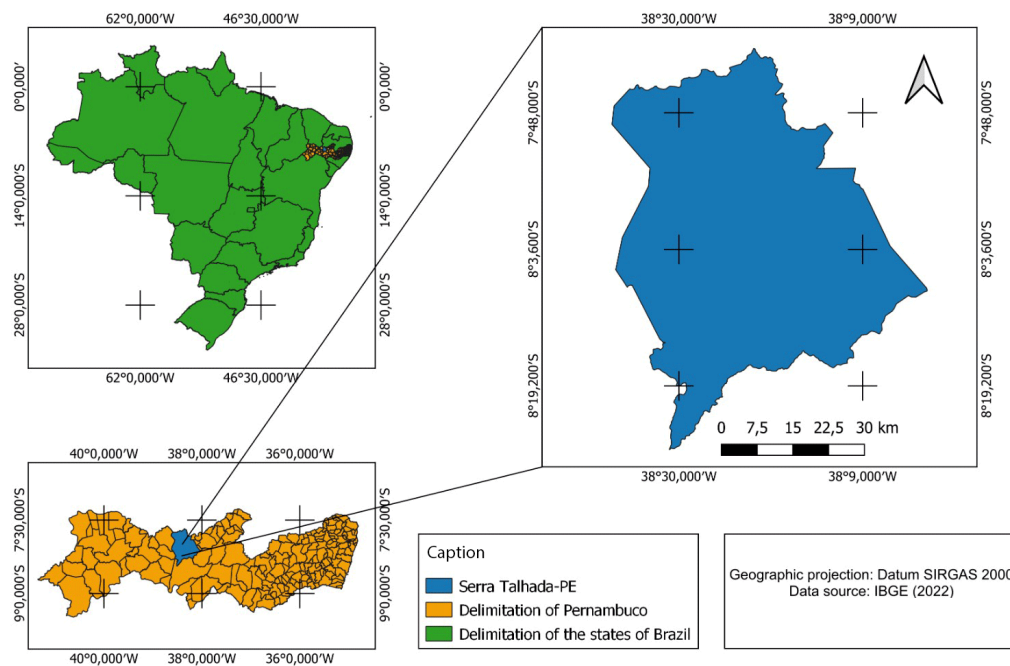


Figura 1. Mapa de localização de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, onde foram coletados os cladódios da pitaya vermelha. Fonte: A autora (2026).

4.2.2 Determinação da área do cladódio, Massa fresca e Massa seca

Um total de 101 cladódios de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus*, caracterizada por casca e polpa vermelhas, foram coletados, por meio da seleção de cladódios de vários tamanhos e formatos, livres de pragas, doenças e outros danos bióticos e abióticos (Figura 2).

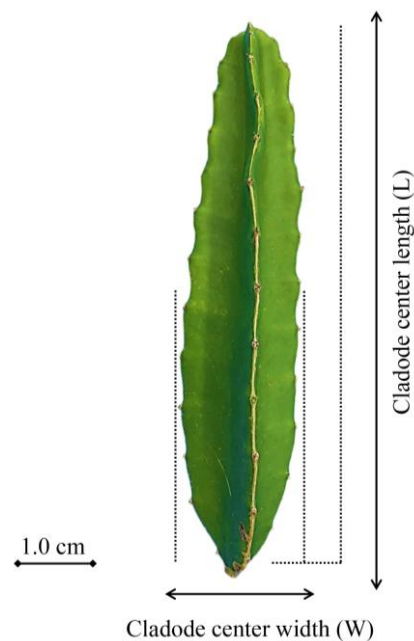


Figura 2. Dimensões lineares [comprimento (C) e largura (L)] do cladódio da pitaya vermelha. Fonte: A autora (2026).

Após a coleta, os cladódios foram levados ao laboratório de produção vegetal, onde as medições de massa fresca foram realizadas, pesando-se cada cladódio individualmente em uma balança semi-analítica e, em seguida, digitalizando-os em um *scanner* de mesa (HP DeskJet Ink Advantage 2874, Barueri, São Paulo, Brasil) com resolução de 600 DPI. Para essa avaliação, colocamos o cladódio sob o *scanner* e uma bandeja de plástico da cor branca sob o cladódio, formando, assim, um fundo de contraste para capturar a imagem do cladódio de forma clara (Anexo V). Os cladódios foram então levados para a estufa e secos a 60 °C por 168 horas. A massa seca foi determinada pesando-se os cladódios individualmente em uma balança semianalítica.

Os cladódios digitalizados foram processados utilizando o *software* ImageJ v. 1.53k com contraste de imagem, conforme descrito por Amorim *et al.* (2024a). Após o processamento, foram registradas as seguintes medidas: comprimento (C), equivalente à distância do ápice do cladódio até a inserção do pedúnculo; largura (L), referente à medida máxima perpendicular à área central; e área do cladódio (CA). O produto dos dados de C e L (CL) foi calculado.

Os modelos linear (Equação 1), linear sem intercepto (Equação 2) e potência (Equação 3) foram usados para estimar a área e o peso do cladódio, em que $\hat{y}$ corresponde à estimativa da área do cladódio (AC), massa fresca (MF) e massa seca (MS) como uma função de x (dimensões dos cladódios C, L e CL).

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$\hat{y} = \beta_1 \cdot x + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$\hat{y} = \beta_0 \cdot x^{\beta_1} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Para determinar os melhores modelos e equações de previsão, foram adotados os seguintes critérios: os maiores coeficientes de determinação (R^2) (Equação 4), coeficiente de correlação de Pearson (r) (Equação 5), índice de concordância de Willmott (d) (Equação 6), o menor critério de informação de Akaike (AIC) (Equação 7), erro quadrático médio (RMSE) (Equação 8) e erro absoluto médio (MAE) (Equação 9).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y'_i)^2} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)(x_i - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad (5)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{y}_i| + |y_i|)^2} \quad (6)$$

$$AIC = -2 \ln L(x \setminus \hat{\theta}) + 2(p) \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (8)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (9)$$

Onde $\hat{y}_i$ é área estimada do cladódio; y_i é área observada do cladódio; $\bar{y}_i$ é média dos valores observados; $\bar{y}$: $\hat{y}_i - y_i$; y' : $y_i - y$; $L(x \setminus \hat{\theta})$: função de máxima verossimilhança; p é número de parâmetros do modelo; n é número de observações; x_i e y_i são observações das variáveis x e y ; $\bar{x}$ e $\bar{y}$ é a média das variáveis x e y .

Foi realizada análise descritiva para determinar os valores máximo, mínimo e médio, a amplitude total, o desvio padrão e o coeficiente de variação. O teste t de Student para amostras pareadas, com probabilidade de até 5%, foi utilizado para comparar a área e o peso dos cladódios observados com aqueles estimados pela equação proposta. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o *software* R (R Core Team, 2023).

4.3 Resultados

A tabela 1 apresenta uma breve descrição dos parâmetros estatísticos utilizados inicialmente durante a pesquisa.

Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios, amplitude total, desvio padrão e coeficiente de variação do comprimento (C), largura (L), produto do comprimento pela largura (CL), área do cladódio (AC), massa fresca (MF) e massa seca (MS) da pitaya vermelha.

Estatística descritiva	C (cm)	L (cm)	CL (cm ²)	AC (cm ²)	MF (g)	MS (g)
Mínimo	4,34	1,83	9,95	6,40	3,44	0,300
Máximo	108,94	39,84	4120,11	546,55	588,09	79,94
Média	28,77	9,85	408,63	119,43	119,70	20,24
Amplitude total	104,59	38,01	4110,16	540,15	584,65	79,64
desvio padrão	19,22	7,06	671,63	91,98	107,96	13,86
CV. (%)	66,80	71,72	164,36	77,01	90,19	68,48

Fonte: A autora (2026).

Os cladódios coletados apresentaram comprimento (C) variando de 4,34 a 108,94 cm, com média de 28,77 cm e amplitude de 104,59 cm. A largura (L) variou de 1,83 a 39,84 cm, com média de 9,85 cm e amplitude de 38,01 cm. O produto do comprimento e largura do

cladódio (CL) variou de 9,95 a 4120,11 cm², com média de 408,63 cm² e amplitude de 4110,16 cm². A área do cladódio (AC) apresentou variação entre 6,40 e 546,55 cm², com média de 119,43 cm² e amplitude de 540,15 cm². A massa fresca (MF) variou de 3,44 a 588,09 g, com média e amplitude de 119,70 g e 584,65 g, respectivamente. A massa seca (MS) variou de 0,300 a 79,94 g, com média de 20,24 g e amplitude de 79,64 g. Os maiores coeficientes de variação foram registrados para o produto do comprimento e largura (CL) (164,36%) e massa fresca (MF) (90,19%) e os menores para comprimento (C) (66,80%) e MS (68,48%) (Tabela 1).

A Figura 3 mostra a dispersão entre as variáveis C, L, CL, AC, MF e MS, demonstrando diferentes relações entre elas, o que evidencia ajustes de modelos lineares e não lineares para estimar a área e o peso do cladódio.

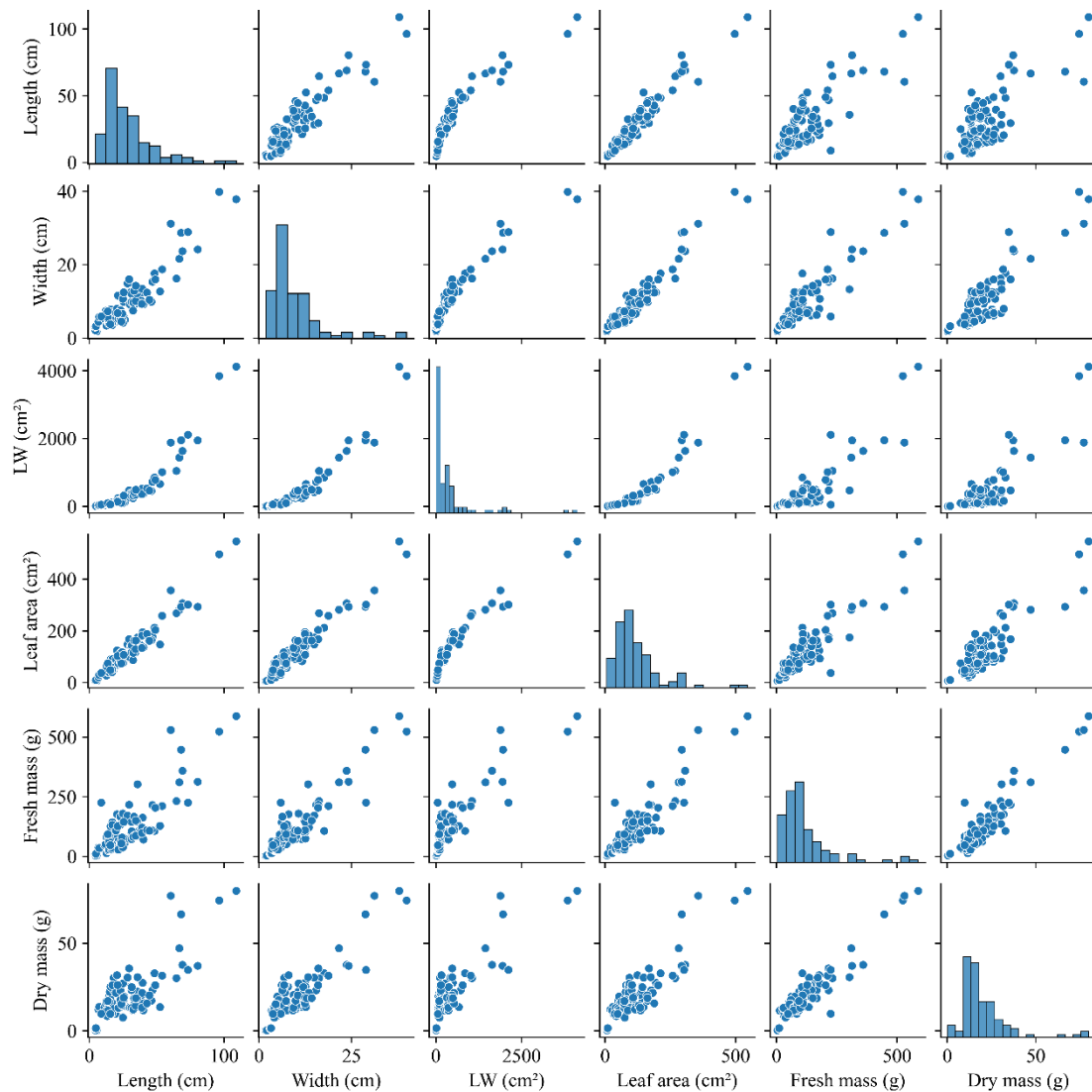


Figura 3. Histogramas e diagramas de dispersão entre comprimento, largura, produto comprimento/largura, área do cladódio, massa fresca e massa seca da pitaya vermelha. Fonte: A autora (2026).

É possível observar padrões lineares entre C e AC, L e AC, MF e AC, e MS e AC, além de padrões não lineares entre CL e AC. Em relação a MF, padrões lineares foram observados entre L e MF e entre AC e MF, e padrões não lineares foram encontrados entre C e MF e entre CL e MF. Para MS, padrões lineares foram observados entre L e MS e entre AC e MS, e padrões não lineares foram encontrados entre C e MS e entre CL e MS. Assim, foi possível utilizar modelos lineares e não lineares para prever AC, MF e MS dos cladódios da pitaya.

A Tabela 2 apresenta os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos critérios estatísticos para prever a área do cladódio da pitaya vermelha.

Tabela 2. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e CL) da pitaya vermelha na estimativa da área do cladódio.

Modelo	x ¹	R ²	r	d	AIC	RMSE	MAE	Equação
Linear	C	0,9282	0,9638	0,9812	929,69	24,52	18,38	AC = - 13,28 + 4,61 * C
Linear	L	0,9291	0,9642	0,9815	928,43	24,36	18,62	AC = - 4,23 + 12,55 * L
Linear	CL	0,8909	0,9444	0,9706	971,54	30,22	24,56	AC = 66,57 + 0,1293 * CL
Linear (0,0)	CL	0,8156	0,9444	0,9706	1120,84	30,22	24,56	AC = 0,1734 * CL
Potência	C	0,9333	0,9661	0,9826	923,56	23,78	18,07	AC = 2,696 * C ^{1,119}
Potência	L	0,9296	0,9642	0,9814	928,66	24,39	18,66	AC = 11,445 * L ^{1,024}
Potência	CL	0,9680	0,9838	0,9917	849,82	16,44	12,40	AC = 5,577 * CL ^{0,541}

Fonte: A autora (2026). C: comprimento; L: largura; CL: produto do comprimento e largura.

Para AC, o modelo com melhor ajuste foi o modelo de potência, utilizando CL ($AC = 5,577 * CL^{0,541}$) e com os melhores critérios observados para o coeficiente de determinação (R^2 : 0,9680), coeficiente de correlação linear de Pearson (r: 0,9838) e índice de concordância de Willmott (d: 0,9917) e valores mais baixos do critério de informação de Akaike (AIC: 849,82), raiz do erro quadrático médio (RMSE: 16,44) e erro absoluto médio (MAE: 12,40) (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos critérios estatísticos para prever a massa fresca do cladódio da pitaya vermelha.

Tabela 3. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e CL) da pitaya vermelha na estimativa de massa fresca

Modelo	x ¹	R ²	r	d	AIC	RMSE	MAE	Equação
Linear	C	0,6761	0,8242	0,8981	1112,39	61,13	44,89	MF = -13,52 + 4,63 * C
Linear	L	0,8285	0,9111	0,9522	1048,83	44,48	30,54	MF = -17,46 + 13,92 * L
Linear	CL	0,7736	0,8808	0,9336	1076,57	51,10	37,80	MF = 61,84 + 0,14 * CL

Linear (0,0)	CL	0,7900	0,8808	0,9336	1147,26	51,10	37,80	MF = 0,1825 * CL
Potência	C	0,6980	0,8354	0,9089	1107,57	59,67	42,82	MF = 1,95 * C ^{1,201}
Potência	L	0,8354	0,9140	0,9543	1045,85	43,82	30,05	MF = 8,50 * L ^{1,138}
Potência	CL	0,7960	0,9822	0,9422	1067,55	48,85	33,81	MF = 4,04 * CL ^{0,591}

Fonte: A autora (2026). C: comprimento; L: largura; CL: produto do comprimento e largura.

Para estimar MF, o modelo de potência também foi melhor ajustado quando L foi usado ($MF = 8,50 * L^{1,138}$), registrando o melhor coeficiente de determinação (R^2 : 0,8354) e correlação linear de Pearson (r : 0,9140), o maior índice de concordância de Willmott (d : 0,9543) e o menor critério de informação de Akaike (AIC: 1045,85), erro quadrático médio (RMSE: 43,82) e erro absoluto médio (MAE: 30,05) (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos critérios estatísticos para prever a massa seca do cladódio da pitaya vermelha.

Tabela 4. Modelos de regressão, coeficiente de determinação (R^2), correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), critério de Akaike (AIC), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro absoluto médio (MAE), para as dimensões lineares (C, L e CL) da pitaya vermelha na estimativa de massa seca.

Modelo	x ¹	R ²	r	d	AIC	RMSE	MAE	Equação
Linear	C	0,5998	0,7770	0,8660	723,10	8,72	6,50	MS = 4,11 + 0,56 * C
Linear	L	0,7904	0,8902	0,9399	658,44	6,31	4,86	MS = 3,03 + 1,74 * L
Linear	CL	0,7316	0,8568	0,9187	683,17	7,14	5,21	MS = 13,01 + 0,017 * CL
Linear (0,0)	CL	0,7069	0,8568	0,9187	804,15	7,14	5,21	MS = 0,0263 * CL
Potência	C	0,5914	0,7690	0,8674	727,28	8,91	6,66	MS = 1,05 * C ^{0,88}
Potência	L	0,7856	0,8863	0,9395	662,64	6,45	5,04	MS = 2,49 * L ^{0,91}
Potência	CL	0,7188	0,8478	0,9171	689,73	7,38	5,61	MS = 1,50 * CL ^{0,46}

Fonte: A autora (2026). C: comprimento; L: largura; CL: produto do comprimento e largura.

Para a estimativa de MS, o modelo com melhor ajuste foi o modelo linear usando L ($MS = 3,03 + 1,74 * L$), onde a equação obtida apresentou o melhor coeficiente de determinação (R^2 : 0,7904), coeficiente de correlação linear de Pearson (r : 0,8902) e índice de concordância de Willmott (d : 0,9399) e o menor critério de informação de Akaike (AIC: 658,44), raiz do erro quadrático médio (RMSE: 6,31) e erro absoluto médio (MAE: 4,86) (Tabela 4).

Nas Figuras 4 e 5, podemos observar o ajuste dos modelos de potência e lineares estabelecidos pelos critérios estatísticos para a estimativa da área do cladódio, da massa fresca e seca.

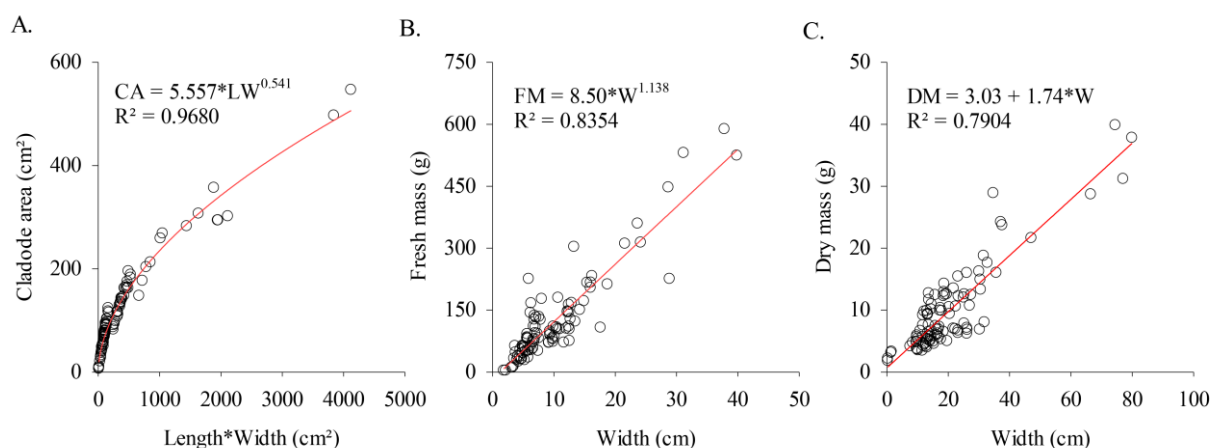


Figura 4. Relação entre a área do cladódio observada e o produto do comprimento pela largura A; entre a massa fresca e a largura B; e entre a massa seca e a largura C da pitaya vermelha nos modelos de potência e lineares. Fonte: A autora (2026).

As equações ajustaram-se aos modelos, visto que houve pouca dispersão dos dados (Figura 4), indicando que estimaram satisfatoriamente a área do cladódio e o peso da pitaya. No entanto, para o peso estimado e observado da planta (Figura 5) os coeficientes de determinação (R^2) indicaram menor precisão do que a observada para a AC.

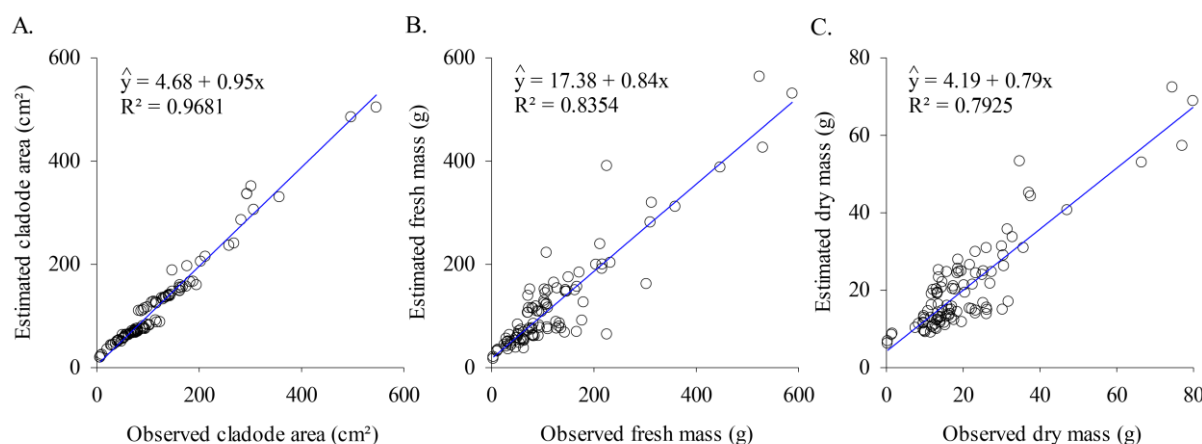


Figura 5. Relação e comparação da área do cladódio observada A; massa fresca B; e massa seca C; com a área do cladódio, massa fresca e massa seca estimadas, utilizando os modelos de potência e linear a partir do comprimento e largura da pitaya vermelha. Fonte: A autora (2026).

4.4 Discussão

A significativa variabilidade encontrada nas medidas alométricas da pitaya (Tabela 1) é necessária para maior representatividade da amostra. De acordo com Ribeiro *et al.* (2023a), essa variabilidade permite melhor construção de equações alométricas precisas, que podem ser utilizadas para prever a área foliar (AF) e a massa foliar (MF) dos cladódios em diferentes

fases fenológicas do ciclo de vida da cultura de forma não destrutiva. Assim, é possível prever que o número de cladódios utilizado neste estudo (101 cladódios) foi adequado para a construção de modelos de predição da área foliar e da massa foliar da pitaya (Ribeiro *et al.*, 2023b).

A distribuição da dispersão entre as variáveis analisadas, demonstrando relações lineares e não lineares, tem sido comumente observada em outros estudos envolvendo culturas frutíferas, como o umbu (*Spondias tuberosa*) (Amorim *et al.*, 2024a) e o sapotizeiro (*Manilkara zapota* L.) (Ribeiro *et al.*, 2023c), e até mesmo espécies ornamentais, como a *Thunbergia grandiflora* Roxb (Mela *et al.*, 2022). No entanto, estudos sobre cactos ainda precisam ser disponibilizados.

De acordo com o coeficiente de determinação (R^2) das equações obtidas, ao menos 79% da variação observada na área foliar e na massa das plantas dos cladódios de pitaya foram explicados pelos modelos construídos a partir das dimensões lineares dos cladódios (Ribeiro *et al.*, 2023d). Segundo Sala *et al.* (2023), a determinação da área foliar por meio de métodos não destrutivos baseados em modelos matemáticos requer alta velocidade e precisão derivadas de parâmetros estatísticos (R^2 , RMSE, r). Entretanto, outros estudos já demonstraram valores de R^2 inferiores aos obtidos para a predição da área foliar, corroborando, assim, o presente estudo (Huaccha-Castillo *et al.*, 2023).

A predição do peso dos cladódios também foi possível a partir de modelos de regressão linear e não linear. Este método tem sido apontado como mais simples e útil para o estudo da fisiologia e do comportamento agrônomo da cultura (Salazar *et al.*, 2018). Em um estudo com Nopaleae, Leite *et al.* (2020) também determinaram o peso do cladódio de *N. cochenillifera* (palma forrageira) a partir de dimensões lineares, como comprimento (C) e largura (L), por meio de um modelo de potência. Lucena *et al.* (2021) constataram que o modelo que melhor representou o peso da palma forrageira foi o gama. De acordo com Sabouri e Hassanpour (2015), dimensões lineares, baseadas em modelos de funções simples, podem estimar a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) de culturas. Comparados aos métodos tradicionais que exigem equipamentos caros e destrutivos, esses modelos alométricos oferecem alternativas não invasivas e de baixo custo. Eles fornecem precisão suficiente, reduzindo a necessidade de recursos especializados, o que os torna adequados para pesquisa e aplicações em campo.

Estudos futuros devem se concentrar na comparação desses modelos alométricos em diversas condições ambientais e agrônomicas, o que forneceria informações valiosas sobre sua aplicabilidade mais ampla e refinaria sua precisão.

4.5 Conclusões

A área foliar e o peso do cladódio podem ser estimados com precisão por meio de equações alométricas utilizando as dimensões lineares dos cladódios. Para a área foliar do cladódio, a equação que melhor se ajustou foi $AC = 5,577 * CL^{0,541}$, a partir do comprimento (C) e da largura (L) do cladódio. Para o peso da parte vegetal, as equações que mais se ajustaram foram $MF = 8,50 * L^{1,138}$ e $MS = 3,03 + 1,74 * L$ para massa fresca (MF) e massa seca (MS), respectivamente, com base na largura (L) do cladódio. Assim, essas equações podem ser utilizadas como um método não destrutivo para prever a área, a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) dos cladódios da pitaya, beneficiando produtores e pesquisadores que não dispõem de equipamentos dispendiosos. No entanto, estudos futuros devem validar e aprimorar esses modelos em diferentes condições de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., MORAES GONÇALVES, J. L., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013, <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- aAMORIM, P. E. C., PEREIRA, D. F., FREIRE, R. I. S., OLIVEIRA, A. M. F., MENDONÇA, V., & RIBEIRO, J. E. S. A non-destructive method for leaflet area prediction of *Spondias tuberosa* Arruda: An approach to regression models. **Bragantia**, v. 83, p. 1-12, 2024, <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230269>
- bAMORIM, P. E. C., OLIVEIRA, A. M. F., LIMA, J. L., SÁ, F. V. S., MENDONÇA, V., & RIBEIRO, J. E. S. Allometric models for non-destructive estimation of leaflet area of umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 48, p. 1-7, 2024, <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448009924>
- BEZERRA, A. C., SILVA, J. L. B., SILVA, D. A. O., BATISTA, P. H. D., PINHEIRO, L. C., LOPES, P. M. O., & MOURA, G. B. A. Monitoramento espaço-temporal da detecção de mudanças em vegetação de Caatinga por sensoriamento remoto no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 286-301, 2020, <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p286-301>
- BRITO, L. P. S., OLIVEIRA, E. R., LUIS, P. H. D., RAMOS, J. D., ALMEIDA, L. G. F., & SANTOS, V. A. Production performance of *Hylocereus polyrhizus* based on cladode size and position. **Comunicata Scientiae**, v. 15, p. 1-7, 2024, <https://doi.org/10.14295/cs.v15.3547>
- CARVALHO, J. O., TOEBE, M., TARTAGLIA, F. L., BANDEIRA, C. T., & TAMBARA, A. L. Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea*

plants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1851-1868, 2017, <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170077>

CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. **Pitaia no Brasil: nova opção de cultivo**. Epagri. 2022

DIAS, M. G.; SILVA, T. I.; RIBEIRO, J. E. S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Allometric models for estimating the leaf area of lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) using a non-destructive method. **Revista Ceres**, v. 69, n. 1, p. 7-12, 2022, <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269010002>

GOERGEN, P. C. H.; LAGO, I.; SCHWAB, N. T.; ALVES, A. F.; FREITAS, C. P. O.; SELLI, V. S. Allometric relationship and leaf area modeling estimation on chia by non-destructive method. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 5, p. 305-311, 2021, <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n5p305-311>

HUACCHA-CASTILLO, A. E. *et al.* Non-destructive estimation of leaf area and leaf weight of *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) based on linear models. **Forest Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 59-67, 2023. <https://doi.org/10.1080/21580103.2023.2170473>

HUANG, M., ZHAO, J. Recent advances in postharvest storage and preservation technology of pitaya (dragon fruit). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 99, n. 2, p. 115-129, 2024, <https://doi.org/10.1080/14620316.2023.2263757>

LEITE, M. L. M. V. *et al.* Cladode area and weight of *Napolea cochenillifera* clone A as function of morphometric characteristics. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 22, p. 18-28, 2020, <https://doi.org/10.56890/jpacd.v22i.15>

LUCENA, L. R. R. *et al.* Estimating the area and weight of cactus forage cladode using linear dimensions. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, p. 1-10, 2021, <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.45460>

MELA, D. *et al.* Estimation of *Thunbergia grandiflora* leaf area from allometric models. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. 1-6, 2022, <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3722>

MITSUI, Y. **Tamanho do mercado de fruta do dragão e análises de ações – tendências e previsões de crescimento (2024–2029)**. Epagri. 2024, <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/dragon-fruit-market>

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Shade improves growth, photosynthetic performance, production and postharvest quality in red pitahaya (*Hylocereus costaricensis*). **Scientia Horticulturae**, v. 286, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110217>

PATEL, D. P. *et al.* Dragon fruit: A health potential and remunerative fruit crop for Chhattisgarh. **The Pharma Innovation Journal**, v. 12, n. 11, p. 1513-1520, 2023.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2023.

- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Estimation leaf area of basil cultivars through linear dimensions of leaves. **Ceres**, v. 69, n. 2, p. 139-147, 2022. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269020003>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Leaf area of *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) by using allometric equations. **Floresta**, v. 52, n. 1, p. 93-102, 2022. <https://doi.org/10.5380/rf.v52i1.78059>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* A non-destructive method for predicting the leaflet area of *Cassia fistula* L: An approach to regression models. **South African Journal of Botany**, v. 163, p. 30-36, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.10.016>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Artificial neural network approach for predicting the sesame (*Sesamum indicum* L.) leaf area: A non-destructive and accurate method. **Heliyon**, v. 9, n. 7, p. 1-12, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17834>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Nondestructive method for estimating the leaf area of sapodilla from linear leaf dimensions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 209-215, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p209-215>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Allometric equations for estimating the leaf area of *Thespesia populnea* by linear dimensions of leaf blades. **Iheringia. Série Botânica**, v. 78, p. 1-8, 2023. <https://doi.org/10.21826/2446-82312023v78e2023012>
- RIBEIRO, J. E. S. *et al.* Leaf area prediction of sweet potato cultivars: An approach to a non-destructive and accurate method. **South African Journal of Botany**, v. 172, p. 42-51, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.07.006>
- SABOURI, A.; HASSANPOUR, Y. Prediction of leaf area, fresh and dry weight in stinging nettle (*Urtica dioica*) by linear regression models. **Medicinal & Aromatic Plants**, v. 4, n. 2, p. 1-6, 2015. <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000188>
- SALA, F.; DOBREI, A.; HERBEI, M. V. Leaf area calculation models for vines based on foliar descriptors. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants10112453>
- SALAZAR, J. C. S. *et al.* Non-destructive estimation of the leaf weight and leaf area in cacao (*Theobroma cacao* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 19-24, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.034>
- TRINDADE, A. R. *et al.* Pitaya is a new alternative crop for Iberian Peninsula: Biology and edaphoclimatic requirements. **Plants**, v. 12, n. 18, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12183212>
- VERONA-RUIZ, A.; URCIA-CENA, J.; PAUCAR-MENACHO, L. M. Pitahaya (*Hylocereus* spp) culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. **Scientia Agropecuaria**, v. 11, n. 3, p. 439-453, 2020. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

5. VIABILIDADE E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DE UM CULTIVO DE PITAYA SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA E CONSÓRCIO COM CAPIM ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU EM AMBIENTE DE SERTÃO

RESUMO

A produção de pitaya no Brasil tem crescido nos últimos anos, mas requer práticas de manejo que possa torná-la viável economicamente em regiões de clima semiárido. Neste contexto, o objetivo principal deste estudo foi avaliar a influência de doses de fertilizante orgânico e o consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu na viabilidade e eficiência econômica de um plantio de pitaya em região semiárida. O estudo foi conduzido em uma área experimental de pitaya adubada com doses de fertilizante orgânico (0,0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu em ambiente semiárido. Foram avaliados o fluxo de caixa do plantio, a produtividade, a receita total, o lucro líquido, o ponto de equilíbrio, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, a taxa de lucratividade e o período de *payback*, bem como análise de sensibilidade. O investimento inicial variou de R\$ 55.561,06 a R\$ 55.619,37, a depender do sistema de cultivo. O plantio foi considerado eficiente com aumento de produtividade a partir da dose de adubação utilizada, mas com redução de 35% no sistema consorciado. Com a dose de 21,33 kg planta⁻¹, o produtor passará a ter lucro nos dois sistemas de consórcio. A viabilidade do sistema ocorreu a partir da dose de 49,33 kg planta⁻¹, com maiores valores de valor presente líquido, taxa interna de retorno, lucratividade e menor tempo de retorno do investimento. A análise de sensibilidade demonstrou que o plantio orgânico de pitaya é sensível a alterações no preço por quilo do fruto. A dose recomendada de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino, independentemente do sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu, pode ser utilizada para produzir um plantio de pitaya eficiente e economicamente viável.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*; Cactaceae, estudo econômico, fertilizante orgânico, semiárido.

5.1 Introdução

No Brasil, a pitaya (*Hylocereus spp*) tem apresentado aumento da produção nos últimos anos, atingindo 2.924 toneladas de frutos em 2022 (Cruz e Martins 2022). Segundo dados do Relatório de Tendências e Previsões de Crescimento da Pitaya, o aumento pode chegar a 4,40% até 2029 (Mitsui, 2024). O preço do fruto por quilo atinge valores elevados no mercado, influenciado pela sazonalidade do ciclo e pela lei da oferta e da procura. Segundo Faleiro (2022), em meses de alta oferta o produtor vende o quilo da fruta por R\$ 38,08, podendo chegar a R\$ 54,40. Entretanto, na entressafra, com oferta reduzida, esse preço pode chegar a R\$ 163,20 o quilo.

Dessa forma, é evidente que o sistema produtivo desse cacto frutífero é rentável e promissor, no entanto acreditamos que a variação do preço do fruto se deve a técnicas produtivas que otimizem sua produção e viabilidade econômica durante todo o ano, principalmente em regiões de clima árido e semiárido.

Dentre as práticas de manejo comprovadamente eficientes em termos econômicos estão a adubação orgânica e o consórcio entre culturas, que maximizam a eficiência do solo e fornecem fontes alternativas de rendimento financeiro para o produtor (Guerra *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2025). Estudos demonstram a relação entre a adubação com fontes naturais de fertilizantes e a sustentabilidade econômica das plantações, indicando inclusive doses e combinações ideais de fertilizantes orgânicos que promovem maior produtividade, lucro líquido e máxima eficiência econômica das culturas (Jjagwe *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2022; Zhai *et al.*, 2022; Ali *et al.*, 2023).

No caso da pitaya, as pesquisas indicam que a adubação orgânica aumenta a produtividade da cultura, resultando em relação custo x benefício satisfatória a depender da dose de fertilizante utilizada. Esse resultado é atribuído à melhoria das propriedades do solo e à disponibilidade de N, P e K (Chen *et al.*, 2022). De acordo com Belbase e Bhaskar (2025) a utilização de compostos orgânicos em cultivos melhora a aeração do solo, a retenção de água e a ciclagem de N, resultando em um ambiente ideal para o crescimento das raízes, o que para as pitayas se torna essencial, visto que seu sistema radicular é superficial e sensível a compactação, ao sal e a desequilíbrios de nutrientes.

O conforto térmico também é fator primordial para o desenvolvimento e produtividade de plantas de pitaya, partindo do pressuposto de que ela é endêmica de regiões sombreadas e para alta eficiência vegetativa em regiões de clima quente é necessária a utilização de técnicas de sombreamento (Oliveira *et al.*, 2021). Atualmente, os estudos se concentram na utilização

de telas de sombrite no cultivo. No entanto, de acordo com Kabir *et al.* (2024), esse material representa um custo a mais de instalação para o produtor, além da manutenção, tornando o sistema produtivo ainda mais oneroso. Uma alternativa seria então o consórcio entre culturas de alto porte, uma vez que essa prática possibilita melhor utilização dos recursos do sistema em uma escala temporal e espacial (Chimonyo *et al.*, 2018).

Jardim *et al.* (2021) estudaram o consórcio entre espécies de cactos forrageiros e sorgo, culturas que possuem metabolismo distinto, porém adaptadas a condições de déficit hídrico, o que lhes confere alto rendimento de biomassa, eficiência no uso de nutrientes, água e radiação e alto retorno econômico. Salvador *et al.* (2024), por sua vez, avaliaram o consórcio entre cactos forrageiros e sorgo forrageiro, milho e ervilha-de-porco. Os autores comprovaram que o sistema consorciado possibilitou maior receita bruta proveniente da maior produtividade em termos de forragem no sistema consorciado.

Dentro desse contexto, o capim elefante cv. BRS Capiáçu é uma gramínea forrageira de alto potencial de produção de biomassa e versatilidade de uso, possuindo touceiras eretas de até quatro metros de altura e resistência ao tombamento (Pereira *et al.*, 2021). Além disso, de acordo com estudo de Lelis *et al.* (2025), o menor tempo de rebrota de 75 a 90 dias agrega valor nutricional quando utilizado como silagem. Em estudo sobre a viabilidade econômica do seu plantio, Tupy *et al.* (2023) comprovaram que devido à alta produção de matéria seca da cultivar há grande economia no plantio, além de ser um sistema de longa vida útil.

Dessa forma, a hipótese do trabalho é de que um sistema produtivo de pitaya adubada com esterco bovino e utilizando capim elefante cv. BRS Capiáçu para o conforto térmico das plantas pode resultar em maior produtividade e receita bruta no plantio, possibilitando um sistema com retorno financeiro eficiente e agregação de valor.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a influência de doses de adubação orgânica e o consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu na viabilidade e eficiência econômica de um plantio de pitaya em região semiárida.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi desenvolvido a partir de um experimento conduzido no pomar experimental de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) (Anexo VI) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco,

Brasil. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 7° 57' 15" de latitude sul e 38° 17' 41" de longitude oeste, com altitude aproximada de 498 metros (Figura 1).

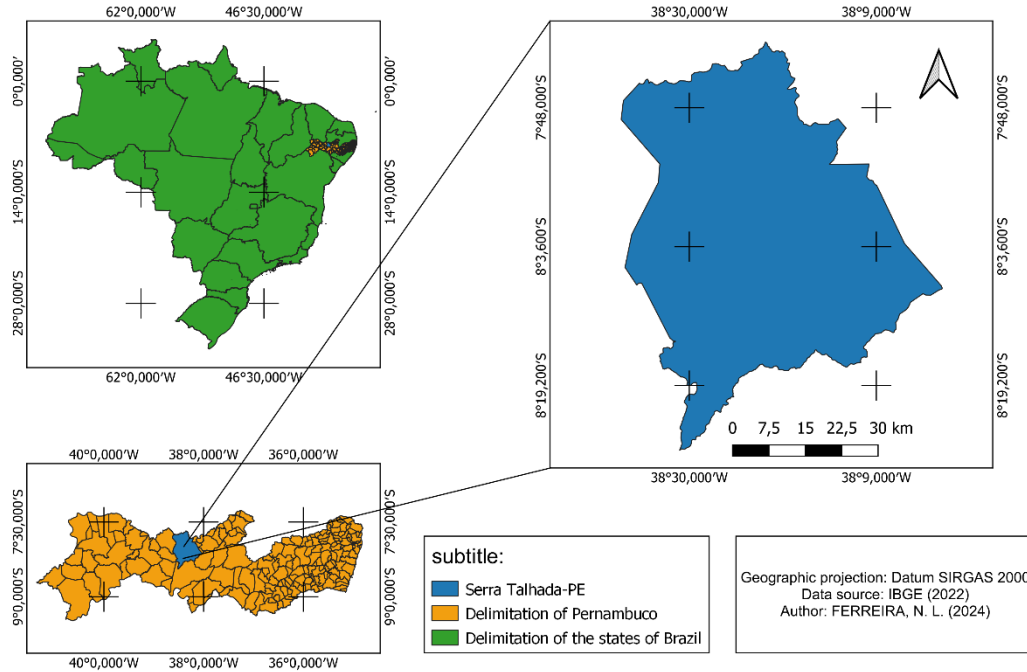


Figura 1. Localização geográfica do município de Serra Talhada no estado de Pernambuco, Brasil. Fonte: A autora (2025).

Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima BSh', caracterizado como semiárido quente e seco (Alvares *et al.*, 2014), com temperatura média anual oscilando entre 23 e 27 °C, radiação global média de 17,74 MJ m⁻², umidade relativa média de 64,85% e precipitação média anual de 653 mm (Bezerra *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2020).

Os dados meteorológicos para cálculo da evapotranspiração do ar dos dois ciclos foram obtidos por meio das Estações Meteorológicas Automáticas de Serra Talhada, PE, e Salgueiro, PE, pelo site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e calculados por meio do programa DataMetProcess (Santos *et al.*, 2016), seguindo a Equação 1 (Figura 2).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{t + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Onde Δ = curva de pressão de vapor de saturação à temperatura do ar (hPa °C⁻¹); R_n = radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); t = temperatura média diária do ar (°C); u_2 = velocidade do vento em 2 m de altura (m s⁻¹); $e_s - e$ = déficit de pressão de vapor (hPa); γ = constante psicrométrica (hPa °C⁻¹).

Na Figura 2, são apresentados os dados de evapotranspiração de referência diária dos dois ciclos produtivos, mensurados em mm dia^{-1} .

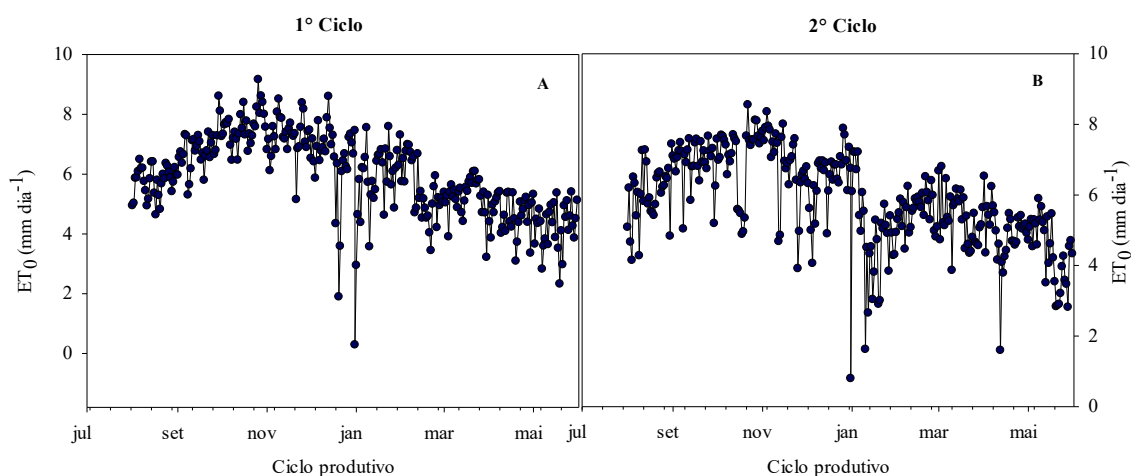


Figura 2. Evapotranspiração de referência registrada durante os dois ciclos produtivos de um plantio de pitaya sob adubação orgânica (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta^{-1}) e sistema de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu. Fonte: A autora (2026).

As maiores magnitudes de ET_0 ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2023 para o 1º ciclo e entre novembro e dezembro de 2024 para o 2º ciclo (Figura 2A e B), com médias de $5,9 \text{ mm dia}^{-1}$ e $5,8 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente.

5.2.2 Condições de campo

O experimento avaliou cinco diferentes doses de fertilizante orgânico (esterco bovino) e duas condições de consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáu no cultivo de pitaya vermelha em condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. As doses incluíram: 0,0 $\text{kg de esterco bovino planta}^{-1}$, 5,33 $\text{kg de esterco bovino planta}^{-1}$, 10,66 $\text{kg de esterco bovino planta}^{-1}$, 21,33 $\text{kg de esterco bovino planta}^{-1}$, e 49,33 $\text{kg de esterco bovino planta}^{-1}$.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições e sob parcelas subdivididas, sendo a parcela principal composta pelas doses de adubo orgânico, e as subparcelas, pela presença do capim elefante cv. BRS Capiáu. Cada parcela era composta por quatro plantas em espaçamento de 3,0 m x 2,0 m e o experimento completo possuía 25 parcelas, com um total de 100 plantas distribuídas em 600 m^2 .

5.2.3 Caracterização econômica

Neste trabalho, foi utilizada abordagem de orçamento determinístico, que não envolve estimativas probabilísticas para a obtenção de resultados específicos. Essa metodologia ignora

riscos de médio a longo prazo (Ballen e Blare, 2023). Em seguida, consideramos cinco possíveis cenários de risco usando a metodologia de orçamento estocástico, recomendada para lidar com a aleatoriedade e a incerteza do cultivo de pitaya (Ningsih *et al.*, 2020). Todos os valores discutidos no artigo foram convertidos para a taxa de câmbio atual do dólar (US\$ 5,44).

5.2.4 Coleta de dados orçamentários

Inicialmente, foi realizado o levantamento dos preços de todos os materiais, máquinas, insumos e serviços necessários para estabelecer uma plantação orgânica de pitaya, levando em consideração desde o preparo do solo até a produtividade final da plantação, com base na produtividade do experimento em dois ciclos produtivos, 2023/2024 e 2024/2025. O preço do esterco foi determinado a partir do valor de uma carrada de esterco comercializada na região de estudo. Também foram realizadas entrevistas informais com produtores locais de frutas na região de estudo para coletar informações sobre preços, produtividade e outras características relevantes específicas do cultivo local.

5.2.5 Determinação dos critérios contábeis

Consideramos um imposto de 1,5% para perdas e devoluções de mercadorias, 5% de depreciação para todas as máquinas e 20% para o trabalhador, conforme aplicado pelo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), de acordo com o Decreto nº 3.048/99 (Brasil, 1999). O custo de oportunidade do capital e o custo de oportunidade da terra são considerados nos cálculos utilizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária para determinar o valor de 1 hectare de terra no estado de Pernambuco. Um imposto sobre lucros de 27,5%, de acordo com a Lei nº 13.149, de 21 de julho de 2015 (Brasil, 2015), também foi considerado.

5.2.6 Indicadores de eficiência econômica

A produtividade do cultivo foi mensurada a partir de dados colhidos da área experimental nos ciclos produtivos de 2023/2024 e 2024/2025. Todos os valores foram extrapolados para 1 ha. A receita bruta consistiu na multiplicação dos quilos de frutos produzidos pelo preço médio de R\$ 22,00/kg estabelecido para esse trabalho. O preço médio (R\$ 22,00) para o presente estudo foi baseado na média de preços utilizados pelos produtores da região, os quais variam de R\$ 15,00/kg, quando a oferta de frutos é alta, a R\$ 29,00/kg, quando há uma oferta mais reduzida.

Os custos fixos e variáveis totais consideraram os custos de instalação do sistema, de encargos, salários, depreciação de equipamentos, manutenção do sistema, dentre outros. O

custo total consistiu no somatório dos custos fixos e variáveis totais. O lucro líquido é o resultado da subtração da receita bruta pelos impostos e encargos do sistema.

5.2.7 Indicadores de viabilidade financeira

Para calcular o VPL (Valor Presente Líquido), o qual determina o valor do fluxo de caixa na data presente, utilizamos a Equação (2)

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (2)$$

Onde:

-I: investimento de capital na data zero;

FC_t: retorno na data do fluxo de caixa;

n: período de análise do projeto;

K: taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade

O VPL foi calculado utilizando a Taxa mínima de atratividade (TMA) de 15,5 %, considerada a mais adequada para projetos agrícolas de frutíferas em longo prazo e de alta incerteza, como é o caso da pitaya e por representar a taxa Selic em vigência no momento da pesquisa (Santos, 2013).

Calculando o VPL: 0 na Equação (2) obtém-se a taxa interna de retorno (TIR) na Equação (3)

$$0 = -1 + 0 = I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+IRR)^t} \quad (3)$$

O ponto de equilíbrio é definido como o nível de vendas em que a receita total se iguala ao custo total. Dessa forma, quando a receita total for inferior ao ponto de equilíbrio, ocorre prejuízo, e quando esta for superior ao ponto de equilíbrio é gerado lucro, calculado pela Equação 4 (Liang *et al.*, 2021).

$$QEEP: \frac{F}{P-V} \quad (4)$$

Onde:

F: Custos fixos;

P: Preço de venda por unidade;

V: Custo variável por unidade

Para se obter o ponto de equilíbrio em kg, calculamos o resultado da Equação 4 pela produtividade.

A lucratividade é a razão entre o lucro total e a receita total, e o tempo de retorno (*payback*) representa o tempo necessário para recuperar o capital investido. A relação custo x benefício (B/C) foi calculada a partir da Equação 5, levando-se em consideração os custos equivalentes a cada tratamento e a receita total obtida. Quando a B/C é maior que 1, o sistema é considerado viável financeiramente (Rodrigues *et al.*, 2009).

$$B/C = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (5)$$

Onde:

R_j: receitas do período j;

C_j: custos do período j;

i: taxa de juros.

5.2.8 Análise de sensibilidade

Estabelecemos cinco cenários possíveis para a análise de sensibilidade. Segundo Virgens *et al.* (2015), a análise de sensibilidade é uma forma de projetar cenários possíveis que podem contextualizar uma situação real, considerando variações na produção, preço e comercialização das culturas. Para esta análise, consideramos os indicadores VPL, ponto de equilíbrio e tempo de retorno do investimento (*payback*) de acordo com os seguintes cenários:

Cenário 1: Representa as condições avaliadas no estudo;

Cenário 2: Reflete uma redução de 35% da produtividade no sistema consorciado;

Cenário 3: Considera uma redução de preço de 77% com base nos padrões de preços regionais;

Cenário 4: Ilustra um aumento dos custos de instalação envolvendo estacas de alvenaria;

Cenário 5: Abrange uma redução de 35% da produção, uma redução de 77% no preço de comercialização e um aumento dos custos de instalação.

5.2.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro–Wilk e de homogeneidade e análise de variância ($p < 0,05$), ajustando-se regressão de modelo quadrático para as doses de adubação e teste de Tukey a 5% de probabilidade para o sistema de cultivo, quando não observada interação entre os fatores. Para a realização da análise estatística utilizou-se o programa estatístico R (R Core Team, 2023) e para a confecção dos gráficos utilizou-se o programa SigmaPlot version 12.0.

5.3 Resultados

5.3.1 Eficiência econômica

A tabela 1 apresenta a descrição dos custos operacionais para implantar e manejar 1 ha de pitaya, com custos de adubação variando a depender da dose e o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiçu.

Tabela 1. Custos operacionais (\$) de uma plantação de 1 ha de pitaya vermelha com diferentes doses de fertilizante orgânico e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu.

Instalação					
Itens	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Participação (%)
Estacas	Un	1666	5,00	8.330,00	14,9
Treliça	M	170	95,90	16.303,00	29,3
Pneus	Un	1666	0,00	0,00	0,0
Mudas de pitaya	Un	1666	10,00	16.660,00	29,9
Fitilhos	Rolo	1	15,90	15,90	0,02
Sistema de irrigação	-	-	-	7.289,62	13,1
Preparo do solo	-	-	580,00	580,00	1,0
Custo de instalação	dia/trabalho	83	44,08	3.658,64	6,5
Total				52.837,16	95,0
Adubação anual					
Dose 0	kg	0,00	0,00	0,00	
Dose 5,33	kg	8.879,78	0,03	266,39	
Dose 10,66	kg	17.759,56	0,03	532,78	
Dose 21,33	kg	35.535,78	0,03	1.066,07	
Dose 49,33	kg	82.183,78	0,03	2.465,51	
Consórcio					
Mudas de capim	un	833	0,07	58,31	
Total				58,31	
Máquinas e equipamentos					

Roçadeira	Un	1	799,00	799,00	1,4
Pulverizador	Un	1	367,69	367,69	0,6
Costal					
Tesoura de poda	Un	1	30,00	30,00	0,05
Enxada	un	1	55,00	55,00	0,04
Cavadeira	un	1	47,20	47,20	0,09
EPI	conjunto	1	183,12	183,12	0,3
Total				1.434,81	2,5
Manejo fitossanitário					
Armadilhas para arapuá	Un	1666	-	409,19	0,7
Bacillus thuringiens	L	1	179,90	179,90	0,3
Calda bordalesa	Pct	10	20,00	200,00	0,3
Tocas de cabelo	Pct	20	25,00	500,00	0,8
Total				1.289,09	2,3
Total de investimento				55.561,06	100
Manutenção					
Roçagem (gasolina)	L	396	5,36	2.122,56	
Energia	Kw/h	882,24	0,73	644,04	
Salário/funcionário	Mês	12	1.102,00	13.224,00	
Depreciação	-	-	-	190,79	
Manutenção de equipamentos	-	-	-	726,26	
Custo de oportunidade do capital	-	-	-	7.415,01	
Custo de oportunidade da terra	-	-	-	5.646,00	
Total				29.968,66	
Impostos					
Impostos faturados		1,5%			
Pró labore		20%			
Imposto sobre o lucro		27,5%			

Fonte: A autora (2026).

Os custos de instalação de um plantio de pitaya vermelha na região semiárida brasileira somam-se no valor de R\$ 55.561,06, variando em função da dose de adubação com esterco bovino aplicada e quanto ao manejo em consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu. Todavia, os custos com a adubação correspondem à menor contribuição ao investimento inicial,

correspondendo de 0 a 4,4% apenas do valor do investimento total. As mudas de pitaya para o plantio de 1 ha sob as condições de manejo propostas corresponderiam a 29,9 % do valor total da instalação, sendo considerado o insumo que requer o maior investimento.

Os custos com máquinas e equipamentos de controle fitossanitário, necessários ainda no primeiro ano de plantio do sistema correspondem a 2,5 % e 2,3%, respectivamente, do investimento inicial. Esses valores tendem a se elevar a depender da dose de adubação pretendida para o cultivo, podendo aumentar de R\$ 266,39 a R\$ 2.465,51 para as doses de 5,33 kg planta⁻¹ a 49,33 kg planta⁻¹, respectivamente. Custos com adubação, manejo fitossanitário e manutenção do sistema são despesas que o produtor, além dos impostos devidos, custeará durante os anos de plantio.

Na Figura 3, é possível observar que não houve interação entre os fatores dose de adubação e sistema de plantio nos dois ciclos de produção do sistema, ocorrendo influência dos fatores de forma individual, aumentando a produtividade à medida que aumentou a dose de adubação e com médias maiores no sistema sem consórcio.

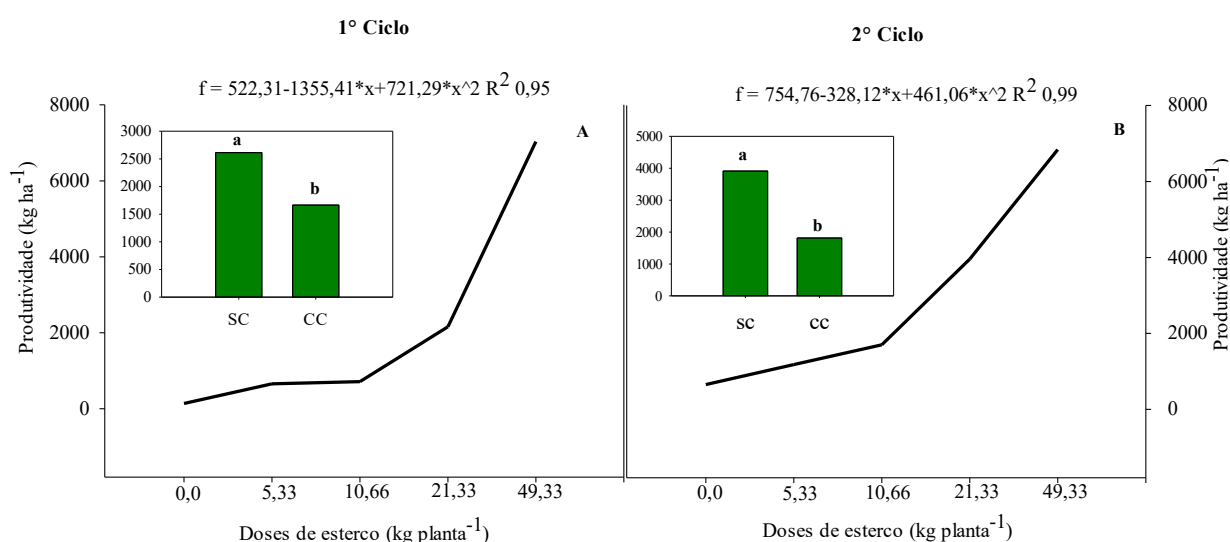


Figura 3. Produtividade de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio. Fonte: A autora (2026).

No 1º ciclo a produtividade das plantas de pitaya atingiu em média 2.139,28 kg ha⁻¹ com o aumento das doses de adubação, sendo observado que o sistema sem consórcio possibilitou a maior produtividade, cerca de 2.613,84 kg ha⁻¹ e para o sistema com consórcio 1.664,72 kg ha⁻¹.

¹. No 2º ciclo foi possível observar o mesmo padrão comportamental dos manejos avaliados, com produtividade média de 2.864,92 kg ha⁻¹ a depender da dose de adubação e médias de 3.914,86 kg ha⁻¹ e 2.660,27 kg ha⁻¹ em sistema sem e com consórcio, respectivamente.

Na Figura 4 observamos o aumento na receita bruta do sistema, em dois ciclos produtivos, não havendo interação entre os fatores e concomitantemente à Figura 3, houve aumento da receita a depender da dose de adubação e o sistema de plantio sem consórcio possibilitou a maior média em receita bruta.

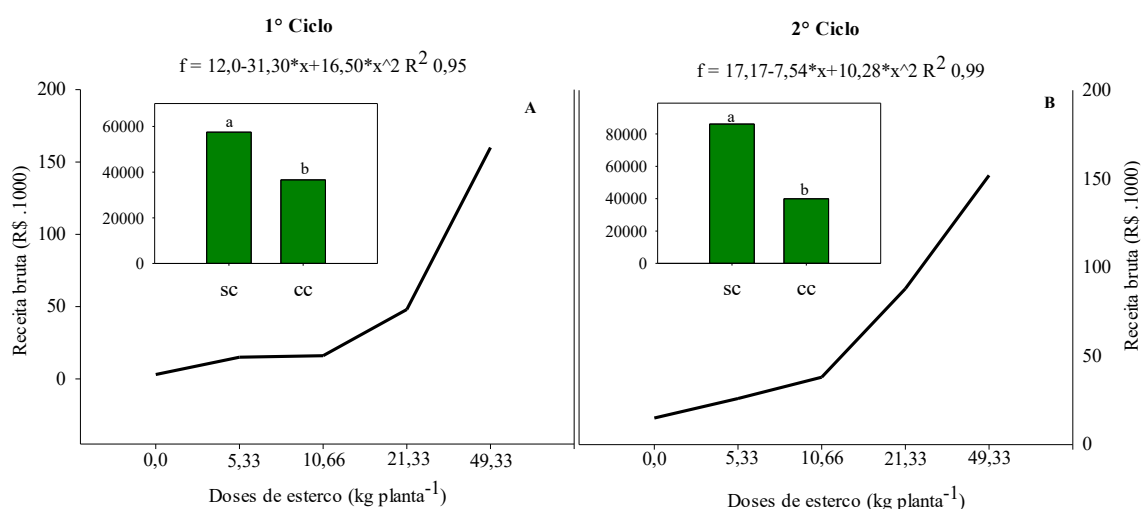


Figura 4. Receita bruta de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com capim elefante cv. BRS capiaçu. SC: sem consórcio; CC: com consórcio. Fonte: A autora (2026).

Entre os dois ciclos de produção, houve aumento de 49,2% quando as plantas foram cultivadas em sistema sem consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu e de apenas 8,3% para o sistema consorciado. Dentre as doses, a de 49,33 kg planta⁻¹ obteve receita bruta de R\$ 188.000,00 no sistema sem consórcio e R\$ 121.000,00 no sistema consorciado. No entanto, no 2º ciclo registrou-se redução de 3% na receita bruta para essa dose, com valores de R\$ 187.000,00 e R\$ 113.000,00 sem consórcio e sob consórcio, respectivamente. Dentre as demais doses, registrou-se valores de R\$ 5.000,00 e R\$ 790,00 para a dose 0,0 kg planta⁻¹, R\$ 20.000,00 e R\$ 8.000,00 para a dose 5,33 kg planta⁻¹, R\$ 20.120,00 e R\$ 11.000,00 para a dose 10,66 kg planta⁻¹ e R\$ 53.000,00 e R\$ 41.000,00 para a dose 21,33 kg planta⁻¹, em sistema sem e com consórcio, respectivamente, no 1º ciclo (Figura 4A).

No 2º ciclo produtivo, para as doses 0,0 kg planta⁻¹, 5,33 kg planta⁻¹, 10,66 kg planta⁻¹ e 21,33 kg planta⁻¹ a receita bruta aumentou significativamente, demonstrando que a cada ciclo de produção da pitaya vermelha o retorno financeiro pode elevar-se a depender do tipo de

manejo utilizado. Nas plantas sem consórcio, foram registrados valores de R\$ 24.000,00, R\$ 39.000,00, R\$ 58.000,00 e R\$ 119.000,00, e para as plantas consorciadas com capim elefante cv. BRS capiaçu foram registrados valores de R\$ 3.000,00, R\$ 11.000,00, R\$ 16.000,00 e R\$ 54.000,00 nas doses 0,0 kg planta⁻¹, 5,33 kg planta⁻¹, 10,66 kg planta⁻¹ e 21,33 kg planta⁻¹, respectivamente (Figura 4B).

Na Figura 5, é possível observar a diferença de lucro líquido entre as doses de adubação e os tipos de cultivo, presença ou ausência de consórcio durante dois ciclos produtivos.

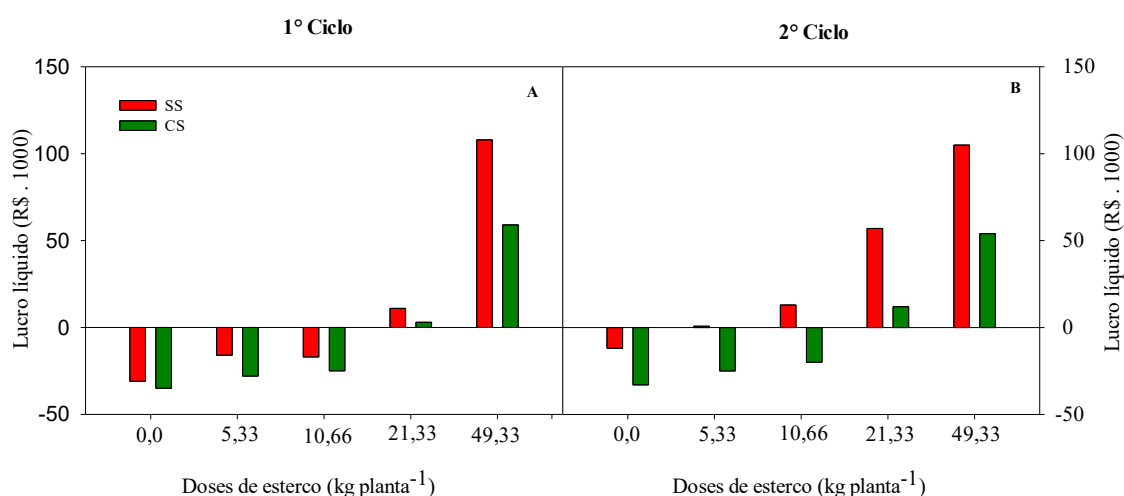


Figura 5. Lucro líquido de dois ciclos produtivos (2023/2024 – 2024/2025) de um plantio de pitaya vermelha sob diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e em consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu. SS: sem sombra; CS: com sombra. Fonte: A autora (2026).

Observa-se que no 1º ciclo apenas as doses 21,33 kg planta⁻¹ e 49,33 kg planta⁻¹ obtiveram lucro líquido positivo nos dois sistemas de consórcio, R\$ 11.000,00 e R\$ 3.000,00 na dose 21,33 kg planta⁻¹ e R\$ 108.000,00 e R\$ 59.000,00 na dose 49,33 kg planta⁻¹ sem consórcio e sob consórcio, respectivamente. Em análise do 2º ciclo, observa-se que a dose de 10,66 kg planta⁻¹ também apresentou lucro líquido positivo, no entanto apenas em sistema não consorciado, com valor de R\$ 13.000,00. Para as doses de 21,33 kg planta⁻¹ e 49,33 kg planta⁻¹, registrou-se lucro líquido de R\$ 57.000,00 e R\$ 11.000,00 e R\$ 105.000,00 e R\$ 54.000,00 na ausência e presença de capim elefante cv. BRS Capiáçu, respectivamente (Figura 5B).

5.3.2 Viabilidade financeira

A Tabela 2 apresenta os principais indicadores de viabilidade financeira em relação aos dois sistemas de cultivo envolvendo o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu e as doses de adubação utilizadas.

Tabela 2. Indicadores de viabilidade financeira de um plantio de pitaya vermelha submetida a diferentes doses de adubação (0,0, 5,33, 10,66, 21,33, 49,33 kg planta⁻¹) e consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu.

Indicadores/ Doses	Sem consórcio				
	0,0	5,33	10,66	21,33	49,33
VPL (R\$)	-44.338,96	86.041,51	241.789,29	797.122,95	964.749,56
TIR (%)	-	-	8	59	100
Lucratividade (R\$)	-1,49	0,06	1,63	7,57	9,21
Payback	Inviável	inviável	6 anos e 9 meses	2 anos e 2 meses	7 meses
B/C	0,4	0,7	0,9	1,5	2,3
Indicadores/ Doses	Com consórcio				
	0,0	5,33	10,66	21,33	49,33
VPL (R\$)	-229.341,55	-153.984,19	-112.426,81	241.598,90	820.837,88
TIR (%)	-	-	-	10	84
Lucratividade (R\$)	-3,52	-2,69	-2,24	1,63	7,79
Payback	Inviável	inviável	inviável	6 anos e 5 meses	1 ano e 3 meses
B/C	0,06	0,2	0,3	1,1	1,9

Fonte: A autora (2026). VPL: valor presente líquido; TIR: taxa interna de retorno; B/C: relação custo benefício

Para o sistema sem consórcio, o VPL passa a ser positivo a partir da dose 5,33 kg planta⁻¹, com aumento desse índice de acordo com o aumento da dose de adubação. No entanto, apenas a partir da dose 10,66 kg planta⁻¹ no sistema sem consórcio o produtor passará a ter retorno do seu investimento, variando de 8% a 100% para as doses 10,66 kg planta⁻¹ a 49,33 kg planta⁻¹, respectivamente. A taxa de lucratividade do sistema sem consórcio variou de R\$ 0,06 a R\$ 9,21 a cada R\$ 1,00 investido, de acordo com a dose de adubação utilizada, porém apenas a partir da dose 10,66 kg planta⁻¹ o sistema passa a ser viável e o produtor terá seu investimento retornado entre sete meses a seis anos e nove meses, quando da utilização de 49,33 kg planta⁻¹ e 10,66 kg planta⁻¹, respectivamente, de esterco bovino na adubação (Tabela 2). Todavia, o custo benefício do sistema indica viabilidade apenas a partir da dose de 21,33 kg planta⁻¹.

Para o sistema em consórcio com capim elefante cv. BRS Capiçu, o VPL só passa a ser positivo a partir da dose 21,33 kg planta⁻¹ (R\$ 241.598,90), onde a TIR é de 10%, a taxa de lucratividade é de R\$ 1,63 e o sistema levaria 6 anos e 5 meses para retorno do investimento inicial. Assim como o sistema sem consórcio, a dose de 49,33 kg planta⁻¹ em consórcio apresentou o maior VPL (R\$ 820.837,88), uma TIR de 84%, lucratividade de R\$ 7,79 a cada

R\$ 1,00 investido e tempo de *payback* de apenas um ano e três meses (Tabela 2). O sistema tem relação custo x benefício viável a partir da dose de 21,33 kg planta⁻¹.

5.3.3 Análise de sensibilidade

A Tabela 3 apresenta os principais indicadores de eficiência e viabilidade financeira para um sistema produtivo de pitaya vermelha adubada com 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino em cinco cenários de incerteza.

Tabela 3. Análise de sensibilidade de uma plantação de 1 ha de pitaya vermelha adubada com 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino em diferentes cenários.

Cenários	VPL	PE (Kg)	Payback
I	324.220,74	1.626,02	2 anos e 4 meses
II	199.014,69	1.676,57	2 anos e 1 mês
III	-91.153,59	8.836,99	Inviável
IV	760.499,26	1.626,02	2 anos e 9 meses
V	-174.260,11	10.568,94	Inviável

Fonte: A autora (2026). VPL: valor presente líquido; PE: ponto de equilíbrio.

A partir da análise de sensibilidade, é possível observar que esse sistema se tornaria inviável com uma redução de 77% no valor do quilo da fruta (cenário III). O cenário V representa todos os possíveis problemas que podem ocorrer no sistema, como redução dos preços e da produtividade, associados a um valor de investimento maior, também considerado inviável ao longo do tempo.

Os cenários I e IV apresentam os maiores VPL, R\$ 324.220,74 e R\$ 760.499,26, respectivamente, e menor ponto de equilíbrio (1.626,02 kg), embora o cenário IV requeira cinco meses a mais para o retorno do investimento inicial. Estes cenários representam as condições ideais de plantio, com preços e produtividade adequados. Ademais, o cenário IV evidencia investimento maior no plantio por considerar a instalação de estacas de alvenaria, indicadas como mais adequadas para o sistema, mas que requer maior investimento do produtor (Tabela 3).

O cenário II representa uma redução de 35% na produtividade do plantio, a qual foi observada ao se adicionar o consórcio. No entanto, considerando a manutenção dos preços comercializáveis, essa redução não necessariamente causa perdas ao produtor, sendo considerado viável ao longo de dois anos e um mês e apresentando VPL de R\$ 199.014,69 e ponto de equilíbrio de 1.676,57 kg (Tabela 3).

5.4 Discussão

5.4.1 A adubação orgânica é o principal fator no aumento da produtividade e receita bruta de um plantio de pitaya

Os custos da adubação orgânica na forma de subprodutos agrícolas como o esterco bovino são, na maioria dos casos, mais baixos, visto que esse recurso frequentemente está disponível na propriedade do produtor e, em seguida, retorna à cadeia produtiva. Leva-se em consideração, nesse caso, a hora de serviço de um trabalhador para realizar o serviço de recolhimento e tratamento do material, o que pode elevar os custos iniciais (Roberts *et al.*, 2023). No entanto, em comparação a um sistema de produção convencional, onde os custos dos fertilizantes químicos são 23% maiores (Aslam *et al.*, 2022), adotar a adubação orgânica de um plantio de pitaya ainda se torna mais atrativo. Além disso, em sistemas consorciados, a adoção do plantio de mais de uma cultura pode se tornar mais uma alternativa financeira para os produtores, sem necessariamente uma cultura influenciar a outra, mas aumentando a resiliência financeira do produtor (Jezeer *et al.*, 2018).

De acordo com Chen *et al.* (2022), com o aumento da dose de fertilizante orgânico na plantação de pitaya a produtividade tende a aumentar, levando, conseqüentemente, a um aumento da receita total (Figuras 3 e 4). A fertilização orgânica adequada desempenha papel crucial no aumento da produção de frutas, resultando em maiores rendimentos e melhor eficiência econômica (Alonzo-Gomez *et al.*, 2020). De acordo com o trabalho de Mendoza *et al.* (2021), a fertilização orgânica possibilitou aumento na produtividade de frutos de duas espécies de pitaya (*Selenicereus undantus* e *Selenicereus megalanthus*) na região sudeste do México, com frutos pesando cerca de 960 gramas. Segundo os autores, as características fisiológicas da cultura possibilitam adaptação em ambientes com escassez hídrica e diferentes condições ambientais, o que torna seu cultivo economicamente rentável. Segundo Ningsih *et al.* (2020), isso ressalta as vantagens da adoção de práticas orgânicas na produção de pitaya.

Em sistemas consorciados, pode ocorrer maior competição por fatores de crescimento e, conseqüentemente, redução da produtividade (Sackser *et al.*, 2025). Segundo Alves *et al.* (2020), o sombreamento ocasionado pelo consórcio entre plantas pode impossibilitar a interceptação da radiação solar, implicando competição por luz entre as culturas. No caso do capim elefante cv. BRS Capiacu, são necessários cortes periódicos para retirada de biomassa vegetal, o que aumenta os custos operacionais, mas reduz a competição intraespecífica das culturas, além de gerar outro insumo passível de comercialização e/ou utilização interna pelo produtor, o que compensa parcialmente a perda da produtividade (Siqueira *et al.*, 2025).

De acordo com Evans e Huntley (2011), devido ao avanço da maturidade produtiva da pitaya, existe uma tendência de aumentar sua receita bruta a cada ciclo produtivo, de modo que o maior investimento se dá no ano inicial de cultivo e durante os demais anos de vida útil do pomar (de 15 a 20 anos), esse valor é amortizado. Consequentemente, o lucro líquido também é influenciado e aumenta concomitantemente (Rasoolizadeh *et al.*, 2022). Quddus *et al.* (2025) observaram aumento de retorno econômico na cultura do morango sob adubação de esterco animal no segundo ciclo produtivo. A fertilização orgânica aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo, retenção de água e supressão de doenças, o que influencia, consequentemente, a produtividade das culturas e, de forma direta, o rendimento líquido. Essa variável indica a capacidade do sistema produtivo em gerar renda suficiente para cobrir todos os custos provenientes da manutenção do plantio (Martín-García *et al.*, 2023), o tornando eficiente economicamente.

5.4.2 A dose de 49,33 kg planta⁻¹ de esterco bovino e o consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu torna o plantio de pitaya viável economicamente

Segundo Gomes e Arantes (2022), quando o VPL de um sistema produtivo é positivo, o produtor estará recuperando o valor investido e obtendo retorno financeiro; se o VPL for igual a zero, o investimento não fará diferença, no entanto, se for negativo, significa que o valor resgatado é menor que o investido, não sendo então, um sistema viável. A produção de pitaya sob consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu pode ser, portanto, considerada viável financeiramente a partir de uma dose de adubação orgânica adequada, onde o produtor pagaria os custos do sistema, geraria lucro e poderia reinvestir na propriedade.

De acordo com Campos *et al.* (2023), quanto menor for o tempo de retorno financeiro do sistema, mais interessante economicamente ele será, tornando, portanto, por lógica o sistema sem consórcio mais atrativo para a produção de pitaya orgânica em termos de tempo de retorno. Porém, se considerarmos que o tempo de *payback* leva em consideração apenas o tempo pretendido de retorno do capital investido, sem considerar os recebimentos posteriores, o sistema sob consórcio também pode ser considerado atrativo quando da utilização da dose de adubação de 49,33 kg planta⁻¹, haja vista quando a TIR for menor que a TMA o valor de VPL não ser atrativo e o investimento deve ser rejeitado (Santos *et al.*, 2024).

O sistema consorciado também foi avaliado por Kpenekuu *et al.* (2025), que obtiveram relação custo x benefício de 2,54 para essa técnica. Os autores demonstraram que o consórcio melhora a diversificação da renda, a gestão de riscos, os atributos produtivos do solo e a

rentabilidade relacionada à atividade agrícola em questão. Em estudo de Lima *et al.* (2018), o custo x benefício de um plantio de cacto consorciado com sorgo obteve B/C de 1,5, explicando que o retorno financeiro para sistemas produtivos de cactáceas está relacionado à finalidade do plantio e aumenta a cada ciclo produtivo.

5.4.3 O plantio de pitaya orgânica sob consórcio com capim elefante cv. BRS Capiáçu é sensível a variação de preços de mercado

A análise de sensibilidade é um parâmetro de simulação econômica que permite criar várias condições, positivas ou negativas, de forma a projetar até quando o projeto é viável de acordo com cenários representando situações reais (Furtado *et al.*, 2022). Isso exige a avaliação de fatores imprevistos e a consideração de incertezas e riscos de investimento mais significativos (Branca *et al.*, 2021). Segundo Raio e Nikolaev (2022), é crucial considerar a heterogeneidade ao analisar os lucros e os fluxos de caixa de uma empresa. Portanto, os fluxos de caixa são indicadores confiáveis da situação financeira de um sistema comercial (Gunay e Ecer., 2020).

O investimento inicial para uma plantação de pitaya representa um desafio significativo, especialmente para pequenos produtores. Muitos produtores, especialmente agricultores familiares, fazem uso de recursos existentes, como Algaroba (*Prosopis juliflora*), Angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth)) e outras árvores comumente encontradas perto de suas propriedades como sistema condutor da pitaya, facilitando a instalação e reduzindo os custos em até 10,58%. Em um cenário de custo-benefício, o produtor poderia atingir um VPL de R\$ 324.220,74, um ponto de equilíbrio de 1.626,02 kg/ha e obter retorno sobre o investimento em dois anos e quatro meses (cenário I). No entanto, mesmo com o investimento mais alto usando estacas de alvenaria, em torno de R\$ 78.718,50, e um retorno sobre o investimento de cinco meses a mais (cenário IV), o produtor ainda alcançaria um VPL de R\$ 760.499,26 com o mesmo ponto de equilíbrio. Além de não causar prejuízos ao produtor, o custo inicial desse tipo de suporte é um insumo com vida útil de 15 a 20 anos (Nangare *et al.*, 2020).

A redução da produtividade (cenário II) foi observada nesse trabalho como efeito do consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu, no entanto o sistema ainda se manteve viável para o produtor, o que indica que, mesmo com um quantitativo de frutos e, consequentemente, de receita menor, o sistema consorciado ainda é viável e pode significar renda extra para o produtor com a utilização do capim como segundo insumo. Ali *et al.* (2020), em um estudo sobre a viabilidade financeira de um sistema de irrigação na produção de tomate no Egito,

observaram que a redução da produtividade e o aumento dos custos não afetam a viabilidade financeira do sistema.

No entanto, o projeto se torna inviável quando o preço da fruta diminui, refletindo-se na receita bruta de comercialização. Valores de vendas superficiais podem resultar em VPLs negativos, tornando o sistema de produção inviável (Superwata *et al.*, 2022). Observamos esse resultado ao analisar um cenário com redução de preço de 77% (cenário III), perspectiva de redução de produtividade e preço e aumento de custos (cenário V).

5.5 Conclusões

O investimento inicial de instalação de 1 ha de pitaya adubada com esterco bovino e consorciado com capim elefante cv. BRS Capiáu é de R\$ 55.561,06, com aumento de R\$ 266,39 a R\$ 2.465,51 a depender da dose de adubação utilizada no plantio. Em sistema consorciado, o investimento inicial aumenta para R\$ 55.619,37 devido à adição das mudas de capim. No entanto, o produtor passa a ter lucro líquido nos dois sistemas de consórcio a partir da dose de 21,33 kg planta⁻¹, o que seria, em termos de valor de investimento mais atrativo.

O consórcio de pitaya com capim elefante cv. BRS Capiáu se apresentou viável financeiramente apenas se utilizado em plantas adubadas com 49,33 kg planta⁻¹. O plantio orgânico de pitaya é ainda sensível à variação de preços, mas sob adubação orgânica de 49,33 kg planta⁻¹ a redução da produtividade observada no sistema consorciado não atrapalha a viabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ALI, A. *et al.* Investment profitability and economic efficiency of the drip irrigation system: Evidence from Egypt. **Irrig. and Drain**, v. 69, n. 5, 2020. Doi: 10.1002/ird.2511

ALI, M. S. *et al.* Effect of different levels of organic fertilizer on growth, yield and economic benefits of radish (*Raphanus sativus* L.). **J. Biosci. Agric. Res**, v. 30, n. 2, 2023 Doi: 10.18801/jbar.300223.306

ALONSO-GÓMEZ, L. A. *et al.* Performance evaluation and economic analysis of bioethanol and flour production using rejected green plantain fruits (*Musa paradisiaca* L.) as raw material, **Food and bioproduct processing** v. 121, 2020. Doi: 10.1016/j.flop.2020.01.005

- ÁLVARES, C. A. *et al.* Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorológico Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. Doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- ALVES, T. N. *et al.* Performance the kale (*Brassica oleracea* L. Var. *acephala*) intercropped with okra in the organic system. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. 1–20, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10943>
- ASLAM, W. *et al.* Comparative economic analysis of crop yield under organic and conventional farming systems in Punjab, Pakistan. **Asian J. Agric & Biol**, v. 8, n. 2. p 113-118, 2022 Doi: 10.35495/ajab.2020.02.093
- BALLEN, F. H.; BLARE, T. Are Tahiti limes profitable in South Florida? A deterministic and stochastic budget analysis. **Int. J. of Frui. Sci**, v. 23, n. 1, 2023, Doi: 10.1080/15538362.2023.2289955
- BELBASE, P.; BHASKAR, M. S. B. Sustainable cultivation of dragon fruit: integrated nutrient and pest management strategies for enhanced productivity and environmental stewardship. **Agronomy**, v. 15, n. 11, 2025. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112514>
- BEZERRA, A. C. *et al.* Monitoramento espaço-temporal da detecção de mudanças em vegetação de Caatinga por sensoriamento remoto no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.1, p. 286-301, 2020. Doi: 10.26848/rbgf.
- BRANCA, G. *et al.* Are there opportunities for climate – smart agriculture? Assessing costs and benefits of sustainability investments and planning policies in Southern Africa. **J. de Cle.**, v. 278, 2021, Doi: 10.1016/j.jclepro.2020123847
- BRASIL (1999). **Decreto nº 3.048 de 6 de maio de 1999**. Aprova o regulamento da previdência social, e de outras exceções. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3048.htm. Acesso em: 24 mar. 2024
- BRASIL (2015). **Lei nº 13149, de 21 de julho de 2015**. Altera as leis nº 11482, de 31 de maio de 2007, para dispor sobre os valores da tabela mensal do imposto sobre a renda da pessoa física, 7713, de 22 de dezembro de 1988, 9250 de 26 de dezembro de 1995, e 10823, de 19 de dezembro de 2003. Disponível em: L13149 (planalto.gov.br). Acesso em: 24 mar. 2024
- CAMPOS, F. S. *et al.* Viability, Implantation cost conduction of strawberry out of soil in substrate in organic production system. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 4, p. 603–611, 2023, Doi: 10.5965/223811712242023603
- CHEN, L. *et al.* Co-application of biochar and organic fertilizer promotes the yield and quality of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) by improving soil properties. **Chemosphere**, v. 294, p 1 – 10, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133619>
- CHIMONYO, V. G. P.; MODI, A. T.; MABHAUDHI, T. Sorghum radiation use efficiency and biomass partitioning in intercrop systems. **South African Journal of Botany**, v. 118, p. 76–84, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.009>
- CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (org). **Pitaya no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis, SC: Epagri, 2022

EVANS, E. A; HUNTLEY, J. Economics of establishing and producing Pitaya in Southern Florida: A stochastic budget analysis. **HortiTechnology**, v. 21, n. 2, p. 246-251, 2011.

FALEIRO, F. G. **Pitaya, a fruta que estar conquistando o Brasil**. Anuário HF. Campo e Negócios, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152429/1/Pitaya-fruta-conquistando-2022.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

FURTADO, J. S. *et al.* Análise econômica da implantação do Eucaliptus urograndis, **Agrotecnologia**, v. 13, n. 1, p. 37 – 49, 2022. <https://doi.org/10.31668/agrotec.v13i1.12474>

GUERRA, N. M. *et al.* Agro-economic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 82–91, 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20220111>

GOMES, F. S.; ARANTES, A. M. Technical and economic feasibility of the production of guaiaba (*Psidium guajava*) in the southwest of the Bahian semi-arid. **Agrotecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1 -12, 2022, <https://doi.org/10.31668/agrotec.v13i1.11605>

GUNAY, F; ECER, F. Cash flow based financial performance of borsa Istanbul tourism companies by entropy – MAIRCA integrated model. **Cass. J. of Mult. Acad. Tou.**, v. 5, n. 1, 2020 Doi: 10.31822/jornat.742022

JARDIM, A. M. R. F. *et al.* Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

JEZEER, R. E; SANTOS, M. J; BOOT, R. G. A; JUNGINGER, M; VERWEIJ, P. A. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. **Agricultural Systems**, v. 162, p. 179–192, 2018, doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.014

JJAGWE, J.; CHELIMO, K; KARUNGI, J; KOMAKECH, A. J; LEDERER, J. Comparative performance of organic fertilizers in Maize (*Zea mays* L.) growth, yield, and economic results. **Agronomy**, v. 10, n. 1, 2020, <https://doi.org/10.3390/agronomy10010069>

KABIR, M. Y.; NAMBEESAN, S. U.; DÍAZ-PÉREZ. Shade nets improve vegetable performance. **Scientia Horticulturae**, v. 334, 1º ago. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113326>

KPENEKU, F. *et al.* Cost and benefit analysis of climate-smart agriculture interventions in the dryland systems of northern Ghana. **Regional Sustainability**, v. 6, n. 1, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100196>

LIANG, H. *et al.* A generalized stochastic cost-volume-profit model. **Systems**, v. 9, n. 4, p. 1 – 14, 2021, <https://doi.org/10.3390/systems9040081>

LIMA, L. R. *et al.* Productive economic benefit of forage cactus-sorghum intercropping systems irrigated with saline water. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 191 – 20, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n122rc>

MA, B. *et al.* Improved sustainability of grain production by intercropping and partial organic substitution in the North China Plain. **Field Crops Research**, v. 326, 2025, doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109886

MARTÍN-GARCIA, J.; GÓMEZ-LIMÓN, A.; ARRIAZA, M. Conventional versus organic olive farming: which has a better economic performance? **Agricultural and Food Economics**, v. 11, n. 51, p. 1–27, 2023. <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00292-5>

MEDEIROS, A. S.; MAIA, S. M. F.; SANTOS, T. D.; GOMES, T. C. A. Soil carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 287, p. 1–9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106690>

MENDOZA, B. V. M. *et al.* Organic cultivation of two species of pitahaya (Selenicereus undatus and Selenicereus megalanthus) in the Southeast of Mexico. **Horticulture International Journal**, v. 5, n. 1, p. 1–5, 2021. Doi: 10.15406/hij.2021.05.00192

MITSUI Y. **Análise do Tamanho do Mercado e Estoque de Frutas do Dragão - Tendências e Previsão de Crescimento (2024-2029)**. Mordor Inteligência. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/dragon-fruit-market>. Acesso em: 15 abr. 2024

NANGARE, D. D. *et al.* Pitaya: A potential crop for areas with abiotic stress. **Boletim Técnico**, n. 47, 2020, ICAR – Instituto Nacional de Gestão do Estresse Abiótico. Baramati, Pune, Maharashtra, Índia.

NINGSIH, K. *et al.* Economic valuation for organic farming of Dragon fruit: Cost benefit analysis approach. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 496, 2020, Doi: 10.1088/1755-1315/469/1/012082

OLIVEIRA, M. M. T. *et al.* Shade improves growth, photosynthetic performance, production and postharvest quality in red pitahaya (Hylocereus costaricensis) **Scientia Horticulturae**, v. 286, p. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110217>

PEREIRA, A. V. *et al.* **BRS Capiçu e BRS Kurumi: Cultivo e uso**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

QUDDUS, M. A. *et al.* Organic and inorganic fertilizers influence the productivity, fruit quality and nutrient use efficiency of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) **Scientific reports**, v. 15, n. 26252, p. 1–21, 2025, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10787-4>

RAIO, B.; NIKOLAEV, V. V. On earnings and cash flows as predictors of future cash flows. **J. of Acc. Econ.**, v. 73, n.1, 2022, Doi: 10.1016/j.jacceco.2021.101430

RASOOLIZADEH, M. *et al.* Eco-efficiency analysis of selected tropical fruit production systems in Iran. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 19, n. 11, p 11169–11182, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04349-8>

ROBERTS, M.; HAWES, C.; YOUNG, M. Environmental management on agricultural land: Cost benefit analysis of an integrated cropping system for provision of environmental public goods. **Journal of Environmental Management**, v. 331, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117306>

RODRIGUES, W.; BARBOSA, G. F.; ALMEIDA, A. Análise custo/benefício ambiental da produção de soja em áreas de expansão recente nos cerrados brasileiros: o caso de Pedro Afonso – TO. **Custos e agronegócio**, v. 5, n. 2, 2009.

SACKSER, G. A. B. *et al.* Growth and productivity of okra intercropped with kale in direct planting under organic management. **Comunicata Scientiae. Horticultural Journal**. 2025, <https://doi.org/10.14295/CS.v16.4298>

SALVADOR, K. R. S. *et al.* Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.103958>

SANTOS, S. L. M. Avaliação econômica de plantios. In: GOMES, L. J; SILVA-MANN, R; MATTOS, P. P.; RABBANI, A. R. C. (org.). **Pensando a biodiversidade**: Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). São Cristovão: Editora UFS, 2013. p. 207-220.

SANTOS, W. M. *et al.* **DataMetProcess**: A package for processing meteorological data, calculating reference evapotranspiration, acquiring data from the National Institute of Meteorology (INMET) and processing meteorological data... 2016

SANTOS, F. A. DE S; ALVES, L. Q; BORELLI, V. A. DA S; SIQUEIRA, F. A; GÓES, B. C. Hydroponic and conventional lettuce: a financial assessment of profitability. **Tema online**, v. 2, n. 2, p. 105 – 120, 2024, Doi: 10.5281/zenodo.14290574

SIQUEIRA, H. M; ARAÚJO, J. B. S; TEIXEIRA, W. R; PINHEIRO, R. E. Socioeconomic Sustainability of consortia of conilon coffee with banana, heart of palm, gliricidia and ingá. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 20, n. 3, p. 358 – 383, 2025, <https://doi.org/10.33240/rba.v20i3.55699>

SUPARWATA, D. O. *et al.* Agroforestry systems: measuring their development in terms of financial viability. **IOP lecture series: earth and environmental sciences**, v. 1104, 2022, Doi: 10.1088/1755-1315/1104/1/012007

TUPY, O; LEITE, J. L. B; MORENZ, M. J. F; CARNEIRO, A. V. Simulation and risk analysis of the use of elephant grass silage cultivate BRS Capião compared to corn silage for dairy cows. **Journal of Agricultural Sciences Research**, v. 3, n. 13, 2023. DOI 10.22533/at.ed.9733132324088

VIRGENS, A. P; FREITAS, L. C; MOREIRA, A. C. D; LUZ, D. S. Economic and sensitivity analysis in a settlement established in southwestern Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 120 – 127, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.104914>

WU, Y; YAN, S; FAN, J; ZHANG, F; ZHAO, W; ZHENG, J; GUO, J; XIANG, Y; WU, L. Combined effects of irrigation level and fertilization practice on yield, economic benefit and water – nitrogen use efficiency of drip – irrigated greenhouse tomato. **Agric. W. Man.**, v. 262, 2022, Doi: 10.1016/j.agwat.2021.107401

ZULKIFLI, L; PURBOWATI, I. S. M; INDRAYANTO, A; WIJONARKO, G; MAKSUM, A; HANIFA, H; SYARIFA, R. N. K; NOVITASARI, D. The hidden vulnerabilities behind financial sustainability: a case study of a sugarcane farm business in Pemalang City, Central Java, Indonesia. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 14, n. 3, 2023, Doi: 10.18472/SustDeb.v14n3.2023.50914

ZHAI, L; WANG, Z; ZHAIC, Y; ZHANG, L; ZHENG, M. J; YAO, H; LV, L; SHEN, H; ZHANG, J; YAO, Y; JIA, X. Partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer

benefits grain yield, water use efficiency, and economic return of summer maize. **Soil and Tillage Research**, v. 217, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105287>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de pitaya em condições semiáridas é uma atividade agrícola promissora para a região quando associada a técnicas de cultivo que viabilizem seu desenvolvimento e produtividade. A adubação orgânica com esterco bovino promove o crescimento da planta, o desenvolvimento em área vegetativa e a produção de frutos de acordo com a dose utilizada, sendo a de 49,33 kg de esterco bovino por planta a mais promissora. O consórcio com o capim elefante cv. BRS Capiáçu para fins de sombreamento se mostrou promissor relativamente à qualidade pós-colheita dos frutos de pitaya, embora tenha causado danos físicos nos cladódios, provocando redução da produtividade da cultura, sem, porém, gerar prejuízo financeiro para o produtor.

ANEXOS



Anexo I. Instalação do campo experimental de pitaya na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE) em 2020. Fonte: Carmo (2020).



Anexo II. Campo experimental de pitaya em 2023 após três anos de instalação. Fonte: A autora (2026).



Anexo III. Campo experimental após a substituição das estacas de madeira por estacas de alvenaria. Fonte: A autora (2026).



Anexo IV. Campo experimental de pitaya após a instalação, em 2023, das mudas de capim elefante cv. BRS Capiáçu. Fonte: A autora (2026).



Anexo V. Adaptação em scanner de mesa para facilitação do registro de imagens scaneadas de cladódios de pitaya. Fonte: A autora (2026).



Anexo VI. Frutos de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus* de acordo com as doses de adubação aplicadas. Da esquerda para a direita D0: 0,0 kg planta⁻¹; D1: 5,33 kg planta⁻¹; D2: 10,66 kg planta⁻¹; D3: 21,33 kg planta⁻¹; D4: 49,33 kg planta⁻¹. Fonte: A autora (2026).