



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GIULIANA NAIARA BARROS SALES

QUALIDADE DE FRUTOS DE *Passiflora cincinnata* EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO

AREIA

2024

GIULIANA NAIARA BARROS SALES

QUALIDADE DE FRUTOS DE *Passiflora cincinnata* EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Linha de pesquisa: Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas.

Orientador: D. Sc. Walter Esfrain Pereira

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S163q Sales, Giuliana Naiara Barros.

Qualidade de frutos de Passiflora cincinnata em diferentes épocas de colheita sob cultivo irrigado e sequeiro / Giuliana Naiara Barros Sales. -
Areia:UFPB/CCA, 2024.

108 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Maracujá-do-mato. 3. Restrição hídrica. 4. Dias após antese. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

GIULIANA NAIARA BARROS SALES

**TÍTULO: QUALIDADE DE FRUTOS DE *Passiflora cincinnata* EM DIFERENTES
ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Linha de pesquisa: Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas

APROVADO EM: 27/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



WALTER ESFRAIN PEREIRA

Data: 20/05/2024 19:36:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Walter Esfrain Pereira
Orientador
(PPGA/CCA/UFPB)

Documento assinado digitalmente



THIAGO JARDELINO DIAS

Data: 22/05/2024 13:25:27-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thiago Jardelino Dias
Avaliador interno (PPGA/CCA/UFPB)

Documento assinado digitalmente



TOSHIK IARLEY DA SILVA

Data: 21/05/2024 11:20:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Toshik Iarley da Silva
Avaliador externo (CCAAB/UFRB)

Documento assinado digitalmente



RENATA RANIELLY PEDROZA CRUZ

Data: 21/05/2024 14:36:01-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Renata Ranielly Pedroza Cruz
Avaliador externo
(UNESP)

Com gratidão, a **DEUS** por me permitir realizar um dos meus sonhos. Aos meus pais, **Francisco Giuliano de Melo Sales** e **Rosinalva Pires de Barros** (*in memoriam*), por tornar esse momento possível. Ao meu esposo **Franciscleudo Bezerra da Costa**, por todo amor, paciência e incentivo. Aos meus filhos **Antônio Bezerra da Costa Neto** e **Helena Sales da Costa**, por alegrarem os meus dias. E as minhas irmãs **Géssica Naiana** e **Gabriela Nairana** por todo carinho.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pela graça da vida, por ser sempre o meu porto seguro nas situações difíceis, e me permitir ter esperança de dias melhores.

Aos meus amados pais, **Francisco Giuliano de Melo Sales** e **Rosinalva Pires de Barros** (*in memoriam*), que mesmo com toda simplicidade me instruíram com todo amor e sabedoria, me aconselharam sempre a seguir com os meus sonhos, me apoiaram em todas as minhas decisões e acreditaram no meu potencial até mesmo quando eu duvidei que conseguiria. Minha eterna gratidão.

Ao amor da minha vida, **Franciscleudo Bezerra da Costa**, pelo companheirismo, amor, carinho, incentivo, e por sempre acreditar em mim. Por me ensinar com paciência e dedicação. Quero agradecer pela colaboração na realização deste trabalho, por sonhar comigo e me encorajar a executá-lo. Obrigada.

Aos meus amados filhos, **Antônio Bezerra da Costa Neto** e **Helena Sales da Costa**, pelos ensinamentos diários, pela alegria de poder partilhar a vida com vocês, por me impulsionarem a seguir os meus sonhos, vocês me tornaram uma pessoa melhor pelo simples fato de existirem. Vocês me trouxeram amor, felicidade e resiliência.

A minhas irmãs, **Gabriela Nairana Barros Sales** e **Géssica Naiana Barros Sales**, que de forma indireta participaram da minha formação profissional, por dividirem a vida comigo, apoiando e incentivando as minhas escolhas, por todo amor e carinho.

Ao meu orientador, **Professor D. Sc. Walter Esfrain Pereira** pela orientação, oportunidade, confiança, ensinamentos no decorrer da pós-graduação. Meus sinceros agradecimentos.

Ao meu amigo **Toshik Iarley da Silva** por toda paciência e ensinamentos. Minha gratidão.

Aos amigos que contribuíram com a condução do experimento, **Bren Carla Medeiros, Larissa Félix, Joselio Santos, Daniel Almeida, Ana Clara e Kayllane Cristina**. Minha gratidão.

À **Universidade Federal da Paraíba** e ao **Programa de Pós-Graduação em Agronomia**, pela oportunidade da realização do doutorado.

À **Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal** pelo espaço cedido na fazenda experimental **Rolando Enrique Rivas Castellón e Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos**, para condução da matéria prima e desenvolvimento das análises.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES** pela concessão da bolsa de estudo.

À **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA CERRADOS** pela disponibilização das sementes, em especial ao pesquisador **Fábio Gelape Faleiro**. Obrigada pela confiança.

Muito obrigada!

Lembre-se da minha ordem: “Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, Seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for!”

Josué: 1-9

SALES, G. N. B. QUALIDADE DE FRUTOS DE *Passiflora cincinnata* EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO. 109 p. Universidade Federal da Paraíba (Doutorado em Agronomia). Areia, PB, 2024.

RESUMO GERAL

O maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*) é uma espécie conhecida por sua resistência hídrica, pragas e doenças comuns ao maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*). As características agrônômicas desejáveis do maracujá-do-mato juntamente ao sabor, aroma e longevidade dos frutos permitiu o aumento na sua produção. A Embrapa lançou recentemente o cultivar ‘BRS Sertão Forte’ que se destaca pelo baixo custo de produção, produzindo frutos com durabilidade, resistência ao manuseio e transporte. O empasse para produção em larga escala dessa espécie é a identificação do ponto de maturação no qual os frutos expressem todo o seu potencial, tendo em vista, que um dos critérios utilizados para determinar a colheita, como a cor, permanece inalterado até depois da maturidade. Com isso, o objetivo foi avaliar a qualidade de frutos de *P. cincinnata* em diferentes épocas de colheita sob condições de irrigação e de sequeiro, com delineamento experimental em blocos casualizados com 4 x 2 (8 tratamentos) e cinco repetições. A caracterização pós-colheita foi avaliada, a fim de que a maturidade dos frutos fosse garantida. De maneira geral, os frutos de *P. cincinnata* cultivar comercial ‘BRS Sertão Forte’ devem ser colhidos aos 80 dias após antese, sob cultivo irrigado para melhorar as características físicas. Os frutos de *Passiflora cincinnata* silvestre devem ser colhidos aos 100 dias após antese, sob cultivo irrigado para melhorar características químicas.

Palavras-Chaves: maracujá-do-mato; restrição hídrica; dias após antese.

SALES, G. N. B. **FRUIT QUALITY OF *Passiflora cincinnata* AT DIFFERENT HARVEST TIMES UNDER IRRIGATED AND RAINFED CULTIVATION.** 109 p. Federal University of Paraíba (Doctorate in Agronomy). Areia, PB, 2024.

GENERAL ABSTRACT

The wild passion fruit (*Passiflora cincinnata*) is a species known for its water resistance, pests, and diseases common to the yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). The desirable agronomic characteristics of the wild passion fruit, along with the flavor, aroma, and longevity of the fruits, have allowed for an increase in its production. Embrapa recently released the cultivar 'BRS Sertão Forte', which stands out for its low production cost, yielding fruits with durability, resistance to handling, and transportation. The bottleneck for large-scale production of this species is identifying the point of maturity at which the fruits express their full potential, considering that one of the criteria used to determine harvesting, such as color, remains unchanged even after maturity. Therefore, the objective was to evaluate the fruit quality of *P. cincinnata* at different harvest times under irrigation and rainfed conditions, with an experimental design in randomized blocks of 4 x 2 (8 treatments) and five replicates. Post-harvest characterization was assessed to ensure fruit maturity. In general, fruits of *P. cincinnata* cultivar 'BRS Sertão Forte' should be harvested at 80 days after anthesis under irrigated cultivation to improve physical characteristics. Wild *Passiflora cincinnata* fruits should be harvested at 100 days after anthesis under irrigated cultivation to improve chemical characteristics.

Keywords: passion fruit; water restriction; days after anthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Precipitação e umidade do ar (a), temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura em campo.....	33
Figura 2- Massa do fruto inteiro (a, i), massa fresca da casca (b, j) diâmetro longitudinal (c, k), diâmetro transversal (d, l), espessura da casca (e), firmeza da casca (f), volume de polpa (g), rendimento do fruto (h) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.....	37
Figura 3- Coordenada - a* (a, i), coordenada - b* (b), luminosidade (c), cromaticidade (d), ângulo Hue (e), índice de cor (f, j), índice de escurecimento (g), índice de amarelecimento (h) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.....	40
Figura 4- Respiração (a), SS/AT (b), pH (c), íons de H ⁺ (e), açúcar solúvel total (e), açúcar não-reduzidor (f, g) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.....	41
Figura 5- Compostos fenólicos (a), ácido ascórbico (b), antocianinas (c, e), flavonoides (d) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro nas épocas de colheita.....	43
Figura 6- Clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (c) e carotenoides (d, e) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita.....	44
Figura 7- Correlação de Pearson entre características física, química e compostos bioativos de frutos de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita. Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, Massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, região do vermelho ao verde = a, região do verde ao azul = b, luminosidade = L, croma = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo Hue = °Hue, potencial hidrogeniônico = pH, acidez titulavel = AT, sólidos solúveis = SS, relação sólidos solúveis/acidez titulavel = SS/AT, íons de H ⁺ = H ⁺ , ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcares solúveis totais = AST, açúcares redutores = AR, açúcares não-reduzidores = ANR. *, **, *** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente, pelo teste t.....	45

Figura 8- Análise de componentes principais de características físicas, químicas e compostos bioativos de frutos de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita. Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, região do vermelho ao verde = a, região do verde ao azul = b, luminosidade = L, croma = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo Hue = °Hue, potencial hidrogeniônico = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, relação sólidos solúveis/acidez titulável = SS/AT, íons de H ⁺ = H ⁺ , ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcares solúveis totais = AST, açúcares redutores = AR, açúcares não-redutores = ANR.....	46
Figura 9- Umidade e precipitação do ar (a), temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura.....	63
Figura 10- Formato do fruto (a), espessura da casca (b), diâmetro longitudinal (c), diâmetro transversal (d), massa fresca da casca (e), volume de polpa (f) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.....	68
Figura 11- Ângulo Hue (a), índice de cor (b) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.....	69
Figura 12- pH (a), íons H ⁺ (b), açúcar solúvel total (c), açúcar redutor (d), açúcar não-redutor (e), respiração (f), acidez titulável (g), SS/AT (h, i) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.....	70
Figura 13- Clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (c), carotenoides (d), flavanoides (e) de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.....	71
Figura 14- Correlação de Pearson entre características físicas, químicas e bioativos de <i>Passiflora cincinnata</i> ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa respiratória = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = Ratio, íons H ⁺ = H ⁺ , ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob,	

total clorofila T = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar não-redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR. *,**,*** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.....73

Figura 15- Análise de Componentes Principais (PCA) da parte físico-química e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa de Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = SS/AT, íons H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR.....74

Figura 16- Precipitação e umidade do ar (a), temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura em campo.....87

Figura 17- Massa fruto inteiro (a), rendimento do fruto (b), volume de polpa (c), diâmetro longitudinal (d), espessura da casca (e, f) de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.....92

Figura 18- Luminosidade (a), ângulo Hue (b), índice de cor (c), índice de escurecimento (d), coordenada a* (e), coordenada b* (f), índice de amarelecimento (g), cromaticidade (h/ h), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.....93

Figura 19- pH (a), íons de H⁺ (b), sólido solúvel (c), respiração (d), açúcar solúvel total (e), açúcar redutor (f), açúcar não-redutor (g), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.....94

Figura 20- Concentrações de compostos fenólicos (a), ácido ascórbico (b), antocianinas (c), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.....96

Figura 21- Concentrações de clorofila b (a), clorofila total (b), carotenoides (c), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.....96

Figura 22- Correlação de Pearson entre características físicas, químicas e bioativos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa respiratória = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura

da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = Ratio, íons H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, total clorofila T = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar não-redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR. *, **, *** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.....98

Figura 23- Análise de Componentes Principais (PCA) da parte físico-química e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa de Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = SS/AT, íons H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR.....99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA	18
2.2 IRRIGAÇÃO E SEUS ASPECTOS NA CULTURA DO MARACUJAZEIRO	19
2.3 ÉPOCA DE COLHEITA E SEUS ASPECTOS NO MARACUJAZEIRO	21
2.4 INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E ÉPOCA DE COLHEITA NAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS.....	22
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS	25
Artigo I: Qualidade de frutos de <i>Passiflora cincinnata</i> sob irrigação e sequeiro em função de dias após antese	30
4 INTRODUÇÃO	31
5 MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL	32
5.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	33
5.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	34
5.3.1 Taxa respiratória	34
5.3.2 Análise física do fruto	35
5.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L*, a* e b*)	35
5.3.4. Análise físico-química da polpa	35
5.3.4.1 pH e concentração de íons H ⁺	35
5.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT.....	35
5.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores	36
5.3.5 Análises de compostos bioativos	36
5.3.5.1 Ácido ascórbico	36
5.3.5.2 Clorofila total e carotenoides.....	36
5.3.5.3 Flavonoides e antocianinas	36
5.3.5.4 Compostos fenólicos.....	36
5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
6 RESULTADOS	37
7 DISCUSSÃO	47
8 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	52
Artigo II: Caracterização de frutos de <i>Passiflora cincinnata</i> cv. ‘BRS Sertão Forte’ em diferentes épocas de colheita sob cultivo irrigado e sequeiro	61
9 INTRODUÇÃO	62
10 MATERIAL E MÉTODOS	63

10.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL	63
10.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	63
10.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	65
10.3.1 Taxa respiratória	65
10.3.2 Análise física do fruto.....	65
10.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L*, a* e b*)	65
10.3.4. Análise físico-química da polpa.....	65
10.3.4.1 pH e concentração de íons H ⁺	65
10.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT.....	66
10.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores	66
10.3.5 Análises de compostos bioativos.....	66
10.3.5.1 Ácido ascórbico	66
10.3.5.2 Clorofila total e carotenoides.....	66
10.3.5.3 Flavonoides e antocianinas	67
10.3.5.4 Compostos fenólicos	67
10.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	67
11 RESULTADOS	67
12 DISCUSSÃO	76
13 CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS	80
Artigo III: Qualidade pós-colheita de maracujá silvestre: irrigação vs. sequeiro, impacto no cultivo e dias pós-antese	85
14 INTRODUÇÃO	86
15 MATERIAL E MÉTODOS	87
15.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL	87
15.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	87
15.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	88
15.3.1 Taxa respiratória	88
15.3.2 Análise física do fruto.....	89
15.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L*, a* e b*)	89
15.3.4. Análise físico-química da polpa.....	89
15.3.4.1 pH e concentração de íons H ⁺	89
15.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT.....	89
15.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores	90
15.3.5 Análises de compostos bioativos.....	90
15.3.5.1 Ácido ascórbico	90
15.3.5.2 Clorofila total e carotenoides.....	90

15.3.5.3 Flavonoides e antocianinas	90
15.3.5.4 Compostos fenólicos	91
15.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	91
16 RESULTADOS	91
17 DISCUSSÃO	100
18 CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. é conhecida no Brasil por maracujá-do-mato, maracujá-brabo, maracujá-da-caatinga ou maracujá de casca verde. Uma espécie rústica pertencente à família Passifloraceae, apresenta frutos de casca verde-amarelada, opaca, vida útil longa, sabor ácido, bem resistentes ao manuseio e ao transporte (Oliveira; Ruggiero, 2005; Faleiro, 2016). A *P. cincinnata* é habitualmente encontrada no semiárido brasileiro, notadamente nos biomas Caatinga e Cerrado. Essa espécie possui bom desenvolvimento, considerando a limitação hídrica nessa região do país (Faleiro et al., 2017; Araújo et al., 2018).

A produtividade em cultivos comerciais de maracujazeiro é limitada por fatores como estresse hídrico e deficiências nutricionais (Vaz et al., 2022). Logo, o suprimento adequado de água garante uma produção contínua e uniforme com frutos de alta qualidade, pois garante um ótimo desenvolvimento da cultura e estado nutricional (Vaz et al., 2022). Alguns relatos sugerem que a umidade do solo esteja acima de $-0,02$ MPa para cultivos com Passifloras durante a fase da diferenciação das flores e da frutificação (Carr, 2013). Costa et al. (2009) avaliou a produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí-GO e verificou valores médios para sólidos solúveis, acidez titulável e razão SS/AT de 15,97 %, 5,92 % e 3,12, respectivamente. Os mesmos autores relataram que a irrigação não propiciou nenhuma melhoria nos parâmetros avaliados.

O manejo e as condições edafoclimáticas variam conforme as regiões do país, isso afeta diretamente a produção e qualidade dos frutos (Costa et al., 2001). Estudos com irrigação de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) proporcionaram sólidos solúveis de 11 a 16%, acidez titulável entre 2,8 a 3,6% e rendimento em polpa variando de 36 a 41% (Queirós et al., 1998). Dubois; Inz'e, (2020) afirmam que a escassez de água influencia no aparato fotossintético, interferindo diretamente na taxa de transporte de elétrons através do fotossistema II, ciclo de Calvin e a ingestão de CO₂. Logo, as alterações na pressão de turgor ativam os sensores osmóticos ligados à membrana que interferem no acúmulo de Ca²⁺ citosólico (Dubois; Inz'e, 2020; Lamers et al., 2020). Todavia, este processo desencadeia uma cascata de fosforilação que leva a alterações na expressão genética e na síntese do hormônio ácido abscísico (ABA), bem como fechamento estomático, parada de crescimento e alterações transcricionais (Todaka et al., 2015; Jeena et al., 2017).

A maturidade fisiológica dos frutos compreende várias mudanças morfológicas, histoquímicas e bioquímicas, essas modificações ocorrem da antese até a maturação (Coelho et al., 2010). O ponto ideal de colheita é marcado pela abscisão dos frutos, todavia, os frutos da

P. cincinnata podem manter-se na planta sem que haja alterações na cor do fruto. Essa particularidade dificulta o ponto adequado para colheita, logo, a maturação fisiológica pode ser identificada pressionando a região distal do fruto que cederá a pressão quando maduro (Oliveira; Ruggieiro, 2005; Junghans; Jesus, 2015).

A colheita feita no momento exato, evita a desidratação do fruto e contaminação por microorganismos presente no solo quando colhidos após a abscisão natural da planta, esse processo reduz a vida útil do fruto e compromete a qualidade pós-colheita (Santos et al., 2013). No entanto, os frutos classificados como climatéricos, completam seu ciclo mesmo que não tenham sido colhidos no ponto ideal, com isso, faz-se necessário avaliar as características em diferentes dias após antese, como forma de identificar a composição e determinar qual época o fruto possui as melhores características para consumo *in natura* ou industrialização (Vespucchi et al., 2019).

Dessa forma, a caracterização físico-química e de compostos bioativos em frutos de *P. cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes dias após antese torna-se relevante para identificar em qual época de colheita esses frutos têm características desejáveis para o consumo *in natura* ou industrial, contribuindo com o conhecimento científico acerca da cultura e potencializar o cultivo da espécie para a região semiárida do Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

A família Passifloraceae é comumente encontrada na Ásia, África e América, composta por 20 gêneros e cerca de 650 espécies. Destas, estima-se que aproximadamente 150 espécies de Passiflora sejam de ocorrência brasileira. Essa espécie é conhecida devido sua potencialidade no consumo e na fitoterapia da flora brasileira, no Brasil ocorrem quatro gêneros, *Ancisthrothyrus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* (Cervi, 1997; Cunha et al., 2004; Junqueira et al., 2005; Costa et al., 2015).

A *Passiflora cincinnata* conhecida como maracujá-brabo, maracujá-de-casca-verde, maracujá da caatinga, maracujá-tubarão, maracujá-mochila (Alagoas e Paraíba), “maracujá” (Santa Catarina, Mato Grosso e Minas Gerais e Pernambuco), maracujá-do-mato (São Paulo e Paraíba); maracujá-mi (Mato Grosso) (Cervi, 1997; Jesus; Faleiro, 2016). No Brasil, está espécie pode ser encontrada nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, nos tipos vegetacionais Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual (FLORA DO BRASIL, 2017).

A cultura é específica de clima tropical e subtropical, sendo necessário temperaturas entre 21 e 32 ° C, umidade relativa em torno de 60 % e precipitação real de 1000 a 1800 mm anuais (Machado et al., 2016). No seu habitat natural, a planta comporta-se como perene e semi perene (Oliveira; Ruggiero, 2005), tolerante a seca e apresenta bom desenvolvimento em diferentes tipos de solos do semiárido. Em virtude da morfologia das plantas e flores, também apresenta potencial ornamental (Oliveira; Ruggiero, 2005; Junghans; Jesus, 2015).

A cultura pode ser propagada via sexuada, fazendo-se uso de sementes, ou via assexuada por meio de enxertia e enraizamento de estacas (Junghans et al., 2016). Outrora, a germinação da *P. cincinnata* é irregular, estendendo-se de 15 a 30 dias (Araújo et al., 2016). No entanto, a uniformidade entre a germinação pode ser estabelecida, fazendo-se uso de um indutor de germinação, a base de reguladores de crescimento vegetal (Araújo et al., 2016).

O maracujazeiro caracteriza-se como uma planta trepadeira, semilenhosa e costuma atingir comprimentos entre 5 e 10 m (Manica et al., 1997). Apresenta variação no formato de suas estruturas (folhas, flores e frutos) de acordo com a espécie. Os primórdios foliares se desenvolvem inicialmente em um limbo simples e se torna trilobado, manifestam lóbulos ovalados e agudos na ponta e se distribuem em posições alternadas no caule (Teixeira, 1994). As flores são hermafroditas e se localizam na axila da folha, possuem brácteas, tubo do cálice, filamento da corona, sépala, pétala, opérculo, androginóforo, filete, antera, estilete e estigma, o

ovário encontra-se acima dos estames com formato redondo e os estiletos saem da parte superior no centro externo do ovário (Hardin, 1986; Manica et al., 1997)

O fruto é uma baga de tamanho e formatos variados, dentre esses, globoso, ovoide, elipsoide etc. A cor da casca e polpa também apresentam variações em razão da espécie. O fruto possui mesocarpo carnoso que representa cerca de 40% do fruto. As sementes são compridas em formato de ponta de lança, duras, envoltas com uma excrescência aquosa ou mucilaginosas em formato de arilo (Durigan; Durigan, 2002). A planta possui crescimento contínuo e vigoroso, sistema radicular superficial, possuindo em cada nó do caule uma gema florífera ou vegetativa, uma estrutura de sustentação e a folha (Texeira, 2005).

Assim, além da característica aromática, esta é uma espécie que apresenta alto valor econômico e social considerando sua utilização como alimento e plantio em áreas áridas sujeitas a estresse hídrico. Diante dessa potencialidade, em 2016 foi publicado o primeiro cultivar da espécie *P. cincinnata*, intitulado ‘BRS Sertão Forte’ que é o resultado da hibridização entre duas populações de plantas selecionadas no semiárido, CBAF2334 e CPEF2220 (D’abadia et al., 2020).

Essas cultivares estão disponíveis no mercado, na forma de mudas (Junghans et al., 2016). É uma espécie perene, resistente à seca, e se desenvolve em diferentes tipos de solo, até nos mais secos como a região semiárida do Brasil. Além disso, apresenta resistência à patógenos sistêmicos que afetam outras espécies de *Passiflora* (Oliveira; Ruggiero, 2005). Essa valorização se encontra definida em diversos benefícios oriundos do maracujá-do-mato, como a capacidade de resistência a períodos de estresse hídrico.

Segundo Araújo; Santos (2004), a *P. cincinnata* é altamente resistente às secas periódicas e desenvolve-se em grande parte dos solos argilo-silicosos ou silico-argiloso, mas parece suportar qualquer tipo de solo. Os autores ainda afirmam que este potencial do maracujá-do-mato vem sendo reconhecido pela Embrapa Semiárido, que cada vez mais promove a pesquisa sobre espécies da caatinga, com o intuito de criar uma fruticultura com plantas de grande potencial econômico.

2.2 IRRIGAÇÃO E SEUS ASPECTOS NA CULTURA DO MARACUJAZEIRO

A irrigação proporciona as culturas uma produção uniforme e contínua com frutos de alta qualidade. Isso se dá pelo bom desenvolvimento da planta e suprimento nutricional (Vaz et al., 2022). Todavia, cuidados devem ser tomados a fim de que a quantidade de água fornecida seja ideal para que a cultura expresse o seu máximo potencial nas diferentes regiões produtoras (Vaz et al., 2022). Diante das técnicas existentes para aumentar a eficiência do uso da água em

agricultura irrigada, o uso de sistemas por gotejamento com alta frequência e baixo volume, têm-se mostrado adequado na elevação da eficiência do uso da água (Andrade et al., 2021).

A irrigação por gotejamento é a mais utilizada pelos passicultores, pois melhora o desempenho das plantas pela formação de um microclima (Vaz et al., 2022). A irrigação localizada por sistema de gotejamento evita o molhamento foliar minimizando ataques por patógenos, além de criar condições de umidade e aeração do solo que favorece o pleno desenvolvimento das plantas (Médici et al., 2010; Carvalho et al., 2015). Durante a fase crítica da diferenciação das flores e da frutificação é necessário que o potencial hídrico do solo esteja acima de $-0,02$ MPa (Carr et al., 2013).

O grande empecilho para o cultivo do maracujazeiro na região Nordeste do Brasil, se dá pela precipitação mal distribuída durante o ano, com período de escassez entre maio e setembro (Silva et al., 2022). Entretanto, considera-se que a lâmina de água requerida para o cultivo do maracujazeiro desde a floração até a colheita é de 85 mm mês^{-1} (Dutra et al., 2018). O suprimento de água é importante para maior produtividade e qualidade dos frutos (Cavalcante et al., 2020), aderindo à irrigação como uma técnica lucrativa (Araújo et al., 2013).

O suprimento adequado de água por meio da irrigação pode propiciar os seguintes benefícios: maior número de flores e frutos, assegurando maior produtividade, melhor qualidade dos frutos, com maior tamanho e peso e coloração acentuada; maior quantidade de óleo na casca (Luchetti et al., 2003). O maracujá-do-mato inicia sua floração dentro de 120 a 150 dias, aproximadamente (Araújo et al., 2016). Para a cultivar 'BRS Sertão Forte' nas condições de Petrolina-PE a floração ocorre durante todo o ano, apresentando picos de floração nos meses de fevereiro, março e abril, a frutificação ocorre o ano todo segundo (Araújo et al., 2016).

Menzel et al. (1986) relataram que o maracujazeiro quando cultivado em estufa submetido a diferentes níveis de déficit hídrico, a planta reduziu a matéria seca antes de emitir qualquer outro sintoma. Os mesmos autores afirmaram que uma redução na umidade pode limitar severamente o crescimento vegetativo e o potencial de produção, concluindo que a umidade no perfil do solo deve permanecer próximo a capacidade de campo, notadamente durante o florescimento. A falta de água no solo, diminui o tamanho dos ramos laterais, decorrente da redução do número de nós e internos, afetando o número de botões florais e flores abertas.

O maracujá-do-mato produzido sob sistema de cultivo sequeiro, tem obtido bons resultados e baixo custo de produção, acabando por gerar interesse de pequenos agricultores da área, de modo a ser uma opção para gerar renda familiar (Embrapa Semiárido, 2016). De acordo com o estudo de Araújo; Santos (2004), o cultivo do maracujá-do-mato pode ser recomendado

para regiões com precipitação abaixo de 500 mm e mal distribuída ao longo do ano, onde se pratica agricultura de sequeiro com baixo uso tecnológico. Tendo em vista que, várias regiões no Nordeste as chuvas são localizadas e, muitas vezes, ocorrem longos períodos secos (Araújo et al., 2016).

2.3 ÉPOCA DE COLHEITA E SEUS ASPECTOS NO MARACUJAZEIRO

A *P. cincinnata* vem sendo explorada como forma de subsistência e de forma extrativista, no consumo *in natura* ou como matéria prima para indústrias de alimentos (sucos, geleias, sorvetes, doces, bebidas lácteas, óleos), na indústria química (perfumes e aromas), indústria farmacêutica ou na suplementação da alimentação animal (Araújo, 2007; Santos et al., 2017).

Durante o amadurecimento, os frutos de maracujá sofrem modificações na sua composição físico-química, intimamente relacionadas ao ponto de colheita. Geralmente, quando os frutos da *P. edulis* caem no chão, os frutos já mudaram sua coloração do verde para amarelo, o que marca a maturidade fisiológica (Coelho et al., 2010; Vianna-Silva et al., 2008).

Os frutos da *P. cincinnata* podem manter-se presos a planta mãe entre 230 e 371 dias após antese, mantendo sua coloração verde mesmo quando maduro (Oliveira; Ruggiero, 2005; Junghans; Jesus, 2015). Estudos realizados por Lima et al. (2017), constataram que o crescimento dos frutos se dá até os 60 dias após antese. Passado esse período, os mesmos autores notaram o início da fase de maturação fisiológica.

D'Abadia et al. (2020), constataram que entre 60 e 80 dias após a antese, os frutos da *P. cincinnata* tiveram características de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, massa, volume e produção de polpa em relação aos frutos maduros, todavia, o valores mais alto foram identificados após 100 dias após antese. O ponto de colheita dessa espécie de maracujá, nas condições em que esses autores desenvolveram se dá a partir dos 60 dias após antese considerando o teor de sólidos solúveis como parâmetro para colheita.

A maturação dos frutos da *P. cincinnata* conforme Junghans; Jesus (2015), se dá aos seis meses após antese, e mesmo maduros, apresentam a coloração da casca verde, sendo possível a identificação dos frutos maduros apenas quando pressionados, pois o mesmo cede a pressão quando maduro. No entanto, alterações no tamanho do fruto, variação no teor de água e acúmulo de massa seca nas sementes ocorre desde a fertilização do óvulo, até o ponto de maturação, já a maturidade fisiológica é marcada pela fase em que a semente não recebe mais nutrientes vindos da planta mãe (Carvalho; Nakagawa, 2000).

A vida útil dos frutos depende de diversas alterações físicas e bioquímicas que ocorrem durante o crescimento, desenvolvimento e maturação dos frutos (Patel et al., 2014). A colheita

quando os frutos atingem a maturação fisiológica é um fator que altera a qualidade, assim como a pós-colheita (Petel et al., 2014). O maracujá roxo (*P. edulis*) é consumido *in natura* após a maturidade por apresentar melhor qualidade alimentar, quando imaturas são extremamente ácidas e menor quantidade de suco e sabor. Logo, por tratar-se de um fruto climatérico, o amadurecimento pode ocorrer fora da planta (Singh et al., 2006).

Uma particularidade importante na conservação de seus frutos que é a manutenção dos níveis de ácido ascórbico durante o armazenamento, quando comparado aos frutos de maracujá azedo, a polpa do maracujá do mato é mais útil para indústria de suco, devido a sua maior acidez, o que resulta em economia no processo de fabricação não havendo a necessidade de acidificantes comerciais (Pita, 2012).

De forma geral, a caracterização físico-químicas influencia no valor comercial dos frutos, quanto ao tamanho (peso, comprimento, diâmetro), na cor da pele e polpa, bem como na espessura, rendimento do suco. Sendo assim, compreendendo variações de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), razão SS/AT, teor de açúcar, vitamina C, clorofila e carotenoides totais podem ser indicativos de ponto de colheita (Campos, 2007; Coelho; Resende, 2010).

2.4 INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E ÉPOCA DE COLHEITA NAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS

A qualidade dos frutos de maracujá amarelo exigida pelos mercados “*in natura*” e para fins industriais, deve apresentar acidez total titulável entre 3,2 e 4,5%, conteúdo de sólidos solúveis, oscilando de 15 a 16%, rendimento em suco acima de 40%, teor de vitamina C entre 13 e 20 mg 100 g⁻¹ e peso médio do fruto acima de 120 g (Ruggiero et al., 1996; São José et al., 1999). As características físico-químicas do maracujá são influenciadas por fatores como, estágio de maturação, idade das plantas, condições edafoclimáticas, estado nutricional, polinização e fertilização do solo (Ritzinger et al., 1989) o manejo da água utilizada na irrigação contribui de forma significativa para o incremento da produção e qualidade dos frutos (Carvalho et al., 1999).

A produção e a qualidade de frutos de maracujá podem variar entre regiões e localidades, conforme o manejo adotado. Queirós et al. (1998) irrigaram plantas de maracujá amarelo com água de boa qualidade e obtiveram os seguintes resultados: sólidos solúveis de 11 a 16%, acidez titulável entre 2,8 e 3,6% e rendimento em polpa variando de 36 a 41%. Teixeira et al. (1990) produziram maracujazeiro amarelo sob fertirrigação e a caracterização físico-química dos frutos obteve peso médio de até 146 g, sólidos solúveis 9,6 a 16,8% e acidez titulável de 3,0 a 5,8%.

Dias et al. (2012) avaliando a qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com água salina, afirmaram que as plantas irrigadas com água não salina de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ tiveram maiores massa do fruto (191,29 g), massa da polpa (85,56 g), massa do suco ($76,95 \text{ g fruto}^{-1}$) e massa de sementes ($8,62 \text{ g fruto}^{-1}$). A escolha de cultivares inadequada para as condições edafoclimáticas da área de plantio é uma das causas da baixa produtividade do maracujazeiro (Junqueira et al., 1999). Falta de cultivares homogêneas e produtivas, aptas as regiões de cultivo e tolerantes as principais doenças e pragas, tem limitado também a qualidade dos frutos (Meletti et al., 2000), quanto ao aspecto sabor, coloração, uniformidade de tamanho e formato (Krause et al., 2012).

O processo de maturação dos frutos, uma das principais modificações em suas características é o acúmulo de açúcares (glicose, frutose e sacarose), o qual ocorre simultaneamente com a redução da acidez. O teor de açúcares atinge o máximo no final da maturação, conferindo excelência à qualidade do produto (Chitarra; Chitarra, 2005).

A identificação da maturidade do fruto é fundamental para que a colheita seja eficaz. Com isso, parâmetros que indicam maturação como coloração da casca, ou alterações químicas que ocorrem ao longo do processo de maturação dos frutos, tais como: acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), açúcares solúveis, relação SS/AT, rendimento em suco, vitamina C, clorofilas e carotenoides do suco. Essas características de maturação devem garantir a qualidade dos frutos (Kluge et al., 2002).

O rendimento de suco e volume de polpa dos frutos da *P. cincinnata* obtiveram valores mínimos de 44,68% e 80,00 mL, e valores máximos de 71,43% e 160,00 mL, respectivamente (Santos et al., 2017). Quanto à acidez titulável, Santos et al. (2017) observaram valor médio de 5,15%, inferior a 6,6% encontrado na literatura por Campos et al. (2013). Para a industrialização é importante que os frutos apresentem elevada acidez titulável, o que diminui a adição de acidificantes e propicia melhoria nutricional, segurança alimentar e qualidade organoléptica (Campos et al., 2013).

O valor médio para sólidos solúveis (SS) encontrado por Santos et al. (2017) foi de 10,68%, inferior aos valores observados por Veras (1997) (18,4%) e Marchi et al. (2000) (13,08 a 14,67%). No entanto, a média de SS esteve dentro do exigido pela indústria, que trabalha com uma faixa de 10 a 11,2%. Enquanto que o pH dos frutos de maracujá do mato comercializados em feira livre apresentou média de 2,44 (Santos et al., 2017). Segundo Tocchini et al. (1994), frutos com pH da polpa na faixa de 2,5 e 3,5 são mais adequados à produção de suco concentrado do que para o consumo na forma de suco ao natural.

A casca do maracujá-do-mato *P. cincinnata* é rica em pectina, niacina, ferro, cálcio e fósforo. Em humanos, a niacina atua no crescimento e na produção de hormônios, assim como previne problemas gastrointestinais. Os minerais atuam na prevenção da anemia, no crescimento e fortalecimento dos ossos e na formação celular, também é explorada para a alimentação dos animais silvestres e no suprimento de vitamina C do sertanejo. O conteúdo médio de vitamina C é de 50,77mg 100mL⁻¹ de suco (Araújo et al., 2004).

Os frutos da *P. cincinnata* possuem longevidade, firmeza, sabor ácido e odor distintos dos frutos do maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) (D'Abadia et al., 2020). Para que os frutos expressem sabor e aroma devem ser colhidos em período adequado, podendo ser determinado pelas variações de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ratio, teor de açúcar, vitamina C e carotenoides (Coelho et al., 2010). Os frutos de maracujazeiro para consumo *in natura* devem apresentar percentual de acidez titulável entre 3,2 e 4,5%, rendimento de suco acima de 40%, teor de vitamina C entre 13 e 20 mg 100 g⁻¹ e peso médio do fruto acima de 120 g (Barros et al., 2018).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Passiflora cincinnata*, notadamente a cultivar 'BRS Sertão Forte' destaca-se no cenário brasileiro, pelo potencial econômico e social. A cultura é adaptada a climas tropicais e subtropicais, pela resistência a seca, torna-se promissora para regiões áridas. A irrigação é imprescindível para uma boa produtividade e qualidade dos frutos, em regiões com má distribuição de chuvas. Com isso, o sistema de irrigação por gotejamento tem se destacado pela eficiência, garantindo que a água esteja localizada apenas nas raízes.

A época de colheita, determinada pelos parâmetros físico-químicos, impacta diretamente na qualidade do produto final. Logo, a maturação fisiológica, indicada por alterações na coloração da casca e parâmetros químicos garantem frutos com qualidade elevada. Dessa forma, a irrigação e a época de colheita influenciam nas características físico-químicas e compostos bioativos desejáveis nos frutos, atendendo as demandas dos mercados 'in natura' e industriais.

Todavia, o manejo integrado de cultivares adaptadas as condições locais, irrigação eficiente e época de colheita ideal, proporcionam sucesso da cultura do maracujazeiro, proporcionando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. R. S. de; SILVA, E. G; SILVA, E. T. da; PEREIRA, R. G; SILVA, J. F. da., COSTA, C. M; ZAMORA, V. R. O; CRUZ, A. F. da S; FERREIRA M. E. da S; SILVA, M. G. dos S; NORONHA, D. A. **Avaliação do desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em cultivo de maracujá.** Research, Society and Development, v.10, p. 1-13. 2021.
- ARAÚJO, F. P. de. **Caracterização da variabilidade morfoagronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no semi-árido brasileiro.** 2007. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2007.
- ARAÚJO, F. P. de; et al. *Passiflora cincinnata*: maracujá-da-caatinga. In: Coradin, L.; Camillo, J.; Pareyn, F.G.C. (Eds.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste.** Brasília, DF: MMA, 2018. p. 217-224 il. color. (Série Biodiversidade, 51).
- ARAÚJO, F. P.; Silva, N.; Queiroz, M. A. **Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast com base em descritores morfoagronômicos.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 30, p.723-730, 2008.
- ARAÚJO, F. P; Melo, N. F; Faleiro, F. G. **Cultivar de maracujazeiro silvestre (*Passiflora cincinnata* Mast.) para Caatinga e para o Cerrado BRS SF.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. Np. 1 Folder. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/1440039/1/Folder-1-016>. Acesso em jun. 2021.
- ARAÚJO, H. F; COSTA, R. N. T; CRISOSTOMO, J. R; SAUNDARS, L. C. U; MOREIRA, O. Da C. **Technical and economic indicators of the yellow passion fruit tree irrigated with underground water supply.** Engenharia Agrícola, v.34, p.940-951, 2013.
- CAMPOS, C. O. **Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda): características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita.** 2007. 113 f. Tese (Doutorado em agronomia: Área de concentração em horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- CAMPOS, V. B; FOGAÇA, T. da S; ALMEIDA, W. L; BARBOSA, J. A; OLIVEIRA, M. R. T. Gondim, S. C. Cavalcante, L. F. **Caracterização física e química de frutos de maracujá-amarelo comercializados em Macapá, Amapá.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.15, p. 27-33, 2013.
- CARR, M. K. V. **The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims).** Experimental Agriculture, v.49, p.585-596, 2013.
- CARVALHO, A. J. C. de; MARTINS, D. P; MONERAT, P. H; Bernardo, S. **Produtividade e qualidade do maracujazeiro amarelo em resposta à adubação potássica sob lâminas de irrigação.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.21, p. 333-337, 1999.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 98-118.

CARVALHO, S. L. C.; STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M. **Maracujá-amarelo: recomendações técnicas para cultivo no Paraná**. Londrina: Iapar, 2015. (Boletim técnico, 83).

CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. de L.; Cavalcante, A. C. P., ARAÚJO, D. L.; NASCIMENTO, A. P. P.; ZANUNCIO, J. C. **Physiology and production of yellow passion fruit with hydroabsorbent polymer and different irrigation depths**. Revista Ceres, v. 67, p. 365-373, 2020.

CERVI, A. C. **Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora***. Madri: Fontqueria XLV, 1997. 92 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. **Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento**. Ciência e Agrotecnologia, v. 34, p. 722- 729, 2010.

COSTA, E. C. S.; NUNES, T. S.; MELO, J. I. M. **Flora da Paraíba, Brasil: Passifloraceae sensu stricto**. Rodriguésia, v. 66, p. 271-284, 2015.

COSTA, J. R. M.; LIMA, C. A. de A., LIMA, E. D. P. de A.; CAVALCANTE, L. F., OLIVEIRA, F. K.; D. **Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, p. 143-146, 2001.

COSTA, M. M.; BONOMO, R.; SENA JÚNIOR, D. G.; GOMES FILHO, R. R.; Ragagnin, V. A. **Produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí-GO**. Revista Brasileira de agricultura irrigada, 3:13-21, 2009.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; FARIA, G. A.; BOTÂNICA. IN: Lima, A. De A., Cunha M.A.P. **Maracujá: Produção e Qualidade na Passicultura, Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2004.

D' ABADIA, A. C. A.; COSTA., A. M.; FALEIRO, F. G.; RINALDI, M. M.; OLIVEIRA, L. de L.; MALAQUIAS, J. V. **Determination of the maturation stage and characteristics of the fruits of two populations of *Passiflora cincinnata* Mast**. Revista Caatinga, v. 33, p. 349-360, 2020.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; FREIRE, O. de L.; NASCIMENTO, J. A. M. **Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas**. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, p. 2905-2918, 2012.

DURIGAN, J. F.; DURIGAN, M. F. B. (2002) **Características dos Frutos**. Maracujá. Pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Frutas do Brasil, 23. 51p.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, J. F.; Dutra, W. F. **Photochemical and productive performance of yellow passion fruit irrigated in the Brazilian semiarid.** Engenharia Agrícola, v.38, p. 901- 909, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Cultivar de maracujazeiro silvestre (*Passiflora cincinnata* Mast.) para a Caatinga e para o Cerrado BRS Sertão Forte.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 2p. (Folder técnico).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N.; Costa, A. M.; Machado, C. F.; JUNQUEIRA, K. P.; ARAÚJO, F. P.; JUNGHANS, T. G. **Espécies de maracujazeiro no mercado internacional.** In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, ON (ed.). Maracujá: do cultivo à comercialização. Brasília, DF: Embrapa, p. 15-37, 2017.

HARDIN, L. C. **Floral biology and breeding system of the yellow passionfruit, *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.** Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, v.30, p.35-44, 1986.

JESUS, O.N.; FALEIRO, F.G.; **Classificação botânica e biodiversidade.** In: Faleiro, FG; Junqueira, NTV (Eds.). Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. v. 1, cap. 2, p. 24-39. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). 58

JUNGHANS, T. G; JESUS, N.O. *Passiflora cincinnata* Mastro. In: Junghans, TG et al. **Guia de plantas e propágulos de maracujazeiro.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 95 p.

JUNQUEIRA, N. T. V et al. **Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças.** In: Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Braga, M. F. (Ed.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. cap. 4, p. 79 – 108.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos de clima temperado.** 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2002. 163p.

KRAUSE, W.; NEVES, L. G.; VIANA, A. P.; ARAÚJO, C. A. T.; FALEIRO, F. G. **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, p. 1737-1742, 2012.

LIMA, H. C. et al. **Cultivo, aspectos produtivos, rendimento e características dos frutos do maracujazeiro da caatinga, ‘cultivar BRS Sertão Forte’ no Cerrado do Brasil central.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23, 2017, Porto Seguro. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade brasileira de fruticultura, 2017.

LUCHETTI, M.A.; MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J.D.; FIGUEREDO, J.O. **Aspectos gerais e distribuição de cultivo.** In: Mattos Junior, D.; De Negri, J. D; Figueiredo, J. O. (Eds.). Lima Ácida Tahiti, 1., 2003. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 1- 12.

MACHADO, C. F.; GIRARDI, E. A.; FALEIRO, F. G. **Clima.** In: Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. (Ed.) **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 16-21.

- MANICA, I. **Maracujá: Taxonomia, anatomia e morfologia**. In: São José, A. L.; Bruckner, C. H.; Manica, I.; Hoffmann, M. *Maracujá Temas Seleccionados: Melhoramento, morte prematura, polinização e taxonomia*. Porto Alegre: Cinco continentes, 1997, p. 7-24.
- MARCHI, R.; MONTEIRO, M.; BENATO, E. A.; SILVA, C. A. R. **Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Deg.*) destinado à industrialização**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, 2000.
- MEDICI, L.O.; ROCHA, H. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. **Automatic controller to water plants**. *Scientia Agrícola*, v. 67, p. 727-730, 2010.
- MELETTI, L. M. M.; SANTOS, R. R. dos; MINAMI, K. **Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar ‘COMPOSTO IAC-27’**. *Scientia Agrícola*, v. 57, p. 491-498, 2000.
- MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; DOWLING, A. J. **Water relations in passion fruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake**. *Scientia Horticulturae*, v. 29, p. 239-49, 1986.
- OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. **Espécies de maracujá com potencial agrônômico**. In: Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Braga, M. F. *Maracujá: germoplasma e melhoramento genético*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 143-158.
- PATEL, R. K.; SINGH, A.; PRAKASH, J.; NATH, A.; DEKA, B. C. **Physico-biochemical changes during fruit growth, development and maturity in passion fruit genotypes**. *Indian Journal of Horticulture*, v.71, p. 486-493, 2014.
- PITA, J. S. L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. 2012. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, 2012.
- QUEIRÓS, M. S.; LIMA, E. M. de; CAVALCANTE, L.F; Oliveira, M.R.T. de. **Caracterização físico-química em frutos de maracujazeiro amarelo, no Estado da Paraíba**. In: Ruggiero, C. (ed.). *Maracujá, do plantio à colheita*. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SBF. 1998. 388p.
- REFLORA. *Passifloraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: Acesso em: 25 julho de 2021.
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB12506>.
- RITZINGER, R.; MANICA, I.; RIBOLDI, J. **Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá-amarelo**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.24, p. 241-245, 1989.
- RUGGIERO, C.; SÃO JOSE, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J. F.; BAUNGARTNER, J. G.; SILVA, J. R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 64p. (Publicações técnicas Frupex, 19).

SANTOS, G. L.; DUTRA, F. V.; FROTA, B. S.; RAMPAZZO, M.; RAMPAZZO, A. D.; MORAIS, O. M. **Caracterização qualitativa de frutos de maracujá do mato comercializados em Vitória da Conquista, Bahia.** Seagrus Agronomia, 2017.

SANTOS, J. L. V.; RESENDE, E. D.; MARTINS, D. R.; GRAVINA, G. de A.; CENCI, S. A.; MALDONADO, J. F. M. **Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.750-755, 2013.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. **Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v.16, p. 33-40,2017.

SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; BONFIM, M. P.; PIRES, M. M. **Situação regional da cultura do maracujá- Nordeste.** In: **REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISA EM MARACUJAZEIRO**, 1999, Londrina. Anais... Londrina: IAPAR/SBF, 1999. p.4-10.

SINGH, A.; PATEL, R. K.; BABU, K. D.; BHUYAN, M. **Flowering, fruiting and ripening physiology of passion fruit.** Ecology and Environment, v.245, p.693-97, 2006.

TEIXEIRA, D. M. M.; OLITTA, A. F. L.; VASCONCELOS, L. A. B.C. de. **Efeito de vários níveis de fertirrigação na cultura do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*).** Engenharia Rural, v.1, p.1-76, 1990.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. **Comparação de métodos para quantificação de antocianinas.** Revista Ceres, v.55, p. 297-304, 2008.

TOCCHINI, R.P.; NISIDA, L. A. C.; HASHIZUME, T.; MEDINA, J.C.; TURATTI, J. M. **Processamento: produtos, caracterização e utilização.** In: ITAL. **Maracujá.** 2 ed. Campinas: ITAL,1994. p.161-192.

VAZ, A. F. de S.; MARTELLETO, L. A. P.; ANTUNES, L. F. de S.; ROSA, R. C. C.; ANDRADE, G. S.; CARVALHO, D. F. **Desempenho produtivo e qualidade dos frutos do maracujazeiro cultivado em manejo orgânico sob *mulching* e sistema automatizado de irrigação.** Research, Society and Development, v.11, p.1-14,2022.

VESPUCCI, I. L.; SILVA, D. D. A.; FARIA, R. C.; CAMPOS, A. J.; NUNES, M. P. C. **qualidade pós-colheita de maracujá silvestre ‘brs pérola do cerrado’ submetidos ao cloreto de cálcio.** Multi-Science Journal, v.2, p.65-69,2019.

VIANNA-SILVA, T.; RESENDE, E. D.; VIANA, A. P.; PEREIRA, S. M. De F.; CARLOS, L. De A.; VITORAZI, L. **qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.28, p.545-550, 2008.

Artigo I: Qualidade de frutos de *Passiflora cincinnata* sob irrigação e sequeiro em função de dias após antese

RESUMO

A *Passiflora cincinnata* é frequentemente encontrada na região semiárida do Brasil e possui frutos com sabor intenso e exótico. Essa planta é conhecida por produzir sob limitações hídricas. Além disso, os seus frutos possuem coloração esverdeada mesmo quando estão maduros, o que dificulta a identificação do estágio certo para a colheita. A disponibilidade hídrica e a época de colheita podem influenciar a qualidade pós-colheita desses frutos. Com isso, o objetivo nesse estudo foi avaliar a influência do sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) e épocas de colheita sobre as características físicas e de pós-colheita de frutos de *P. cincinnata* 'BRS Sertão Forte'. Foi utilizado esquema fatorial 2 x 4 em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo dois sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e quatro épocas de colheita (60, 80, 100 e 120 dias após a antese) com 240 frutos avaliados, sendo 60 por época de colheita (30 frutos para cada sistema de cultivo) e 6 frutos por parcela. As polpas dos frutos foram analisadas quanto a caracterização físico-química e compostos bioativos. As características físicas e químicas do maracujá-do-mato foram influenciadas pela época de colheita e pelo sistema de irrigação. Para os dias após a antese, houve redução na massa e nas dimensões dos frutos. O sistema de sequeiro diminuiu a massa dos frutos, enquanto a irrigação influenciou a cor e a respiração. Os compostos fenólicos e a clorofila também foram afetados pelos diferentes sistemas de cultivo. O volume de polpa aumentou com os dias após antese. Os frutos do sistema irrigado foram maiores em termos de massa do fruto inteiro, massa da casca e diâmetro. Os frutos sob sequeiro apresentaram maior concentração de açúcares não-redutores e carotenoides.

Palavras-Chaves: maracujá-do-mato, estresse hídrico, maturidade fisiológica, 'BRS Sertão Forte'.

4 INTRODUÇÃO

O maracujá-do-mato é uma espécie nativa dos biomas Cerrado e Caatinga do Brasil. A planta em ambiente natural apresenta-se como perene ou semi perene e bom desenvolvimento em diferentes tipos de solos do semiárido, notadamente por sua resistência a seca (Souza et al., 2018; Mendes et al., 2021), além da resistência ao mosaico vírus do feijão-caupi (Cowpea aphid-borne mosaic virus **CABMV**) (Gonçalves et al., 2018; Moura et al., 2021), maior período de floração e potencial para uso na indústria farmacêutica (Bernardes et al., 2020; Gomes et al., 2022; Reis et al., 2023). Ressaltando esse potencial, a primeira cultivar ‘BRS Sertão Forte’ foi lançada em 2016, podendo ser cultivada em regiões com limitações hídricas abaixo de 500 mm onde é comum a prática de agricultura de sequeiro e com baixo uso tecnológico, tanto na Caatinga quanto no Cerrado (Araújo, 2018).

O déficit hídrico e nutricional está entre as causas de baixa produtividade do maracujazeiro em cultivos comerciais (Vaz et al., 2022). A escassez de água desencadeia nas plantas várias cascatas de sinalizações que estimulam sensores osmóticos ligados a membrana que medeiam o acúmulo de Ca^{2+} citosólico (Dubois; Inz'e, 2020), com isso, a cascata de fosforilação leva a alterações gênicas e síntese do hormônio ácido abscísico (ABA), esse permite o fechamento de estômatos, parada de crescimento e mudanças transcricionais (Jeena et al., 2017). A ativação desses genes funcionais está relacionada a mitigação de danos e tolerância ao estresse. Todavia, nesse processo estão inclusos proteínas carregadoras, como rafinose, manitol, frutanos, glicina-betaína e prolina que serão responsáveis por manter o equilíbrio osmótico, controlar o fluxo da água, manter a integridade da membrana e a síntese de proteínas relacionadas a inativação de espécies reativas de oxigênio e a degradação de proteínas defeituosas, que juntas mantêm a integridade do sistema fotossintético e sistema respiratório em plantas (Fang; Xiong, 2015; Golldack et al., 2014; Dubois; Inz'e, 2020).

Todavia, o maracujá-do-mato é cultivado em pequenos pomares produzido por pequenos produtores (Santos et al., 2021). Entretanto, esse cenário tende a mudar, pois resultados sensoriais promissores e características nutricionais desejáveis encontrada em frutos de *Passiflora cincinata* destaca a espécie silvestre brasileira (Braga et al., 2006). Os frutos da *P. cincinnata* caracteriza-se por sabor azedo, resistência a seca e doenças e pragas que atacam o maracujá azedo (Araújo et al., 2016; 2018). Quando maduro o maracujá-do-mato apresenta casca amarelo-esverdeada, polpa amarelo-esbranquiçada a esbranquiçada, teor de sólidos solúveis variando de 8 a 13° Brix, cerca de 88% de teor de umidade, valor de pH aproximado de 3,0 e acidez entre (2,0 a 3,0%). O fruto possui aroma e sabor exóticos, e valores nutricionais

aceitáveis, como fonte de potássio, ferro, fosforo e cálcio e das vitaminas A, C (aproximadamente 10 mg 100 g⁻¹) e do complexo B (Aidar et al., 2016; Araújo et al., 2019).

A composição dos frutos de maracujazeiro é influenciada pelas condições edafoclimáticas e amadurecimento. Tais variações estão relacionadas como ponto de colheita (Coelho et al., 2010). A maturação fisiológica de frutos de *P. edulis* é marcada pela mudança na coloração da casca, bem como a abscisão do fruto da planta (D'Abadia et al., 2020). Todavia, essas mudanças não ocorrem para os frutos de *P. cincinnata*, o que dificulta a colheita no momento adequado. Em frutos de maracujá azedo a razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) são reduzidos com temperaturas mais amenas (Veras et al., 2000). Assim como, precipitação e temperaturas mais amenas reduziram os teores de açúcares redutores e a razão SS/AT quando comparadas à época de temperaturas mais elevadas (Ritzinger et al., 1989). Frutos colhidos de maio a setembro com temperaturas mais amenas e menor precipitação elevaram seus conteúdos de acidez, matéria seca, sólidos solúveis totais e razão SS/AT do que frutos colhidos de outubro a dezembro (Silva et al., 2008).

O maracujá-do-mato, por se tratar de um fruto que mantém as características visuais originais quando maduro, características sensoriais e nutricionais promissoras, além de resistência a seca, doenças e pragas que atacam o maracujá comum. Logo, faz-se necessário a avaliação das características de qualidade pós-colheita em diferentes épocas de colheitas e sistema de cultivo, a fim de identificar a composição e determinar o ponto ideal de colheita. Com isso, objetivou-se foi avaliar a influência do sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) e diferentes épocas de colheita sobre as características físicas e de pós-colheita de frutos de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' no segundo ciclo de produção.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL

O período experimental ocorreu entre fevereiro a outubro de 2022, em condição de campo, na Fazenda Experimental Rolando Enrique Rivas Castellón do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), município de São Domingos, PB (06° 48' 50" S e 37° 56' 31" W, altitude de 190 m). A região possui clima do tipo BSh (quente e seco) (Köppen, 1928), cenário comum em regiões semiáridas. A precipitação, temperatura e umidade do ar durante o período do experimento foram obtidas na estação meteorológica de São Gonçalo, PB no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET Fig 1a e b), cuja médias mensais referentes a condução do experimento foram de 66,89 mm, 26,62 °C e 66,99%, respectivamente.

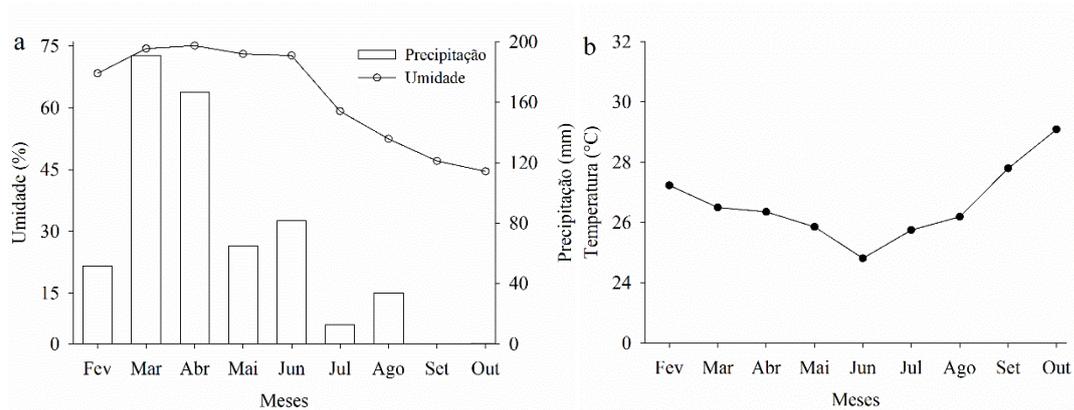


Figura 1. Precipitação e umidade do ar (a), temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura em campo.

Um esquema fatorial 2 x 4 em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, de oito plantas por parcela, foi utilizado. O primeiro fator foi dois sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e o segundo foram quatro épocas de colheita (60, 80, 100 e 120 dias após a antese), as épocas de colheita foram baseadas em D'Abadia et al. (2021).

5.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A semente da cultivar comercial de maracujá-do-mato 'BRS Sertão Forte' utilizada foi obtida junto a Embrapa Cerrados. Essa cultivar foi criada por cruzamentos intraespecíficos entre as progênies CPEF2220 e CBAF2334 de um conjunto de população e acessos de *P. cincinnata* do Banco de Germoplasma e do Programa de Melhoramento Genético de Passifloras da Embrapa Semiárido. A análise da fertilidade do solo da área experimental foi realizada nas camadas de 0–20 e 20–40 cm, bem como do esterco (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental e do esterco utilizado para adubação

Atributos												
altura	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	MO
(cm)	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --					cmol dm ⁻³				%	g dm ⁻³
0-20 cm	8,94	46,18	7,89	6,52	0,00	0,00	15,25	24,55	53,91	53,91	100	1,74
20-40 cm	6,78	13,77	0,37	0,91	0,48	0,00	7,41	2,44	11,13	11,61	95,86	1,74
esterco	6,71	16,87	0,51	0,74	0,40	0,00	6,18	1,92	9,35	9,75	95,89	-

SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V=saturação por bases; MO=matéria orgânica

O substrato para o semeio das sementes foi preparado com solo, esterco bovino de curral curtido e areia lavada (3:1:1, v/v). A adubação foi composta por 1 kg de P₂O₅ (superfosfato simples) e 0,2 kg de micronutrientes (Dripsolmicro). As mudas foram obtidas a partir de uma única semente em sacos de polietileno 5 dm³, sendo as mudas cultivadas em casa de vegetação. O controle de plantas daninhas e irrigação foram feitos manualmente. As covas que receberam

as mudas na área experimental possuíam dimensões de 40 x 40 x 40, o transplante se deu aos 69 dias após a semeadura, quando as plantas atingiram um metro de altura. O sistema de irrigação utilizado foi localizado por gotejamento, com um gotejo de vazão de 20 L/h por planta. A lâmina de irrigação utilizada foi de acordo com o utilizado para o maracujazeiro azedo 16,8 L diário por planta (7,5 mm por dia) conforme a metodologia descrita por Sousa et al. (2011).

A cultura foi conduzida em sistema de espaldeira, com um fio de arame liso nº 14. O espaçamento utilizado foi 2,5 entre fileira e 3 m entre plantas. A condução da planta até a espaldeira deu-se da seguinte forma: as plantas foram tutoradas e quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira fez-se a poda da gema apical, forçando a emissão dos ramos secundários, dos quais foram selecionados apenas dois e conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,5 m. A poda dos ramos secundários ocorreu quando os ramos atingiram 160 cm, induzindo a formação dos ramos terciários dos quais originaram a cortina. A limpeza da planta, bem como eliminação das gavinhas e ramos indesejáveis foram feitas rotineiramente, proporcionando um maior desempenho da cultura.

A floração do maracujá-do-mato iniciou-se aos 97 dias e manteve-se até 152 dias após a semeadura. As flores abriram as 6:00 e mantiveram-se abertas durante todo o dia, a polinização das flores se deu de forma manual, bem como a sua identificação, cujo crescimento foi acompanhado e colhidos considerando os dias em relação à antese, uniformidade e condições fitossanitárias adequadas. Os mesmos foram transportados em bandejas plásticas no mesmo dia para o Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos da UFCG, Campus Pombal.

5.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

5.3.1 Taxa respiratória

Os frutos foram pesados em balança de precisão digital (BEL M214-AiH, 0,1 mg), acondicionados em potes de polietileno com capacidade para 1,0 L, por seis horas, com tampa acrescidos de uma película de silicone, para que a troca gasosa com o meio fosse evitada. Ao lado destes frutos, dentro dos potes de polietileno, foi inserido um recipiente com 12 mL de NaOH 0,5 M, fixador do CO₂ produzido no processo de respiração. Após as seis horas, a solução de NaOH foi acrescida de três gotas de fenolftaleína e 10 mL de BaCl₂ 0,2 M, sendo submetida a titulação com ácido clorídrico a 0,1 M. A taxa respiratória foi expressa em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ de acordo com Crispim et al. (1994), com adaptações conforme Costa et al. (2020).

5.3.2 Análise física do fruto

A polpa com sementes foi extraída do fruto e filtrada em peneira de poliéster de 1 mm. As massas frescas do fruto (com polpa e sementes), da casca e volume da polpa sem sementes foram avaliadas. Os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos inteiro e espessura da casca. A forma do fruto foi determinada pela razão entre o diâmetro longitudinal e transversal (AOAC, 2005). A firmeza da casca foi determinada na região equatorial nos dois lados opostos do fruto com um penetrômetro (PCE- PTR 200 – ponta 3 mm), com resultados expressos em Newton (N).

5.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L^* , a^* e b^*)

As leituras de colorimetria foram feitas com o auxílio de colorímetro Minolta CR – 300, com fonte de luz D 65, com 8 mm de abertura, através de três variáveis de cor: Luminosidade (L), coordenada a^* e coordenada b^* . O valor L^* fornece a luminosidade, variando do preto ($L^*=0$) ao branco ($L^*=100$). O valor de a^* caracteriza coloração na região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), e o valor b^* indica coloração no intervalo do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$). Os valores desses parâmetros foram utilizados para o cálculo da cromaticidade (C), indicando a saturação do objeto analisado. O ângulo Hue (H°) é o ângulo formado entre a^* e b^* , que indica a cor verdadeira do objeto (Ferreira; Spricigo, 2017).

5.3.4. Análise físico-química da polpa

5.3.4.1 pH e concentração de íons H^+

O pH foi determinado em potenciômetro digital de bancada (Digimed DM22) previamente calibrado, com leitura direta das amostras de polpa de fruta. Os resultados de pH também foram expressos como concentração de micromoles (mM) de íons $[H^+]$ de acordo com a equação: $[H^+] = 10^{-pH}$ (IAL, 2008).

5.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT

As polpas foram maceradas com auxílio de pistilo, pipetadas e filtradas em camada de algodão e o teor de sólidos solúveis (SS, %) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Hanna, HI96801). A acidez titulável (AT, %) foi determinada pela titulação de 3 mL de polpa macerada acrescido de 47 mL de hidróxido de sódio 0,1 M com adição de 2 gotas do indicador fenoftaleína alcoólica 1%. A relação SS/AT foi expressa pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (IAL, 2008).

5.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores

O teor de açúcares solúveis ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) foi determinado conforme a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954). O teor de açúcares redutores ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) foi determinado pelo método descrito por Miller (1959). Essas variáveis foram determinadas por espectrofotometria (Spectrum SP1105) a 620 e 540 nm para açúcares solúveis e redutores, respectivamente. A glicose foi utilizada como referência para obtenção da curva padrão. Os açúcares não redutores foram resultantes entre a diferença dos açúcares solúveis e redutores.

5.3.5 Análises de compostos bioativos

5.3.5.1 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foi determinado pela titulação de 1 mL de cada amostra, completado 49 mL de ácido oxálico (5%) refrigerado, seguido de titulação com solução de 2,6 diclorofenolindol (0,2%) (Strohecker; Henning, 1967).

5.3.5.2 Clorofila total e carotenoides

As clorofilas ($\text{mg}/100\text{g}$) foram determinadas pelo método proposto por Lichtenthaler (1987). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 2 g de polpa e 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona 80%, em ambiente escuro. O extrato foi colocado em centrífuga refrigerada (CT – 500R) a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido após 24 horas de repouso refrigerado em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 663 e 646 nm (clorofilas a e b) e 470 nm (carotenoides totais).

5.3.5.3 Flavonoides e antocianinas

Os teores de flavonoides e antocianinas ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram determinados pelo método de Francis (1982). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 0,5 g de polpa e 10 mL de etanol/HCl 1,5 M (85:15, v.v) em ambiente escuro, seguido de repouso refrigerado por 24 horas. O extrato foi centrifugado a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 374 e 535 nm para flavonoides e antocianinas, respectivamente.

5.3.5.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram determinados pelo método de Folin-Ciocateau (Waterhouse, 2006). O extrato foi preparado com 3 mL de amostra e 47 mL de água destilada, após 30 minutos de repouso seguido de filtração. Uma solução de 500 μL da polpa,

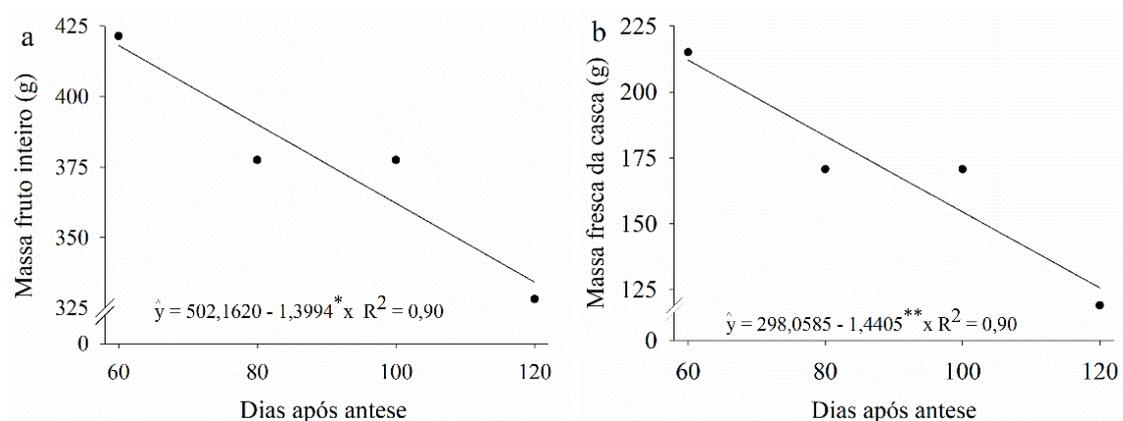
1625 μL de água destilada e 125 μL de Folin-Ciocalteu foi preparada em tubos de ensaio, os quais foram agitados (Shajer NI 1107) e deixados em repouso por 5 minutos. Logo, adicionou-se 250 μL de carbonato de sódio (20%), agitou-se novamente e os tubos foram imersos em banho termostático (Hemoquímica HM 0105) a 40 °C por 30 minutos. Os teores de compostos fenólicos foram quantificados pela leitura em espectrofotômetro (Spectrum SP 1105) a 765 nm, tendo como referência o ácido gálico.

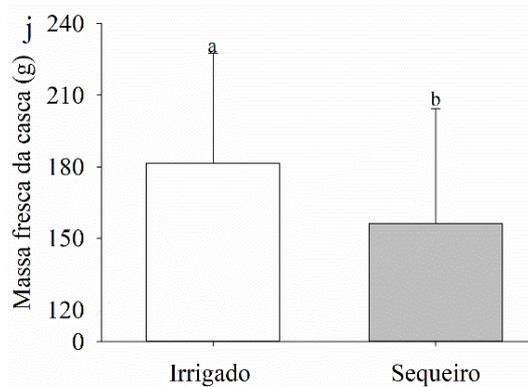
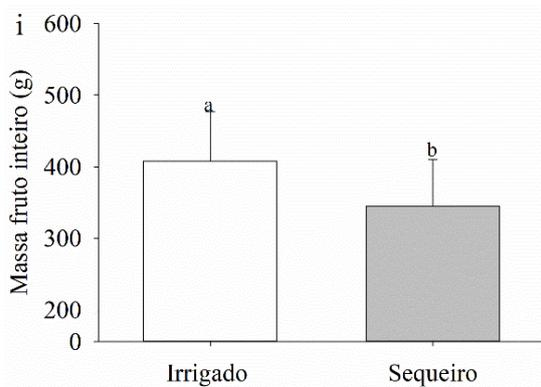
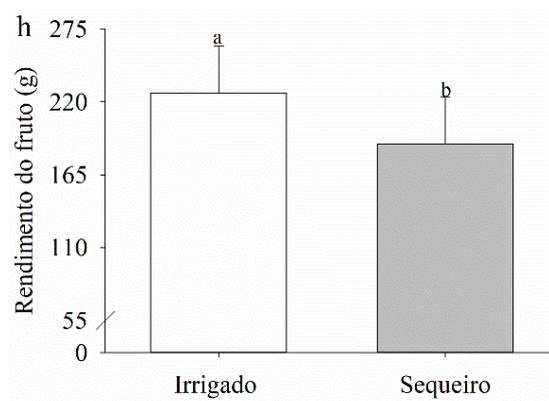
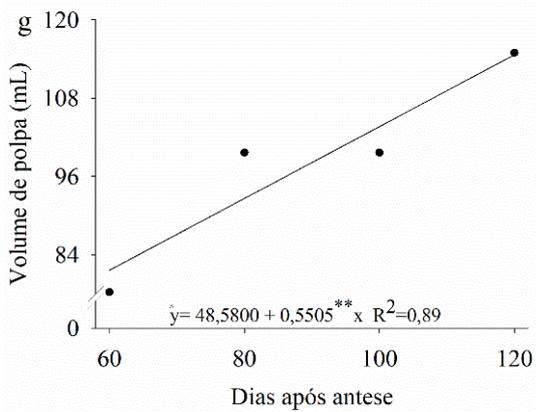
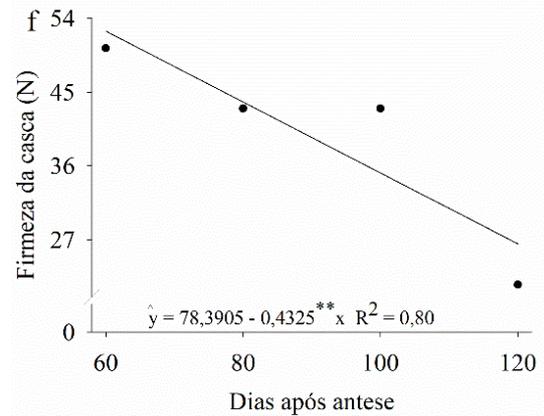
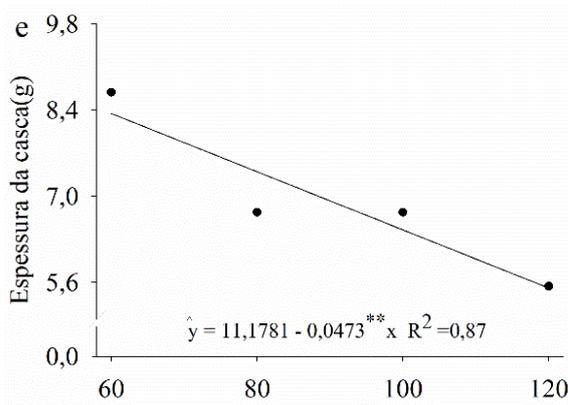
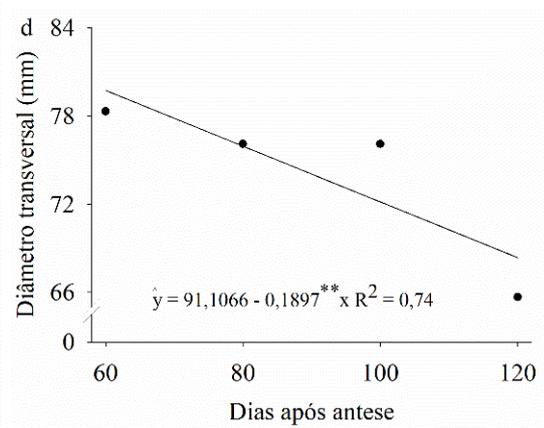
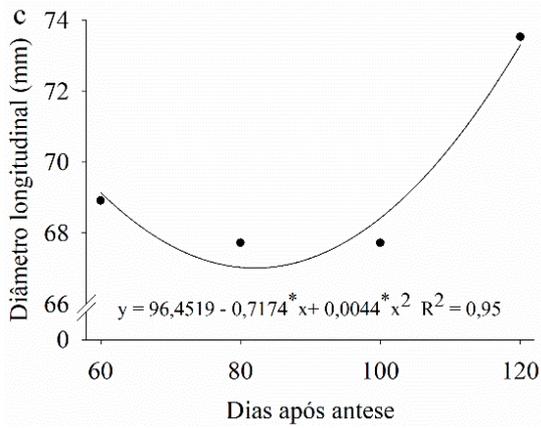
5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos sistemas de irrigação foram comparadas pelo teste F ($p \leq 0,05$), e uma análise de regressão polinomial foi realizada para a época de colheita. O pacote estatístico ExpDes (Ferreira et al., 2021) foi usado no programa estatístico R (R Core Team, 2022) para as análises dos dados. Análise de correlação de Pearson foi realizada pelo pacote PerformanceAnalytics (Peterson; Carl, 2020). A análise de componentes principais foi realizada para estudar a inter-relação entre variáveis e fatores.

6 RESULTADOS

As características físicas dos frutos do maracujá-do-mato foram influenciadas pelas épocas de colheita e pelos sistemas de irrigação de forma isolada (Fig 2 a,b,c,d,h). Os dias após antese reduziram a massa do fruto inteiro (27,86%), massa fresca da casca (48,32%), diâmetro transversal (20,82%), espessura da casca (42,31%) e firmeza (55,17%). O volume de polpa aumentou com os dias após antese, com incremento linear de 0,5505 mL (1,13%). A restrição hídrica (sistema sequeiro) diminuiu a massa do fruto inteiro (15,50%), massa fresca da casca (13,94%), diâmetro longitudinal (5,23%), diâmetro transversal (3,49%), e rendimento (16,76%) de frutos de *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ (Fig 2 a, b c, d, h).





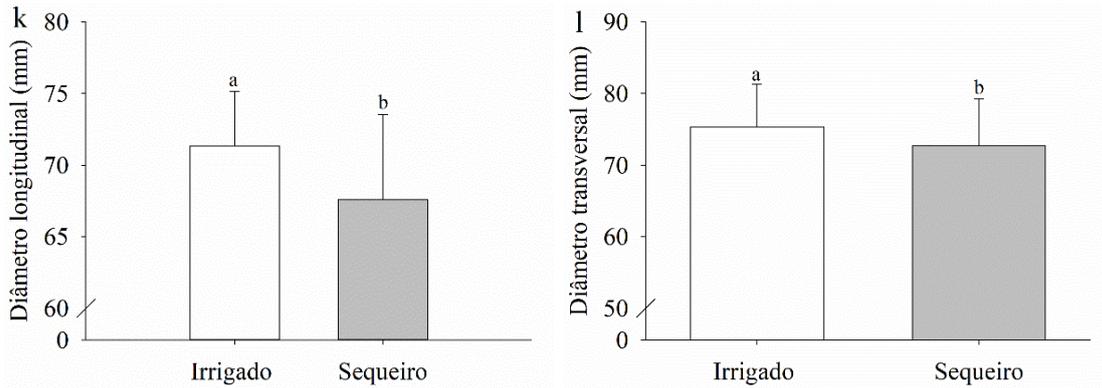
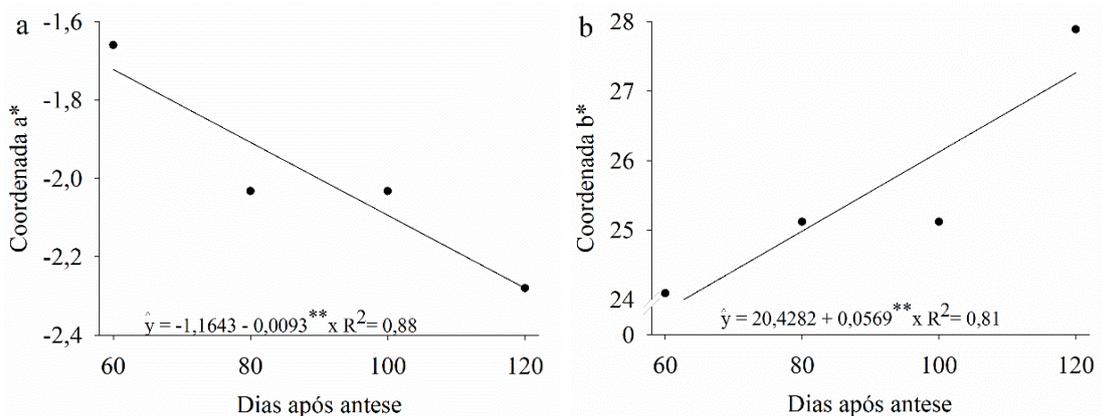


Figura 2. Massa do fruto inteiro (a, i), massa fresca da casca (b, j) diâmetro longitudinal (c, k), diâmetro transversal (d, l), espessura da casca (e), firmeza da casca (f), volume de polpa (g), rendimento do fruto (h) de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.

A coordenada a e o índice de cor foram influenciadas pelos fatores isolados (Fig 3 a, f, i, j). A coordenada a* (verde) reduziu (89,46%) com os dias após antese e o índice de cor teve seu maior valor aos 95 dias após antese. Logo, o sistema sequeiro reduziu as mesmas em 15,44 e 14,82%, respectivamente. As demais variáveis tiveram efeito para os dias após antese., enquanto a coordenada b* (amarelo), o croma e índice de amarelecimento tiveram um incremento de 33,14, 31,67 e 6,83%, respectivamente, com as épocas de colheita (Fig 3 b, c, d, e, g, h). A luminosidade e índice de escurecimento tiveram os menores valores aos 69 e 78 dias após antese, com valores de 36,89 e 22,19, respectivamente, com as épocas de colheita. O ângulo Hue teve o maior valor aos 78 dias após antese, valor correspondente a 104,56.



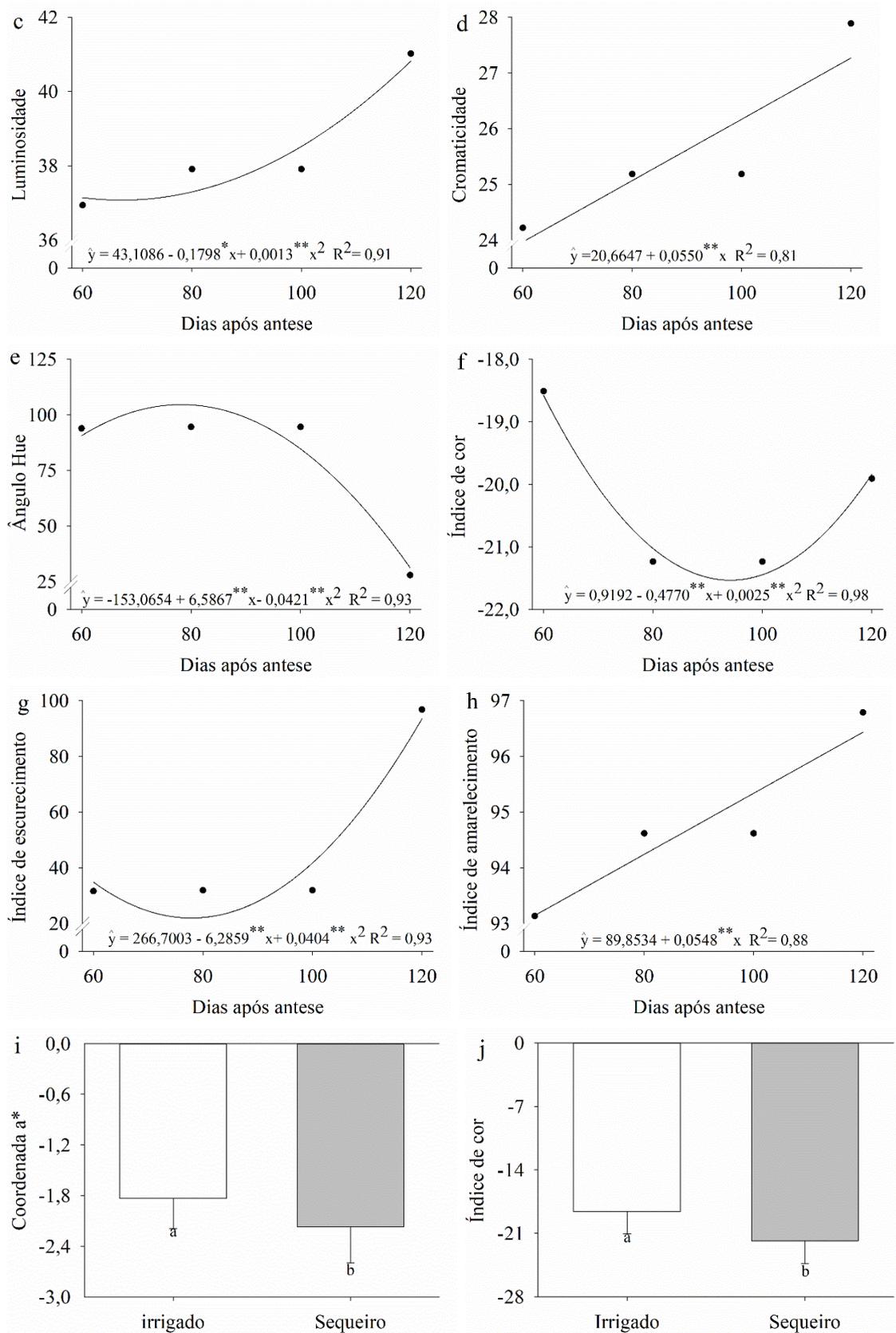
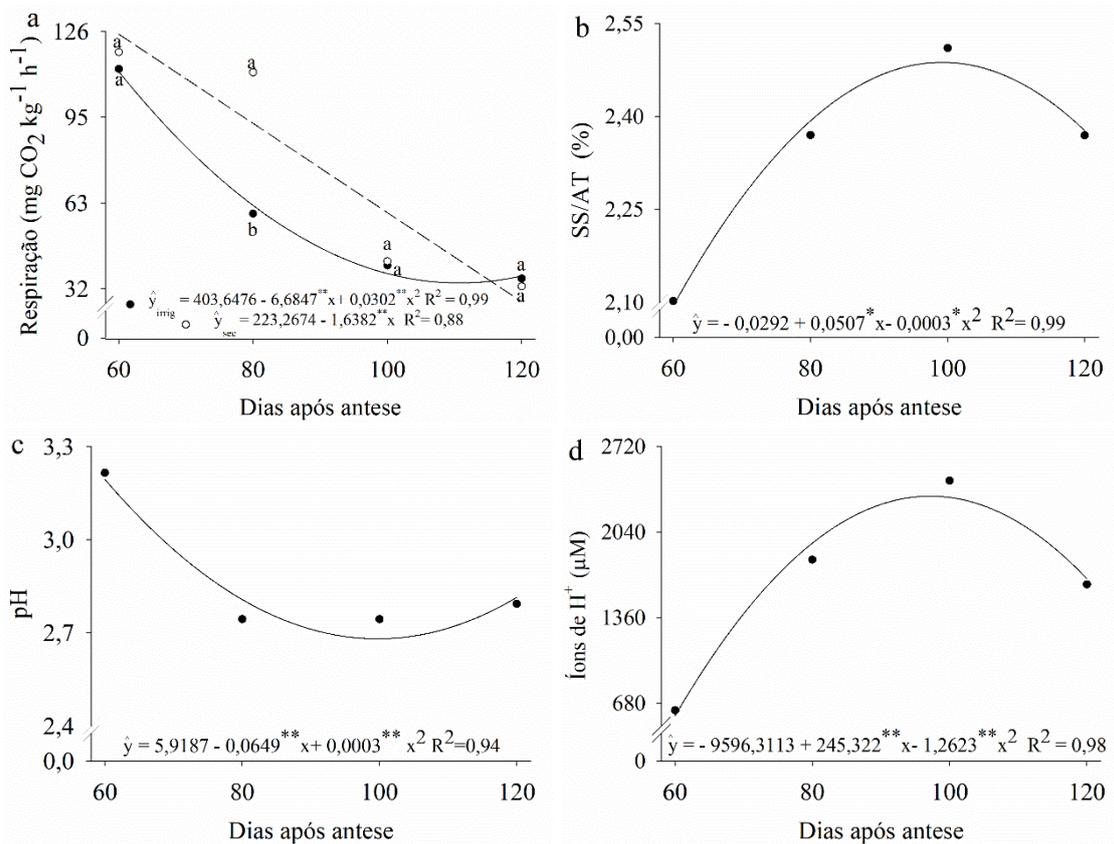


Figura 3. Coordenada - a* (a, i), coordenada - b* (b), luminosidade (c), cromaticidade (d), ângulo Hue (e), índice de cor (f, j), índice de escurecimento (g), índice de amarelecimento (h)

de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.

Houve interação entre os fatores avaliados para a respiração dos frutos (Fig 4 a). O sistema de cultivo sequeiro diminuiu (73,37%) a respiração dos frutos de *P. cincinnata*. Para os frutos sob cultivo irrigado o ponto mínimo da respiração 33,74 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ foi estimado aos 110 dias após a antese. Contudo, a relação SS/AT, pH, concentração de íons H⁺, açúcares solúveis totais diferiram apenas para as épocas de colheita (Fig 4 b, c, d, e). A razão SS/AT teve seu ponto máximo (2,11) aos 85 DAA. O pH teve seu ponto mínimo (2,41) aos 108 DAA. A concentração de íons H⁺ teve seu ponto máximo (2325,91 μM) aos 98 DAA. Os açúcares solúveis totais tiveram seus menores teores (5,86 g 100 g⁻¹) aos 88 DAA. Todavia, os açúcares não-redutores foram influenciados pelo sistema de cultivo, com um aumento de 26,01% quando cultivados sob sequeiro (Fig 4 f).



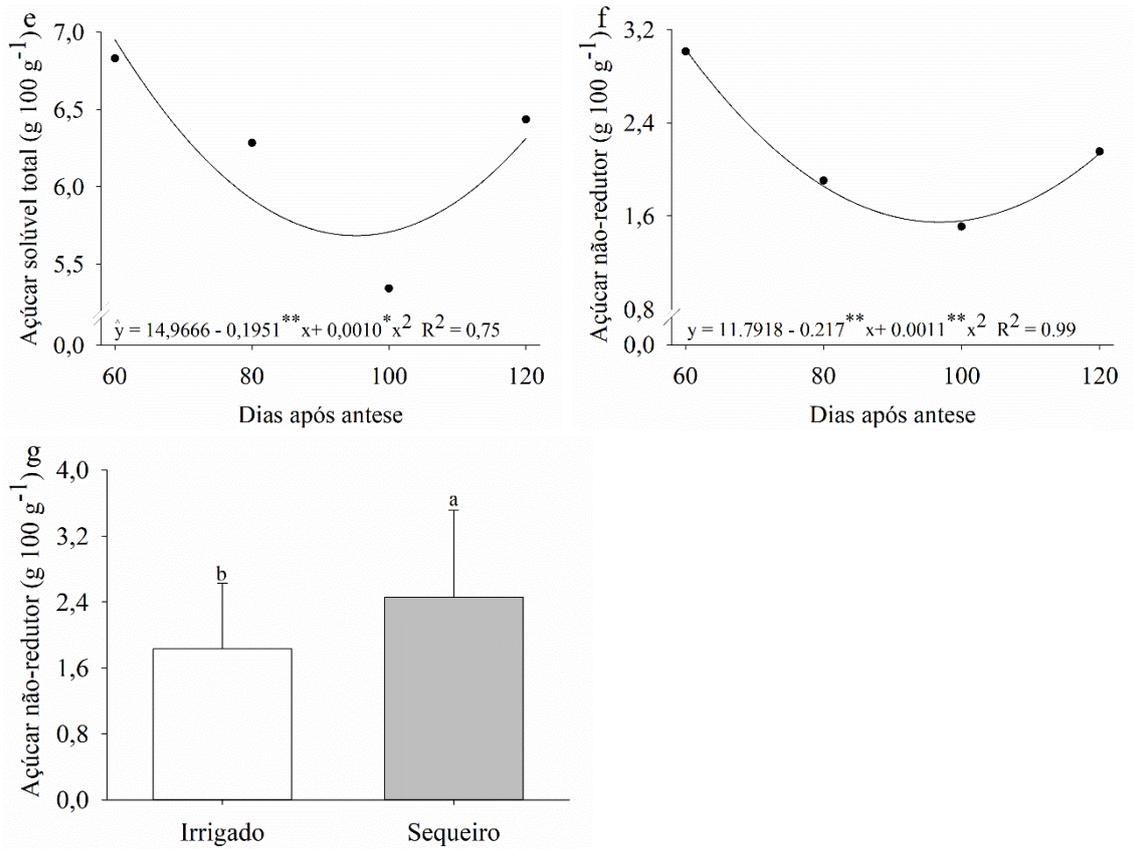
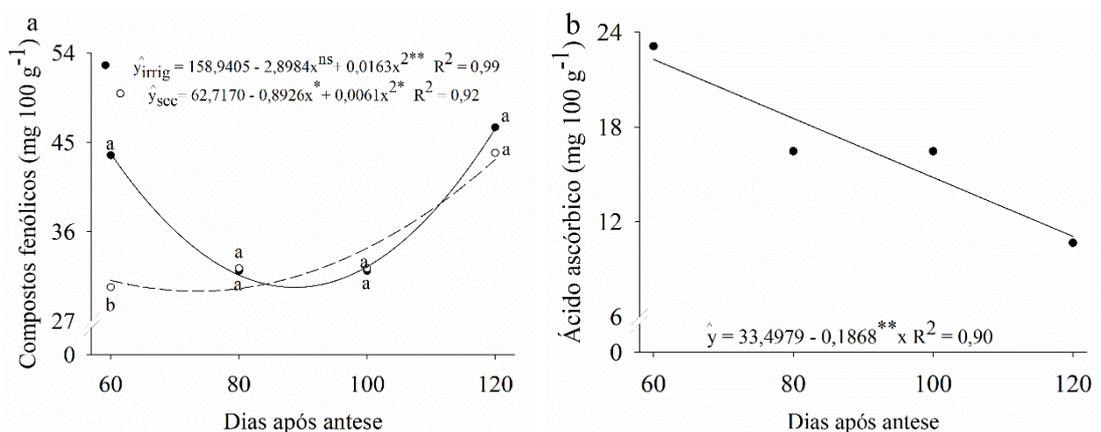


Figura 4. Respiração (a), SS/AT (b), pH (c), íons de H⁺ (e), açúcar solúvel total (e), açúcar não-reduzidor (f, g) de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro em função dos dias após antese.

Houve interação entre os fatores estudados para compostos fenólicos (30,10 e 30,06 mg 100 g⁻¹) com menores valores aos 89 e 73 dias após antese quando os frutos foram cultivados sob sistema irrigado e sequeiro, respectivamente (Fig 5 a). Os teores de ácido ascórbico reduziram (55,76 %) com os dias após antese (Fig 5 b). Os teores de antocianinas diferiram quanto aos sistemas de cultivo, sendo que o sistema sequeiro reduziu (41,90%) o teor deste composto antioxidante (Fig 5 c). O maior teor de flavonoides (16,76 mg 100 g⁻¹) foi observado aos 94 dias após antese (Fig 5 d).



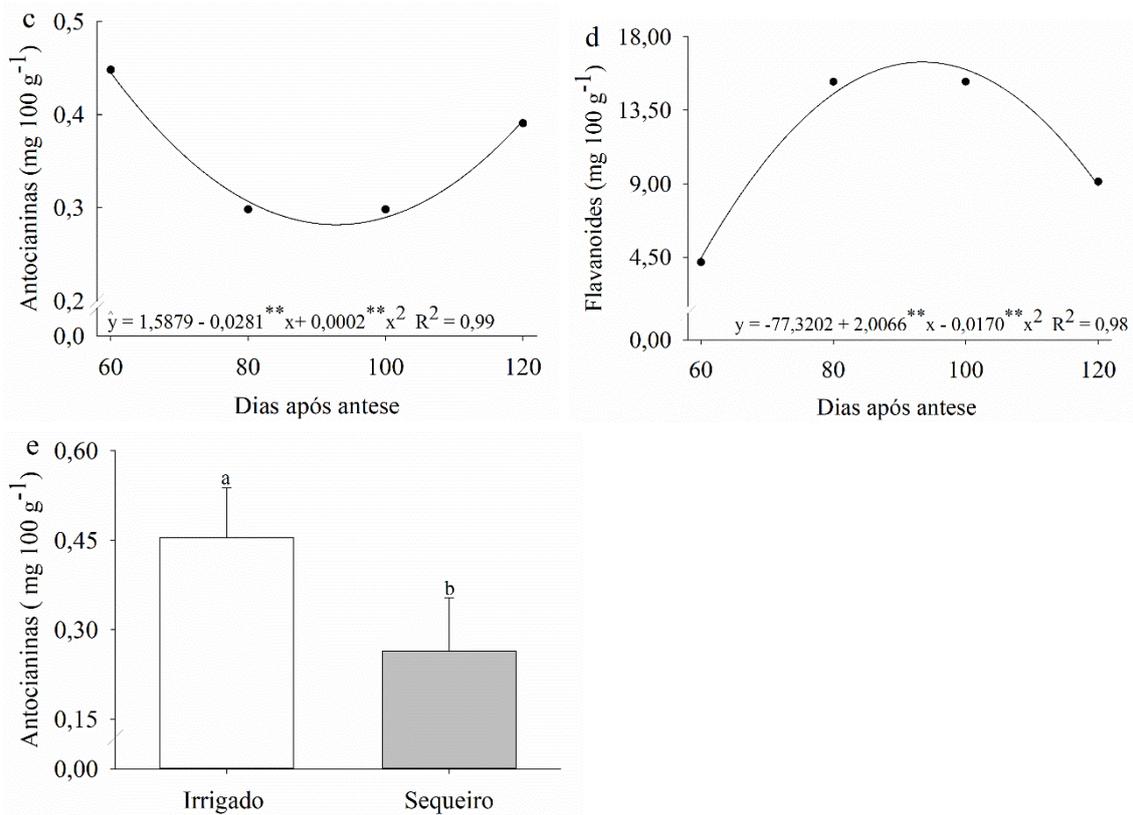
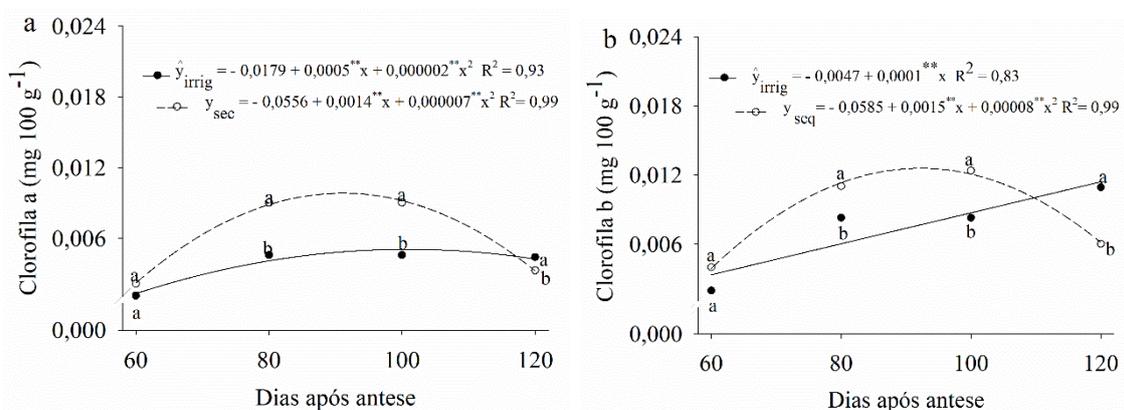


Figura 5. Compostos fenólicos (a), ácido ascórbico (b), antocianinas (c, e), flavonoides (d) de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro nas épocas de colheita.

Houve interação entre os fatores estudados para clorofila a, clorofila b e clorofila total (Fig 6 a, b, c). No entanto, quando as plantas foram submetidas ao cultivo em sequeiro o ponto máximo das clorofilas esteve entre 80 e 100 dias após antese. Todavia, o teor de clorofilas cujas plantas foram cultivadas sob sistema irrigado tiveram seu ponto máximo a partir dos 100 dias após antese para clorofila a, e 120 dias após antese para clorofila b e totais. O teor de carotenoides aumentou (39,89%) quando os frutos foram cultivados sob sistema de sequeiro (Fig 6 d).



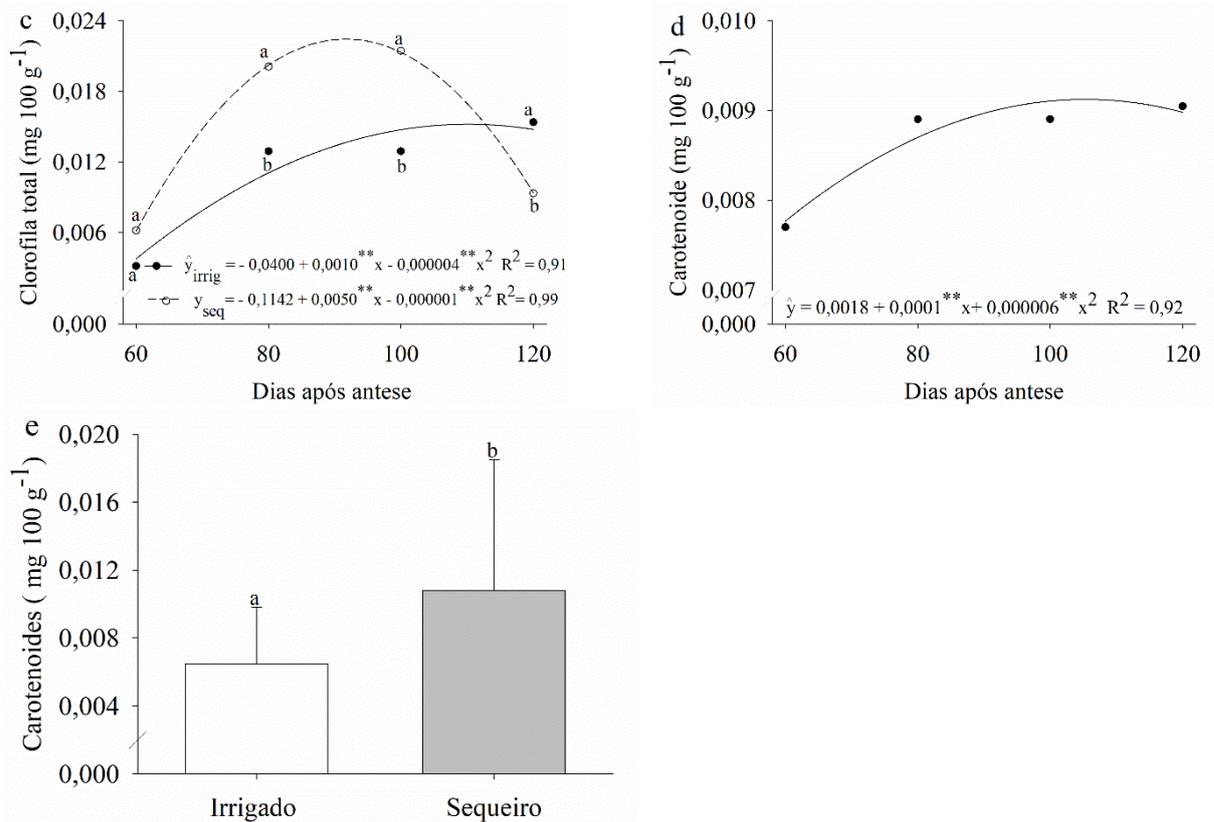


Figura 6. Clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (c) e carotenoides (d,e) de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita.

As variáveis massa fresca do fruto inteiro (MFI) e massa fresca da casca (MFC) diâmetro longitudinal (DL) e volume de polpa (VP), diâmetro transversal (DT) firmeza da casca (F), espessura da casca (EC), ácido ascórbico (AA), ângulo hue ($^{\circ}$ Hue), respiração (Resp), formato do fruto (FF), luminosidade (L), coordenada b*(b), cromaticidade (C), índice de escurecimento (IE) e compostos fenólicos (CF), potencial hidrogeniônico pH, índice de H⁺ (H⁺), sólido solúveis /acidez titulável (SS/AT), clorofila a (Cloa), clorofila b (Clob), clorofila total (CloT), flavonoides (Flav), sólido solúvel (SS) correlacionaram-se de forma positiva (Fig 7).

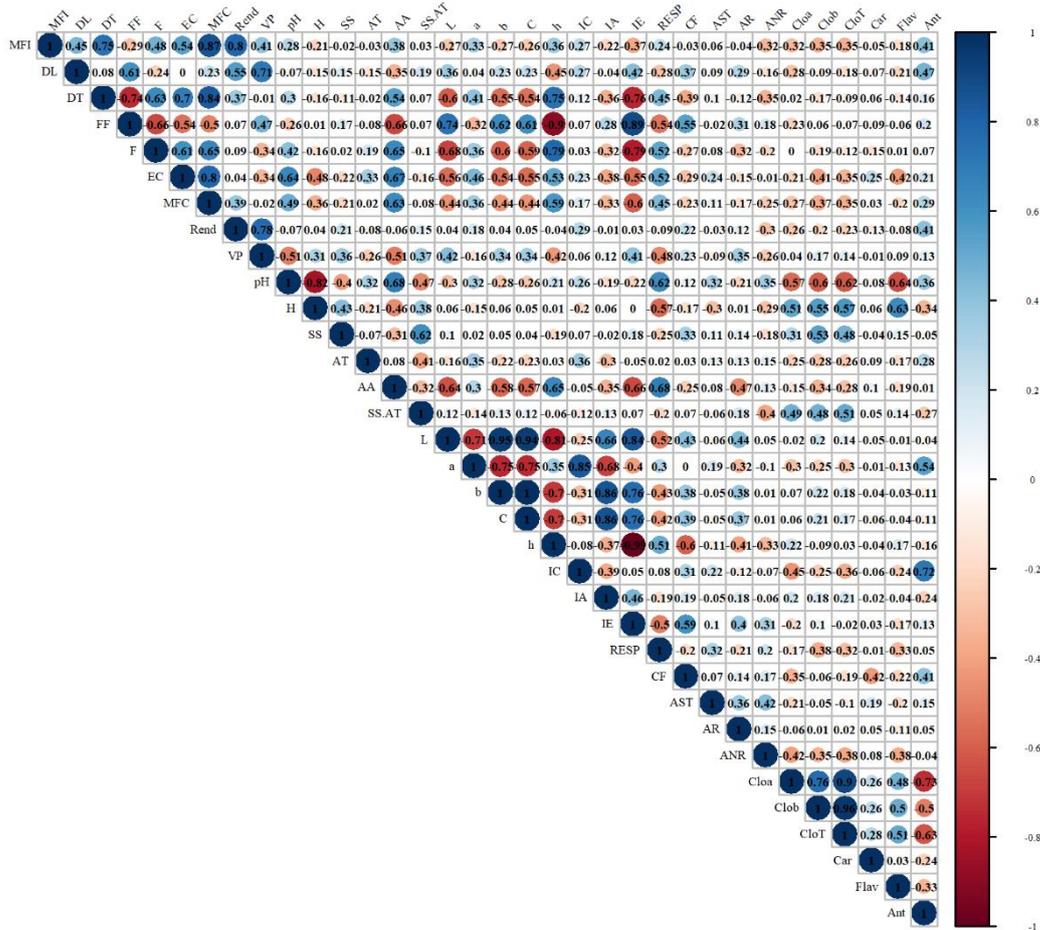


Figura 7. Correlação de Pearson entre características física, química e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita. Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, Massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, região do vermelho ao verde = a, região do verde ao azul = b, luminosidade = L, croma = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo Hue = °Hue, potencial hidrogeniônico = pH, acidez titulavel = AT, sólidos solúveis = SS, relação sólidos solúveis/acidez titulavel = SS/AT, íons H^+ = H^+ , ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcares solúveis totais = AST, açúcares redutores = AR, açúcares não-redutores = ANR. *, **, *** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente, pelo teste t.

A razão sólido solúvel/ acidez titulável (SS/AT), clorofila b (Clob), clorofila total (CloT), luminosidade (L), coordenada b*(b), cromaticidade (C), índice de amarelecimento (IA), índice de escurecimento (IE), açúcar redutor (AR), coordenada a* (a), índice de cor (IC), antocianinas

(Ant), compostos fenólicos (CF), açúcar redutor (AR), clorofila a (Cloa), clorofila total (CloT), flavanoides (Flav) foram correlacionadas de forma positiva.

As características diâmetro transversal (DT), formato do fruto (FF), firmeza da casca (F), espessura da casca (EC), ácido ascórbico (AA), luminosidade (L), coordenada a^* (a), coordenada b^* (b), cromaticidade (C), ângulo hue (Hue), índice de escurecimento (IE), respiração (Resp), potencial hidrogeniônico (pH), íons de H^+ (H^+), clorofila b (Clob) e clorofila total (CloT) correlacionaram de forma negativa (Fig 7). As clorofilas a, b e T correlacionaram-se de forma negativa com as antocianinas.

Os dois primeiros componentes somaram 75% de variância total (Fig 8). Além disso, cinco grupos foram formados. A respiração (Resp), massa fresca da casca (MFC), espessura da casca (EC), massa do fruto inteiro (MFI) e a coordenada a^* (a) tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 60 dias após antese e cultivados sob sequeiro (S60). Esse resultado sugere que o déficit hídrico reduz o tamanho dos frutos. O potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), índice de cor (IC), açúcares solúveis totais (AST), antocianinas (Ant), rendimento (Rend) e açúcares não-redutores (ANR) foram maiores quando os frutos foram colhidos aos 60 dias após antese e cultivados sob irrigação (I60). Esse comportamento sugere que o suprimento de água melhora a qualidade dos frutos.

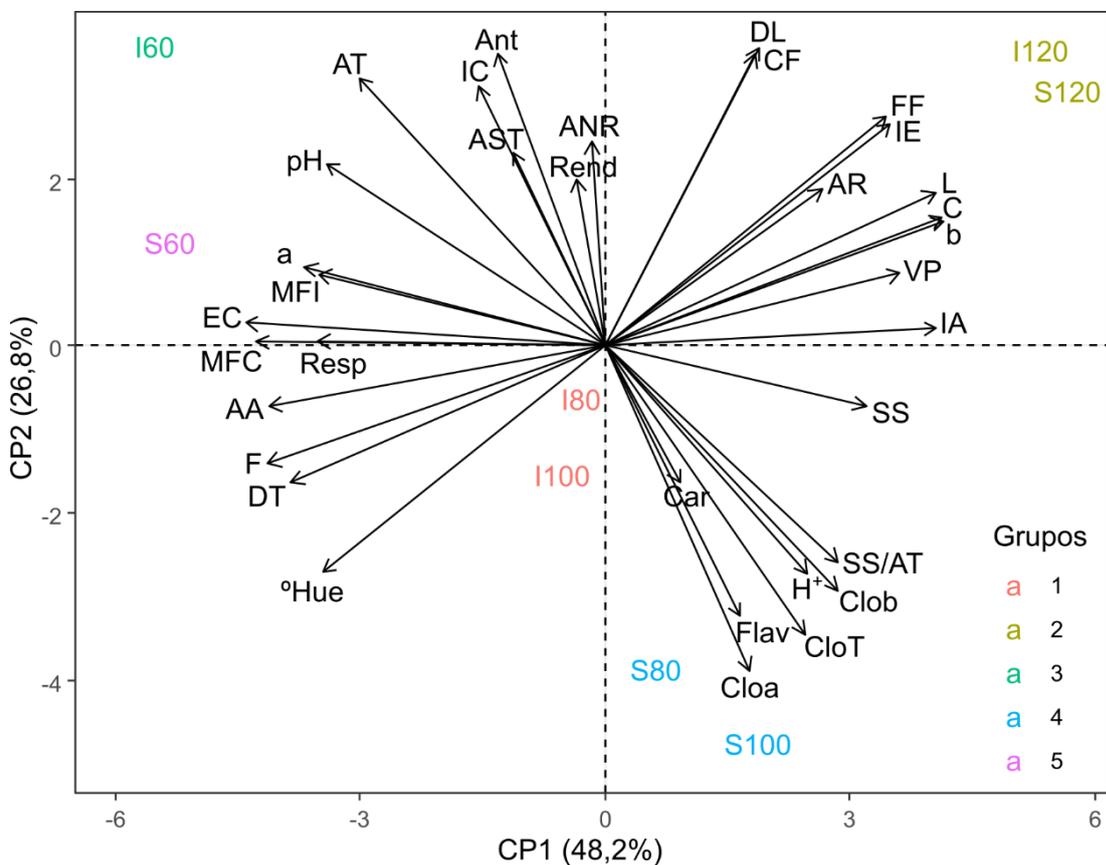


Figura 8. Análise de componentes principais de características físicas, químicas e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em diferentes épocas de colheita. Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, região do vermelho ao verde = a, região do verde ao azul = b, luminosidade = L, croma = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo Hue = °Hue, potencial hidrogeniônico = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, relação sólidos solúveis/acidez titulável = SS/AT, íons de H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcares solúveis totais = AST, açúcares redutores = AR, açúcares não-redutores = ANR.

O diâmetro longitudinal (DL), compostos fenólicos (CF), formato do fruto (FF), índice de escurecimento (IE), açúcares redutores (AR), luminosidade (L), croma (C), região do verde ao azul (b), volume de polpa (VP) e índice de amarelecimento (IA) foram maior quando os frutos foram colhidos aos 120 dias após antese independente do sistema de cultivo (I120 e S120) (Figura 8). Isso sugere que aos 120 dias após antese os frutos já estão totalmente maduros não sendo mais influenciados pelo sistema de cultivo.

Os sólidos solúveis (SS), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), clorofila b (Clob), íons de H⁺ (H⁺), clorofila total (CloT), flavanoides (flav), carotenoides (Car) e clorofila a (Cloa) tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 80 e 100 dias após antese e cultivados sob sequeiro (S80 e S100). Isso sugere que os frutos estão sob maior estresse durante esse período, notadamente o processo de maturação é intensificado com a transformação de metabolitos primários em secundários. O ângulo hue (°Hue), diâmetro transversal (DT), firmeza (F) e ácido ascórbico (AA) tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 80 e 100 dias após antese e cultivados sob irrigação (I80 e I100). Esse comportamento sugere que o suprimento de água nessa fase garante a maturação dos frutos.

7 DISCUSSÃO

Os dias após antese influenciaram a massa do fruto inteiro, massa fresca da casca, diâmetro transversal, espessura da casca, firmeza da casca *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ (Fig 2 a, b, d, e, f). Berman; Dejong et al. (1996) sugerem que tais comportamentos se dá pelo acúmulo de solutos osmoticamente ativos que são responsáveis pelo crescimento dos frutos, bem como crescimento expansivo celular que requerem carboidratos, a restrição desses

compostos em frutos sob restrição hídrica diminuem a capacidade de acumular água. Os fatores genéticos e condições edafoclimáticas a qual a planta é cultivada influenciam no crescimento, reduções na umidade e precipitação e aumento da temperatura nos meses referentes a condução do experimento justificam os valores encontrados neste estudo (Figura 1 a, b).

D'Abadia et al. (2021) citam que, para maracujá-do-mato o aumento do estágio de maturação proporciona redução no diâmetro e massas do fruto, como observado em *P. cincinnata*. Para o maracujá amarelo a partir dos 35 dias após antese, há uma redução na taxa de acúmulo de matéria fresca do fruto, sem nenhum crescimento a partir dos 60 dias após antese. Todavia, dos 21 aos 60 dias após antese há acúmulo de polpa, sendo a casca o dreno principal até os 21 dias após antese (Enamorado et al., 1995). Isso acontece devido à perda de água do pericarpo. Logo, a polpa permanece intacta apesar da perda de massa Pongener et al. (2014).

As plantas de maracujá-do-mato cultivadas sob irrigação tiveram frutos com maior massa do fruto inteiro, massa fresca da casca, diâmetros longitudinal e transversal e rendimento (Figura 2 a, b, c, d, h). Isso ocorre devido ao acúmulo de fotoassimilados, açúcares e carboidratos (Tessmer et al., 2014). Neste trabalho, notou-se que a cultivar 'BRS Sertão Forte' responde bem à irrigação por gotejamento. O suprimento adequado de água durante o ciclo da cultura proporciona um microclima o que melhora o desenvolvimento das plantas, intensifica os processos de fotossíntese e transpiração (Taiz; Zeiger, 2017).

O amadurecimento do fruto do maracujá reduz a firmeza da casca, a espessura da casca e promove o aumento do volume da polpa com o aumento nos dias após antese (Figura 2 e, f). A redução na firmeza deve-se a degradação de polissacarídeos presentes na parede celular, notadamente pectinas, que promovem resistência à casca (Hadfield; Bennet, 1998; Dias et al., 2012). Nos frutos de maracujá são encontradas as duas formas endo e exopoligalacturonases, essas enzimas atuam na solubilização, despolimerização, que podem ou não serem extensivas, rearranjo da estrutura (Shiga et al., 2009).

Logo, essas modificações são decorrentes na maior parte da perda de adesão da parede celular, como consequência da solubilização das pectinas e hidratação da parede celular (Shiga et al., 2009). Logo, em frutos de maracujá-do-mato essa perda de firmeza da casca e espessura da casca ocorrem principalmente pela perda de água pela casca e passagem de material da casca para polpa (Figura 2 e, f). Com isso, o aumento no volume de polpa observado neste trabalho também foi constatado em outro estudo com *P. cincinnata*, um aumento no rendimento de polpa com sementes com a maturação dos frutos (D'Abadia et al., 2020).

A cor dos frutos de *P. cincinnata* 'BRS Sertão Forte' tiveram para coordenada (a*) tendência do verde ao amarelo. A coordenada (b*) tendência do amarelo para o vermelho que

é reforçada pelo ângulo $^{\circ}$ hue e índice de amarelecimento (Fig 3 a, b, e, h). Elevados valores de b^* indicam que o fruto tende a cor amarela, a modificação da cor verde ocorre devido a degradação da estrutura das clorofilas, associada a síntese de pigmentos amarelos e vermelhos. Esses pigmentos são carotenoides biossintetizados durante os estágios finais de maturação ou são produzidos durante o desenvolvimento dos frutos (Ma et al., 2018).

Embora a cor amarela ainda não seja visível durante essa fase, pois é mascarada pela cor verde das clorofilas indicado pelo valor negativo de a^* (Conesa et al., 2019). Com isso, os frutos tendem à cor verde quando imaturos pela maior presença de clorofila e amarelo quando amadurecidos devido ao acúmulo de carotenoides (Giovannoni, 2001). Nawaz et al. (2020) concluíram que em frutas cítricas sob condições ambientais variadas, os carotenoides conferem coloração com o início do estágio de maturação e acumulam-se mais na casca com a degeneração de clorofilas. A cor pode ser alterada pelo teor de umidade, pela temperatura ou até mesmo pelas reações fotoquímicas nos componentes químicos presentes em suas estruturas (Iglesias et al., 2007).

Sun et al. (2020) comparando as variáveis de cor em diferentes cultivares e épocas de colheita de tangerina, notaram que os valores para coordenada a^* colhidos no tempo de colheita 1 (HT 1) estavam em torno de -10 e indicam que as amostras estão muito verdes nesta fase. Em frutas cítricas o teor de carotenoides é o principal responsável pela cor amarela, e o aumento dos carotenoides está relacionado ao amadurecimento do fruto (Rodrigo et al., 2013). Com isso, o aumento nos valores da luminosidade e cromaticidade com os dias após antese, faz a cor parecer mais clara e brilhante (Rinaldi et al., 2021).

A respiração dos frutos da *P. cincinnata* foi influenciada pela interação entre os fatores estudados (Figura 5 a), sendo a respiração um dos processos metabólicos responsáveis pela perda de massa dos frutos devido à perda de água e consumo de açúcares (You et al., 2022). Logo, o declínio dos açúcares solúveis deve-se a respiração, onde os açúcares são convertidos em CO_2 e H_2O (Tokatli; Demirdöven, 2020). Todavia, a semelhança entre o comportamento do açúcar solúvel total e açúcar não-redutor confirmam o aumento da razão SS/AT, pois esse tipo de açúcar possui grupo de cetonas ou aldeído livres, ou seja, são capazes de se reduzir quimicamente, aumentando o teor com os dias após antese. O conteúdo de açúcares e ácidos orgânicos são importantes em frutas cítricas, usados como indicador de maturidade (Lado et al., 2018).

O teor de sólidos solúveis pode variar com a quantidade de precipitação durante a safra, variedade, temperatura e umidade (Gadelha et al., 2009). O ácido cítrico é o mais acumulado no fruto, as suas reservas são aumentadas assim que começa o crescimento do fruto atingindo

seu ponto máximo rapidamente, sendo fortemente influenciados pelas condições nutricionais e temperatura (Cavichioli et al., 2008), quanto maior a temperatura durante a maturação maior é o decréscimo da concentração de ácidos (Rasmussen et al., 1966). Para frutos que não tem reserva de amido, como ocorre com o maracujá, a rota de açúcares é feita a partir de ácidos orgânicos (Chitarra; Chitarra, 2005).

Esse consumo de ácidos orgânicos é evidenciado aos 120 dias após antese, onde o SS/AT e os íons de H^+ é diminuído e o pH e os açúcares solúveis totais são levemente aumentados. Assim, o aumento de açúcares não-redutores nos frutos cujas plantas de maracujá foram cultivadas sob sequeiro tiveram seu metabolismo alterado acumulando ácidos orgânicos. Esse acúmulo de metabólitos em plantas sob déficit hídrico, proporciona redução do potencial osmótico mediante aumento líquido na concentração de solutos intracelular (Santos et al., 2013).

Os compostos bioativos, notadamente os teores de compostos fenólicos foram afetados com as épocas de colheita e os sistemas de cultivo. Os compostos fenólicos têm em comum um anel aromático ligado a um grupo OH que pode ser substituído por outros grupos. A via dos fenilpropanóides, também conhecidos como ácido chiquímico, é o principal responsável pela formação de fenólicos (Costa et al., 2023). Logo, esse aumento dos compostos fenólicos quando cultivados sob sequeiro se deve a ativação da fenilalanina-amônia-liase que pode ser estimulada por diversos fatores de estresse é uma enzima chave na rota dos fenilpropanóides, que catalisa a transformação da fenilalanina em ácido cinâmico, que é convertido a partir de uma cascata de reações em derivados como ácidos cumárico, caféico, ferúlico, sináptico (Ye et al., 2019; Kahkeshani et al., 2019).

Rotta et al. (2019) avaliaram a quantidade de compostos fenólicos em diferentes espécies de maracujá e a *P. edulis* foi a única espécie que continha todos os compostos estudados. Em laranjas, os fenóis atingiram o ponto máximo de 363 e 413 $mg L^{-1}$ em dezembro, reduzindo drasticamente em janeiro em frutos maduros, cujo clima predominante é típico mediterrâneo, com precipitações de 280 mm entres os meses de novembro a março (Emmanouilidou; Kyriacou, 2017). Os resultados para compostos fenólicos medidos com Folin-Ciocalteu para espécies de *P. edulis* e *P. cincinnata* são de 365 e 476,1 $mg kg^{-1}$ (Santos et al., 2021). Dessa forma, a composição fenólica depende do tipo de fruto (Lado et al., 2018), fatores edafoclimáticos, sistemas de cultivo e condições de armazenamento afetam a composição fenólica de frutas e vegetais (Ammar et al., 2012).

Alguns estudos demostram que a maior contribuição para atividade antioxidante total de frutos não se deve à vitamina C e sim a composição de compostos fitoquímicos (Kuskoski et

al., 2006). O ácido ascórbico é originado a partir da atividade de vias metabólicas que utilizam açúcares provenientes da parede celular (Macrae et al., 1992). Todavia, o conteúdo desses ácidos diminui com o amadurecimento dos frutos, o que foi observado neste trabalho, onde o teor de ácido ascórbico reduziu com as diferentes épocas de colheita. Esse fato pode estar associado a genética do cultivar e fatores ambientais, a exemplo da luminosidade durante o crescimento das plantas e frutos que interfere diretamente na biossíntese de ácido ascórbico (Paula et al., 2015).

O teor de polifenóis em frutas e hortaliças é determinado por fatores genéticos, mas pode ser alterado devido a reações oxidativas causadas por estresse bióticos e abióticos, incluindo temperatura, oxigênio e pós-colheita (Rotili et al., 2013). As antocianinas e os flavonoides são responsáveis pela coloração que varia de vermelho vivo à violeta e de branco à amarelo claro, respectivamente (Bobbio; Bobbio, 1995). Embora os teores de antocianinas (Figura 5 c) tenham sido superiores quando as plantas foram cultivadas sob irrigação, os valores não foram suficientes para influenciar na coloração do suco da *P. cincinnata*.

As clorofilas a, b e total foram influenciadas pelos fatores estudados. Todavia, os carotenoides foram superiores sob sequeiro. As clorofilas e carotenoides são pigmentos presente nas plantas, e participam das atividades fotossintéticas (Young; Britton, 1993), também protege as plantas da radiação e estresse oxidativo (Gitelson, et al., 2002). Isso ocorre devido aos teores de clorofila em frutos cítricos funcionarem como protetores dos efeitos nocivos do calor (Josse et al., 2000; Rissler; Pogson, 2001), assim como os carotenoides que serve para estabilizar a proteína durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos (Simkin et al., 2008).

Através da análise de componentes principais foi observado que as características físicas (Figura 8) dos frutos de *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ são influenciadas negativamente pelo sistema de cultivo sequeiro aos 60 dias após antese. Esse comportamento está relacionado ao fato que o estresse hídrico no estágio de desenvolvimento do fruto pode levar a redução no peso e no volume de polpa, murcha, até mesmo à queda de frutos (Cavichioli et al., 2008).

No entanto, os frutos cujas plantas foram cultivadas sob sistema de irrigação aos 60 dias após antese não reduziram a sua qualidade, tendo em vista que o processo de desenvolvimento e amadurecimento estão interligados, em que uma fase não tem seu término completo para que a outra se inicie (Rosa et al., 2018). Segundo os mesmos autores, dessa forma, o aumento na taxa respiratória e na produção de etileno na fase de maturação exigiram menos degradação de compostos orgânicos complexos para suprimento de processos biológicos, como crescimento,

absorção de nutrientes e transporte de fotoassimilados pois o suprimento de água garantiu a qualidade dos frutos (Rosa et al., 2018).

Contudo, aos 80 e 100 dias após antese, quando os frutos foram cultivados sob sistema de sequeiro, nota-se que o estresse ocasionado pelo aumento da temperatura, diminuição da umidade e precipitação (Figura 1) proporciona um aumento exponencial na taxa respiratória ocasionando uma diminuição na qualidade e vida útil desses frutos (Calbo et al., 2007). Todavia, os frutos colhidos com o mesmo período, porém cultivado sob sistema de irrigação sofreram menos, pois o intenso processo de maturação sob o suprimento de água garante que o fruto seja nutrido e os efeitos sob a qualidade minimizados (Rosa et al., 2018).

Entretanto, os frutos colhidos aos 120 dias após antese não são influenciados pelo sistema de cultivo, isso sugere que a maturação já está completa. Nessa fase, mudanças na coloração, como degradação da clorofila, perda da turgescência, solubilização da pectina causam amolecimento dos tecidos, aumento na síntese de compostos voláteis, na maior parte, ocorre o aumento de sólidos solúveis e redução dos ácidos orgânicos, bem como observado para os ácido ascórbico e compostos fenólicos (Rosa et al., 2018). Vale ressaltar que o melhor dia após antese para colheita e o sistema de cultivo para maracujá-do-mato deve ser feito considerando as metas específicas do produtor em relação as características desejadas dos frutos.

8 CONCLUSÃO

Os frutos de *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ devem ser colhidos a partir dos 80 dias após antese, considerando a relação SS/AT que aumentou a partir dessa época, mesmo havendo redução significativa na massa do fruto inteiro, massa fresca da casca, diâmetro transversal e firmeza da casca. Com o aumento dos dias após antese verificou-se aumento do volume de polpa com os dias após antese.

Os frutos devem ser cultivados sob sistema irrigado visando maiores massa do fruto inteiro, massa da casca e diâmetro. Os frutos cultivados sob sequeiro tiveram maior quantidade de açúcares não-redutores e carotenoides.

REFERÊNCIAS

AMMAR, I.; ENNOURI, M.; KHEMAKHEM YANGUI, Attia H. **Variation in chemical composition and biological activities of two species of *Opuntia* flowers at four stage of flowering**. Ind Crops Prod 37:34-40, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.027>

AIDAR, S. T.; ARAÚJO, F. P.; CASTRO, C.D. P.; RYBKA, A. C. P (2016). **Plantas frutíferas**. In D. D Porto F; F de (Eds.), *Cadernos do semiárido: Biodiversidade da Caatinga para a Produção Agropecuária*. Recife, Pernambuco, UFPE pp.18-22.

AOAC (2005) *Official methods of analysis of the association of agricultural chemists* 18^a ed, **Association of Officiating Analytical Chemists**, Washington.

ARAÚJO, F. P.; FALEIRO, F. G; AIDAR, S. T.; MELO, N. F. (2018) *Alimentícias*. In L. Coradin, J. Camillo, FGC Pareyn (Eds) **Especies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial, plantas para o future: Região Nordeste**. Brasília -DF (pp 217-224).

ARAÚJO, F.P, FALEIRO, F. G (2016) **Cultivar de maracujazeiro silvestre (*Passiflora cincinnata* Mast.) para a Caatinga e para o Cerrado BRS SF**. Petrolina: Embrapa Semiárido. Np. 1 Folder.

ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, N. C.; Barros, S. L, VILAR, S. B. O.; SCHMIDT, F. L.; ARAÚJO, F. P. **Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast)**. Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação 2:14-22, 2019.

BERNARDES, P. M.; NICOLI, C. F, ALEXANDRE, R. S.; GUILHEN, J. H. S.; PRAÇA-FONTES, M. M.; FERREIRA, A.; FERREIRA, M. F. S. **Vegetative and reproductive performance of species of the genus *Passiflora***. Sci. Hortic. 265:109193, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109193>

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. (1995) **Introdução à química de alimentos**. Varela, São Paulo.

BRAGA et al (2006) **Maracujá-do-cerrado**. In RF Vieira, TS Agostini-Costa, DB Silva, FR Ferreira, SM Sano (Eds) *Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil* pp.216-233. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

CALBO, A. G.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P (2007) **Respiração de frutas e hortaliças**.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103079/1/cot-46.pdf>

CAVICHIOLO, J.C.; RUGGIERO C.; VOLPE. C. A. **Caracterização físico-química de frutos de Maracujazeiro-amarelo submetidos a iluminação artificial, irrigação e sombreamento**. Rev Bras Frutic 30:649-656,2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300015>

CHITARRA, I. M. F.; CHITARRA, A. B (2005) **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, UFLA.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. **Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento**. Cienc agrotec 34:722-729, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300027>

CONESA, A.; MANERA, F. C.; BROTONS, J. M.; FERNANDEZ-ZAPATA, J. C.; SIMON, I, SIMON-GRAO, S. ALFOSEA-SIMON, M.; MARTÍNEZ NICOLAS, J. J.; VALVERDE,

J. M.; GARCÍA SANCHEZ, F. **Changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the rind of Fino 49 lemons during maturation and their relationship with parameters from the CIELAB color space.** *Sci Hort* 243: 252-260,2019.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.030>

COSTA, C. A. R.; MACHADO, G. G. L.; RODRIGUES, L. J.; BARROS, H. E. A.; NATARELLI, C. V.; BARROS, E. V. **Phenolic compounds profile and antioxidant activity of purple passion fruit's pulp, peel and seed at different maturation stages.** *Sci Hort* 231-112244,2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112244>

COSTA, F. B, PEREIRA, M. M. D.; SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; SILVA, B. R. S.; SALES, G. N. B. **Determinação da atividade respiratória (CO₂) em frutos de Juazeiro colhidos em cinco estádios de maturação.** *Rev Princ* 52,2020.

CRISPIM, J. E.; MARTINS, J. C.; PIRES, J.C.; ROSOLEM, C. A. **Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação.** *Pesqui Agropecu* 29:1517-1521,1994.

D'ABADIA, A. C. A.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; MALAQUIAS, J. V.; ARAÚJO, F. P. **Yield and physical characterization of *Passiflora cincinnata* in the Brazilian Savanna.** *Pesqui Agropec Trop* 51:1-9, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v51i65795>

D'ABADIA, A. C. A.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; RINALDI, M. M.; OLIVEIRA, L. L.; MALAQUIAS, J. V. **Determination of the maturations stage and characteristics of the fruits of two populations of *Passiflora cincinnata* Mast.** *Rev Caatinga* 33:349-360,2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n208rc>

DIAS T. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, J. A. M. **Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas.** *Semin Cienc Agrar* 33:2905-2918, 2012. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2905>

DUBOIS, M.; INZ'E, D. **Plant growth under suboptimal water conditions: early responses and methods to study them.** *J Exp Bot* 71:1706-1722, 2020. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa037>

EMMANOULIDOU, M. G.; KYRIACOU, M. C. **Rootstock-modulated yield performance, fruit maturation and phytochemical quality of 'Lane Late' and 'Delta' sweet Orange.** *Sci Hort* 225:112-121,2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.056>

ENAMORADO, H. E. P.; FINGER, F. L.; BARROS, R. S, PUSCHMANN, R. **Development and ripening of yellow passion fruit.** *J Hort* 70:573-576, 1995.

FANG, Y.; XIONG, L. **General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants.** *Cell. Mol. Life Sci* 72:673-689, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0>.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. (2017) **Análises não destrutivas: calorimetria - princípios e aplicações na agricultura.** Embrapa Instrumentação

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170416/1/Parte-4-cap-1-Colorimetria-...pdf>

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A (2021) ExpDes: Experimental Designs Package. R package version 1.2.1.

FISHER, I. H; ARRUDA, M. C; ALMEIDA, A. M; GARCIA, M. J. M; JERONIMO, E. M; PINOTTI, R. N; BERTANI, R. M. A. **Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no centro oeste Paulista.** Rev Bras Frutic 29:254-259, 2007 <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000200013>

FRANCIS, F. J. (1982) Analysis of anthocyanins in foods In: Markakis P (ed) **Anthocyanins as food colors Academic Press**, New York pp181-207

GADELHA, A. J. F; ROCHA, C. O; VIEIRA, F. F; RIBEIRO, G. N. **Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju.** Rev Caatinga 22:115-118, 2009.

GILTESON, A. A; ZUR, Y; CHIVKUNOVA, O. B; MERZLYAK, M. N. **Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy.** Photochem Photobiol 75:272-281, 2002. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2002\)0750272ACCIPL2.0.CO2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2002)0750272ACCIPL2.0.CO2)

GOLLDACK, D; LI, C; MOHAN, H; PROBST, N. (2014) **Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks.** Front Plant Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00151>

GIOVANNONI, J. **Molecular biology of fruit maturation and ripening.** Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 52:725-749, 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.725>

GOMES, A. C; FIGUEIREDO, C. C. M; GRANERO, F. O; BRONZEL JUNIOR, J. L; XIMENES, V. F; SILVA, L. P; NICOLAU-JUNIOR, N; SILVA, R. M. G. **Antioxidant and antiglycation activities and inhibitory action of *Passiflora cincinnata* on collagenase, elastase and tyrosinase: in vitro and in silico study.** Biocatal Agric Biotechnol 44:102464, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102464>

GONÇALVES, Z. S; LIMA, L. K. S; SOARES, T. L; ABREU, E. F. M; BARBOSA, C. J; CERQUEIRA SILVA, C. B. M; JESUS, O. N; OLIVEIRA, E. J. **Identification of *Passiflora* spp. genotypes resistant to Cowpea aphid-borne mosaic virus and leaf anatomical response under controlled conditions.** Sci Hortic Biotechnol 231:166–178,2018, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.008>

HADFIELD, K. A; BENETT, A. B. **Polygalacturonases: many genes in search of a function.** Plant Physiol 117:337-343, 1998. <https://doi.org/10.1104/pp.117.2.337>

HE, J; MA, L; WANG, D; ZHANG, M; ZHOU, H. **Ferulic acid treatment reinforces the resistance of postharvest apple fruit during gray mold infection.** Plant Pathol J. 101:503–511,2019.<https://doi.org/10.1007/s42161-018-00223-0>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2023) Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 de jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008) Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (4^o Ed) São Paulo, IAL pp 103-104.

IGLESIAS, D. J; CERCOS, M; COLMENERO-FLORES, J. M; NARANJO, M. A; RÍOS, G; CARRERA, E; RUIZ-RIVERO, O; LLISO, I; MORILLON, R; TADEO, F. R; TALON, M. **Physiology of citrus fruiting**. Brazilian J Plant Physiol 19:333-362,2007. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400006>

JEENA, G. S; PHUKAN, U. J; SHUKLA R K. **Drought-Tolerant Plants, in: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Crop Modification, Nutrition, and Food Production**. Elsevier Inc., pp. 101–123, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63661-4.00005-0>

JOSSE, E. M; SIMKIN, A. J; GAFFÉ, J; LABOURÉ, A. M; KUNTZ, M; CAROL, P. **A plastid terminal oxidase associated with carotenoid desaturation during chromoplast differentiation**. Plant Physiol 123:1427-1436,2000. <https://doi.org/10.1104/pp.123.4.1427>

JUNGHANS, T. G; JESUS, N. O. (2015) *Passiflora cincinnata* Mast. In: Junghans TG (ed) **Guia de plantas e propágulos de maracujazeiro**, Embrapa, Brasília pp 21-28

KAHKESHANI, N; FARZAEI, F; FOTOUHI, M; ALAVI, SS; BAHRAMSOLTANI, R; NASERI, R; MOMTAZ, S; ABBASABADI, Z; RAHIMI, R; FARZAEI, M. H; BISHAYEE, A (2019). **Pharmacological effects of gallic acid in health and disease: a mechanistic review**. Iran J Basic Med Sci 22 :225–237. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2019.32806.7897>.

KÖPPEN, W; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes (1928) Wall-map 150cmx200cm.

KUSKOSKI, E. M; ASUERO, A. G; MORALES, M.T; FETT, R. (2006) **Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas**. Cienc Rural 36:1283-1287. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400037>

LADO, J; GAMBETTA, G; ZACARIAS, L. (2018) **Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation**. Sci Hort 233:238-248. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.055>

LICHTENTHALER, H. K. (1987) **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: Packer L, Douce R Methods in enzymology, Academic Press, London, pp 426-428 [http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)

MA, X; ZHENG, B; MA, Y; XU, W; WU, H; WANG, S. (2018) **Carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthesis genes in mango flesh during fruit development and ripening**. Sci Hort 237: 201-206 <https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.scienta.2018.04.009>

MACRAE, E; QUICK, W. P; BENKER, C; STITT, M. (1992) **Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in kiwi-fruit**. *Planta* 188:314-23.

<https://doi.org/10.1007/bf00192797>

MENDES, R. M. L; ANDRADE, R. H. C; MARQUES, M. F. F; ANDRADE, E. R. (2021) **Potential use of the passion fruit from caatinga in kefir**. *Food Biosci* 39:100809.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100809>

MILLER, G. L. (1959) **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar**. *Anal Chem* 31:426-428. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60147a030>

MOURA, R. S; SOARES, T. L; LIMA, L. K. S; GHEYI, H. R; DIAS, E. A, JESUS, O. N; COELHO FILHO, M. A (2021). **Effects of salinity on growth, physiological and anatomical traits of *Passiflora* species propagated from seeds and cuttings**. *Braz J Bot* 44:17–32. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00675-8>

NAWAZ, R; ABBASI, N. A; AHMAD, I; KHALID, A. (2020) **Impacto f climate variables on fruit internal quality of kinnow mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) in ripening phase grown under varying environmental conditions**. *Sci Hortic* 265:109235. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109235>

OLIVEIRA, J. C; RUGGIERO, C. (2005) Espécies de maracujá com potencial agrônômico. In: Faleiro FG, Junqueira NTV, Braga MF **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, pp 143-158.

PAULA, J. T; RESENDE, J. T. V; FARIAS, M. V; FIGUEIREDO, A. S. T; SCHWARZ, K; NEUMANN, E. R. (2015) **Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação**. *Hortic Bras* 33:434-440. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400005>

PETERSON, B. G; CARL, C. (2020). **Performance Analytics: econometric tools for performance and risk analysis**. R package version 2.0.4.

PONGENER, A; SAGAR, V; PAL, R. K; ASREY, R; SHARMA, R. R; SINGH, S. K. (2014) **Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims)**. *Fruits* 69:19-30. <https://doi.org/10.1051/fruits/2013097>

R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria.

RASMUSSEN, G. K, PEYNADO, A; HILGEMAN, R. (1966) **The organic acid content of Valencia oranges from four location in the United States**. *J Am Soc Hortic Sci* 89:206-210.

RINALDI, M. M; DIANESE, A. C; COSTA, A. M. (2021) **Avaliação do uso de cera de carnaúba na conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora cincinnata* cv BRS Sertão Forte**. *Agrotópica* 33:29-38. <http://dx.doi.org/10.21757/0103-3816-2021v33n1p29-38>

- RISSLER, H. M; POGSON, B. J. (2001) **Antisense inhibition of the beta-carotene hydroxylase enzyme in Arabidopsis and implications for carotenoid accumulation, photo-protection and antenna assembly.** *Photosyn Res* 67:127-137.
- RITZINGER, R; MANICA, I; RIBOLDI, J. (1989) **Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá amarelo.** *Pesqui agropecu* 24:241-245.
- REIS, C. C; FREITAS, S. P; LORENTINO, C. M. A; FAGUNDES, T. D. S. F; MATTA, V. M; SANTOS A. L. S; MOREIRA, D. D. L; KUNIGAMI, C. N; JUNG, E. P; RIBEIRO, L. D. O (2023). **Bioproducts from *Passiflora cincinnata* seeds: the brazilian caatinga passion fruit** *Foods* 12:2525. <https://doi.org/10.3390/foods12132525>
- RODRIGO, M. J; ALQUÉZAR, B; ALÓS, E; LADO, J; ZACARÍAS, L. (2013) **Biochemical bases and molecular regulation of pigmentartion in the peel of citrus fruti.** *Sci Hortic* 163:46-62. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.014>
- ROSA, C. I. L. F; MORIBE, A. M; YAMAMOT, L. Y; SPERANDIO, D. (2018) **Pós-colheita e comercialização.** In: Brandão Filho JUT, Freitas PSL, Berian LOS, Goto R, comps *Hortalças-fruto* [online]. Maringá: Eduem pp. 489-526 <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0017>
- Rotili MCC, Coutro S, Celant VM, Vorpapel JA, Barp FK, Salibe AB, Braga GC (2013) **Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá amarelo durante armazenamento.** *Semin Cienc Agrár* 34:227-240. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p227>
- ROTTA E. M; RODRIGUES C. A; JARDIM I. C. S. F; MALDANER, L; VISENTAINER, J. V (2018) **Determination of phenolic compounds and antioxidante activity in passion fruit pulp (*Passiflora* spp.) using a modified QuEChERS method and UHPLC-MS/MS.** *LWT-Food Sci Technol* 100:397-403. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.052>
- SOUSA, V. F; BORGES, A. L. (2011) **Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá.** In: Sousa VF, Marouelli WA, Coelho EF, Pinto JM, Coelho Filho MA. (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças.* Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Pp 499-522.
- SOUZA, P. U; LIMA, L. K. S; SOARES, T. L; JESUS, O. N; COELHO FILHO, M. A; Girardi EA (2018) **Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit.** *Sci Hortic* 229:77–90. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.019>.
- SANTOS, J. L.V; RESENDE, E. D; MARTINS, D. R; GRAVINA, G. A; CENCI, S. A; MALDONADO, J. F. M (2013) **Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá.** *Rev Bras Eng Agric Ambient* 17:750-755.
- SANTOS, T. B; ARAUJO, de F. P; NETO, A. F; FREITAS, de S. T; ARAÚJO, de S. J; VILAR, de S. B; ARAÚJO, A. J. B; LIMA, M. S (2021) **Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of the Pulp of Two Brazilian Passion Fruti Species: *Passiflora Cincinnata* Mast. And *Passiflora Edulis* Sims,** *Int J Fruit Sci*, 21:1, 255-269 <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1872050>

SANTOS, R.T. S; BIASOTO, A. C. T, RYBKA, A. C. P; CASTRO, C. D. P. C; AIDAR, ST, BORGES, G. S. C; SILVA, F. L. H (2021) **Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidante activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.)**. *LTW- Food Sci Techn* 148:111714.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111714>

SILVA, T. V; RESENDE, E. D, VIANA, A. P; PEREIRA, S. M. F; CARLOS, L. A; VITORAZI, L (2008) **Determinação da escala de coloração da casca e do rendimento em suco do maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita**. *Rev Bras Frutic* 30:880-884.
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400007>

SIMKIN, A. J; MOREAU, H; KUNTZ, M; PAGNY, G; LIN, C; TANKSLEY, S; MCCARTHY, J. (2008) **An investigation of carotenoid biosynthesis in *coffea canephora* and *coffea arábica***. *J Plant Physiol* 165:1087-1106.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.06.016>

SHIGA, T. M; FABÍ, J. P; DO NASCIMENTO, J. R. O, PETKOWICZ, C. L. D; VRIESMANN, L. C; LAJOLO, F. M. (2009) **Changes in cell wall composition associated to the softening of ripening papaya: evidence of extensive solubilization of large molecular mass galactouronides**. *J Agric Food Chem* 57:7064-71.
<http://dx.doi.org/10.1021/jf900073b>

STROHECKER, R; HENNING, H. M. (1967) *Análisis de vitaminas: métodos comprobados*. Madrid, Paz Montalvo pp 428.

SUN, C; AERNOUTS, B; SAEYS, W. (2020) **Effects of harvest time, fruit size and cultivar on the bulk optical properties of Satsuma mandarin**. *Postharvest Biol Technol* 175:111412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111412>
 Taiz L, Zeiger E (2017) *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre

TESSMER, M. A; KLUGE, R. A; APPEZZATO-DAGLÓRIA, B. (2014) **The accumulation of tannins during the development of “Giombo” and “Fuyu” persimmon fruits**. *Sci Hortic* 172:292-299. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.023>

TOIVONEN, P. M. A; BRUMMELL, D. A. (2008) **Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables**. *Postharvest Biol Technol* 48:1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>

TOKATLI, K; DEMIRDÖVEN, A. (2020) **Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.)**. *Sci Hortic* 259:108656. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108656>

VAZ, A. F. S; MARTELLETO, L. A. P; ANTUNES, L. F. S, ROSA, R. C. C; ANDRADE, G. S, Carvalho DF (2022) **Desempenho produtivo e qualidade dos frutos do maracujazeiro cultivado em manejo orgânico sob mulching e sistema automatizado de irrigação**. *Res Soc Dev* 11:1-14. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32430>

- VERAS, M. C. M; PINTO, A. C. Q; MENESES, J. B. (2000) **Influência da época de produção e dos estádios de maturação nos maracujás doce e ácido nas condições de cerrado**. *Pesqui Agropecu* 35:959-966. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000500013>
- VIANNA-SILVA, T; RESENDE, E. D; VIANA, A. P; PEREIRA, S. M. F; CARLOS, L. A; VITORAZI, L. (2010) **Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita**. *Ciênc Tecnol Aliment* 28:545-550. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300007>
- WATERHOUSE, A. (2006) **Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine**. *Am J Enol Vitic* p. 3-5.
- YEMM, E. W; WILLIS, A. J. (1954) **The estimation of carbohydrates in planta extracts by anthrone**. *J Biochem* 57:508-514. <https://doi.org/10.1042%2Fbj0570508>
- YOU, M; DUAN, X; LI, X; LUO, L; ZHAO, Y; PAN, H; GONG, W; YANG, L; XIANG, Z; LI, G. (2022) **Effect of 1-methylcyclopropene combined whit chitosan-coated film on storage quality of passion fruit**. *Sustain Chem Pharm* 27:100679. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100679>
- YOUNG, A; BRITTON, G; (1993) *Carotenoid in Photosynthesis*, 1^a ed. Champman na Hall, London, pp. 498.

Artigo II: Caracterização de frutos de *Passiflora cincinnata* cv. ‘BRS Sertão Forte’ em diferentes épocas de colheita sob cultivo irrigado e sequeiro

RESUMO

Passiflora cincinnata ‘BRS Sertão Forte’ foi desenvolvida para regiões semiáridas por sua tolerância ao estresse hídrico. Todavia, a predominância da cor verde dos frutos dificulta a identificação do ponto ideal de colheita. Assim, objetivou-se avaliar a influência do sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) em diferentes dias após a antese sobre as características pós-colheita em frutos de *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’. Um esquema fatorial 2 x 4 em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, em que foram avaliados dois sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e quatro épocas de colheita (60, 80, 100, 120 dias após antese). Foram avaliadas características físicas do fruto, químicas e bioativas da polpa do fruto. Com base nos resultados apresentados, o melhor dia para a colheita dos frutos de *P. cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ foi aos 80 dias após a antese, independentemente do sistema de cultivo. Nesse estágio, observou-se um aumento no volume de polpa e diâmetro transversal, bem como na razão sólidos solúveis/acidez titulável, nos açúcares não-redutores e nos parâmetros de cor. Quanto ao sistema de cultivo, o cultivo sob sequeiro pode ser a melhor opção, visto que resultou em frutos com um formato médio de 0,91 mm e características específicas de cor, teor de clorofila e carotenoides.

Palavras-Chaves: maracujá-do-mato; maturação; sistema de cultivo.

9 INTRODUÇÃO

O maracujá pertence à família Passifloraceae, é originário dos trópicos e é cultivado em ambientes tropicais e subtropicais (Araújo et al., 2019). O maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) nativo da região Nordeste, é uma espécie selvagem resistente à seca, doenças e pragas que atacam o maracujá amarelo (Araújo et al., 2018).

A primeira cultivar de maracujá-do-mato ‘BRS Sertão Forte’ foi lançada em 2016, por sua tolerância ao estresse hídrico podendo ser cultivada em regiões com limitações hídricas (EMBRAPA, 2016). Todavia, a restrição hídrica durante a fase de crescimento e desenvolvimento alteram a morfologia e fisiologia dos frutos o que pode influenciar a qualidade dos frutos (Tao et al., 2022).

A qualidade dos frutos se dá pela maior interação entre genótipo e ambiente, e as estratégias de manejo da cultura (Fisher et al., 2018). A identificação da maturidade fisiológica é fundamental para que não ocorram perdas na qualidade (Vianna-Silva et al., 2010) dos frutos, a sua alta taxa respiratória acelera o murchamento da casca. Sendo assim, a colheita dos frutos após sua abscisão minimiza a vida útil pós-colheita (Durigan et al., 2004).

Os frutos de *P. cincinnata* quando maduros mantém a casca amarelo-esverdeado, o que dificulta a identificação do ponto de colheita, a coloração da polpa varia entre o amarelo-esbranquiçado a esbranquiçada, o teor de sólidos solúveis entre 8 e 13 ° Brix, pH aproximadamente 3,0 e acidez entre 2,0 a 3,0%. O fruto apresenta aroma e sabor agradáveis, e alto valor nutritivo (Araújo et al., 2019).

O retardamento da floração está relacionado ao crescimento lento das plantas submetidas a estresse hídrico, entretanto a maturidade precoce é associada a baixa produção de fotoassimilados (Alam et al., 2021). O estresse hídrico severo reduziu a polpa de frutos de melão pela influência nos processos de divisão e alongamento celular responsável pelo menor crescimento (Alam et al., 2021). O que também foi relatado por Tao et al. (2023) avaliando a qualidade da maçã ‘Gala’ submetida a estresse hídrico severo que as maiores diferenças são encontradas na cor e tamanho dos frutos.

Dada a influência do estresse hídrico sob o ciclo das culturas e a importância da colheita dos frutos quando atingem a maturidade fisiológica, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) em diferentes épocas de colheita sobre as características pós-colheita de frutos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ no segundo ciclo de produção.

10 MATERIAL E MÉTODOS

10.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL

A *Passiflora cincinnata* foi conduzida em seu segundo ciclo durante o período experimental entre outubro/2022 a março/2023, em condição de campo, na Fazenda Experimental Rolando Enrique Rivas Castellón do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), município de São Domingos, PB (06° 48' 50" S e 37° 56' 31" W, altitude de 190 m). A região possui clima do tipo BSh (quente e seco) (Köppen, 1928), cenário comum em regiões semiáridas. A precipitação, temperatura e umidade do ar durante o período do experimento foram obtidas na estação meteorológica de São Gonçalo, PB no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET Fig 1a e b), cuja médias mensais referente a condução do experimento foram de 83,7mm, 27,61°C e 50,58%, respectivamente.

Um esquema fatorial 2 x 4 com oito tratamentos, em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, de oito plantas por parcela, foi utilizado. O primeiro fator constou dos sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e o segundo das épocas de colheita (60, 80, 100 e 120 dias após a antese).

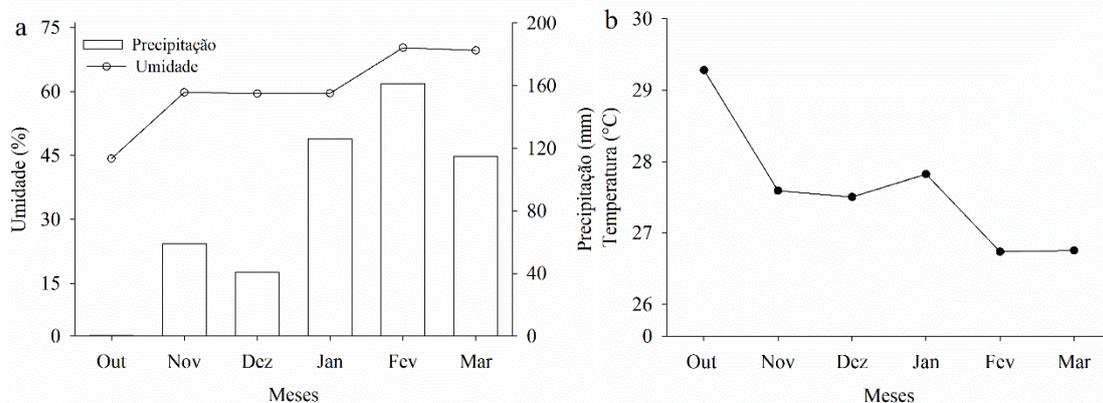


Figura 1- Umidade e precipitação do ar (a), temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura.

10.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A semente da cultivar comercial de maracujá-do-mato ‘BRS Sertão Forte’ utilizada, foi obtida junto a Embrapa Cerrados. Essa cultivar foi criada por cruzamentos intraespecíficos entre as progênies CPEF2220 e CBAF2334 de um conjunto de população e acessos de *P. cincinnata* do Banco de Germoplasma e do Programa de Melhoramento Genético de Passifloras da Embrapa Semiárido. A análise da fertilidade do solo da área experimental foi realizada nas camadas de 0–20 e 20–40 cm, bem como do esterco (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental e do esterco utilizado para adubação

Atributos												
altura	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	MO
(cm)	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --	-----				cmol dm ⁻³ -----				%	g dm ⁻³
0-20 cm	8,94	46,18	7,89	6,52	0,00	0,00	15,25	24,55	53,91	53,91	100	1,74
20-40 cm	6,78	13,77	0,37	0,91	0,48	0,00	7,41	2,44	11,13	11,61	95,86	1,74
esterco	6,71	16,87	0,51	0,74	0,40	0,00	6,18	1,92	9,35	9,75	95,89	-

SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V=saturação por bases; MO=matéria orgânica

O substrato para o semeio das sementes foi preparado com solo, esterco bovino de curral curtido e areia lavada (3:1:1, v/v). A adubação foi composta por 1 kg de P₂O₅ (superfosfato simples) e 0,2 kg de micronutrientes (Dripsolmicro). As mudas foram obtidas a partir de uma única semente em sacos de polietileno 5 dm³, sendo as mudas cultivadas em casa de vegetação. O controle de plantas daninhas e irrigação foram feitos manualmente. As covas que receberam as mudas na área experimental possuíam dimensões de 40 x 40 x 40 cm, o transplante se deu aos 69 dias após a semeadura, quando as plantas atingiram um metro de altura. O sistema de irrigação utilizado foi localizado pelo método de gotejamento, com um gotejo de vazão de 20 L/h por planta. A lâmina de irrigação utilizada foi de acordo com o utilizado para o maracujazeiro azedo 16,8 L diário por planta (7,5 mm por dia) conforme a metodologia descrita por Sousa et al. (2011).

A cultura foi conduzida em sistema de espaldeira, com um fio de arame liso nº 14. O espaçamento utilizado foi 2,5 entre fileira e 3 m entre plantas. A condução da planta até a espaldeira deu-se da seguinte forma: as plantas foram tutoradas e quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira fez-se a poda da gema apical, forçando a emissão dos ramos secundários, dos quais foram selecionados apenas dois e conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,5 m. A poda dos ramos secundários ocorreu quando os ramos atingiram 160 cm, induzindo a formação dos ramos terciários dos quais originaram a cortina. A limpeza da planta, bem como eliminação das gavinhas e ramos indesejáveis foram feitas rotineiramente, proporcionando um maior desempenho da cultura.

A poda de renovação ocorreu aos 289 dias após a semeadura. A floração iniciou-se 40 dias após a poda. As flores abriram as 6 horas da manhã e mantiveram-se abertas durante todo o dia, após essa abertura das flores fez-se a polinização manual e identificação dos mesmos, cujo crescimento foi acompanhado e colhidos considerando os dias em relação à antese, uniformidade e condições fitossanitárias adequadas. Os mesmos foram transportados em bandejas plásticas no mesmo dia para o Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos da UFCG, Campus Pombal.

10.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

10.3.1 Taxa respiratória

Os frutos foram pesados em balança de precisão digital (BEL M214-AiH, 0,1 mg), acondicionados em potes de polietileno com capacidade para 1,0 L, por seis horas, com tampa acrescidos de uma película de silicone, para que a troca gasosa com o meio fosse evitada. Ao lado destes frutos, dentro dos potes de polietileno, foi inserido um recipiente com 12 mL de NaOH 0,5 M, fixador do CO₂ produzido no processo de respiração. Após as seis horas, a solução de NaOH foi acrescida de 3 gotas de fenolftaleína e 10 mL de BaCl₂ 0,2 M, sendo submetida a titulação com ácido clorídrico a 0,1 M. A taxa respiratória foi expressa em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ de acordo com Crispim et al. (1994), com adaptações conforme (Costa et al., 2020).

10.3.2 Análise física do fruto

A polpa com sementes foi extraída do fruto e filtrada em peneira de poliéster de 1 mm. As massas frescas do fruto (com polpa e sementes), da casca e volume da polpa sem sementes foram avaliadas. Os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos inteiro e espessura da casca. A forma do fruto foi determinada pela razão entre o diâmetro longitudinal e transversal (AOAC, 2005). A firmeza da casca foi determinada na região equatorial nos dois lados opostos do fruto com um penetrômetro (PCE- PTR 200 – ponta 3 mm), com resultados expressos em Newton (N).

10.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L*, a* e b*)

As leituras de colorimetria foram feitas com o auxílio de colorímetro Minolta CR – 300, com fonte de luz D 65, com 8 mm de abertura, através de três variáveis de cor: Luminosidade (L), coordenada a* e coordenada b*. O valor L* fornece a luminosidade, variando do preto (L*=0) ao branco (L*=100). O valor de a* caracteriza coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), e o valor b* indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Os valores desses parâmetros foram utilizados para o cálculo da cromaticidade (C), indicando a saturação do objeto analisado. O ângulo Hue (H°) é o ângulo formado entre a* e b*, que indica a cor verdadeira do objeto, conforme (Ferreira; Spricigo, 2017).

10.3.4. Análise físico-química da polpa

10.3.4.1 pH e concentração de íons H⁺

O pH foi determinado em potenciômetro digital de bancada (Digimed DM22) previamente calibrado, com leitura direta das amostras de polpa de fruta. Os resultados de pH

também foram expressos como concentração de micromoles (mM) de íons $[H^+]$ de acordo com a equação: $[H^+] = 10^{-pH}$ (IAL,2008)

10.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT

As polpas foram maceradas com auxílio de pistilo, pipetadas e filtradas em camada de algodão e o teor de sólidos solúveis (SS, %) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Hanna, HI96801). A acidez titulável (AT, %) foi determinada pela titulação de 3,0 mL de polpa macerada acrescido de 47 mL de hidróxido de sódio 0,1 N com adição de 2 gotas do indicador fenolftaleína alcoólica 1%. A relação SS/AT foi expressa pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (IAL, 2008).

10.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores

O teor de açúcares solúveis (g/100 g) foi determinado conforme a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954). O teor de açúcares redutores (g/100g) foi determinado pelo método descrito por Miller (1959). Essas variáveis foram determinadas por espectrofotometria (Spectrum SP1105) a 620 e 540 nm para açúcares solúveis e redutores, respectivamente. A glicose foi utilizada como referência para obtenção da curva padrão. Os açúcares não redutores foram resultantes entre a diferença dos açúcares solúveis e redutores.

10.3.5 Análises de compostos bioativos

10.3.5.1 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (mg/100 g) foi determinado pela titulação de 1,0 mL de cada amostra, completado 49 mL de ácido oxálico (5%) refrigerado, seguido de titulação com solução de 2,6 diclorofenolindol (0,2%) (Strohecker; Henning, 1967).

10.3.5.2 Clorofila total e carotenoides

As clorofilas (mg/100g) foram determinadas pelo método proposto por Lichtenthaler (1987). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 2 g de polpa e 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona 80%, em ambiente escuro. O extrato foi colocado em centrífuga refrigerada (CT – 500R) a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido após 24 horas de repouso refrigerado em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 663 e 646 nm (clorofilas totais) e 470 nm (carotenoides totais).

10.3.5.3 Flavonoides e antocianinas

Os teores de flavonoides e antocianinas (mg/100g) foram determinados pelo método de Francis (1982). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 0,5 g de polpa e 10 mL de etanol/HCL 1,5 M (85:15 v.v) em ambiente escuro, seguido de repouso refrigerado por 24 horas. O extrato foi centrifugado a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 374 e 535 nm para flavonoides e antocianinas, respectivamente.

10.3.5.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos (mg/100g) foram determinados pelo método de Folin-ciocateau (Waterhouse, 2006). O extrato foi preparado com 3 mL de amostra e 47 mL de água destilada, após 30 minutos de repouso seguido de filtragem. Uma solução de 500 µL da polpa, 1625 µL de água destilada e 125 µL de Folin-ciocateau foi preparada em tubos de ensaio, os quais foram agitados (Shajer NI 1107) e deixados em repouso por 5 minutos. Logo, adicionou-se 250 µL de carbonato de sódio (20%), agitou-se novamente e os tubos foram imersos em banho termostático (Hemoquímica HM 0105) a 40 °C por 30 minutos. Os teores de compostos fenólicos foram quantificados pela leitura em espectrofotômetro (Spectrum SP 1105) a 765 nm, tendo como referência o ácido gálico.

10.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos sistemas de irrigação foram comparadas pelo teste F ($p \leq 0,05$), e uma análise de regressão polinomial foi realizada para a época de colheita. O pacote estatístico ExpDes (Ferreira et al., 2021) foi usado no programa estatístico (R Core Team, 2022) para as análises dos dados. Análise de correlação de Pearson foi realizada pelo pacote PerformanceAnalytics (Peterson; Carl, 2020). A análise de componentes principais foi realizada para estudar a inter-relação entre variáveis e fatores.

11 RESULTADOS

Houve interação para características formato do fruto, diâmetro longitudinal e espessura da casca de frutos de maracujá-do-mato (Figura 2 a, b, c). O cultivo sob sequeiro manteve a média do formato do fruto em 0,91 mm, uma redução na espessura da casca de 0,0452 mm/dia¹ entre os 60 e 120 DAA. O diâmetro longitudinal teve o ponto mínimo de 60,55 mm aos 76 DAA. O sistema de cultivo irrigado proporcionou o maior valor para o formato do fruto 1,030

aos 97 DAA, a espessura da casca manteve a média de 5,06 cm e aumentou o diâmetro longitudinal em 55,24%.

A qualidade física dos frutos de *P. cinnamata* foi influenciada de forma isolada pelos dias após antese para diâmetro transversal, massa fresca da casca, volume da polpa (Figura 2 d, e, f). As épocas de colheitas aumentaram o volume de polpa em $0,47 \text{ mL}/\text{dia}^{-1}$ e o diâmetro transversal em $0,12 \text{ mm}/\text{dia}^{-1}$ entre 60 e 120 DAA. A massa fresca da casca teve o menor valor, sendo 42,32 g aos 81 dias após antese.

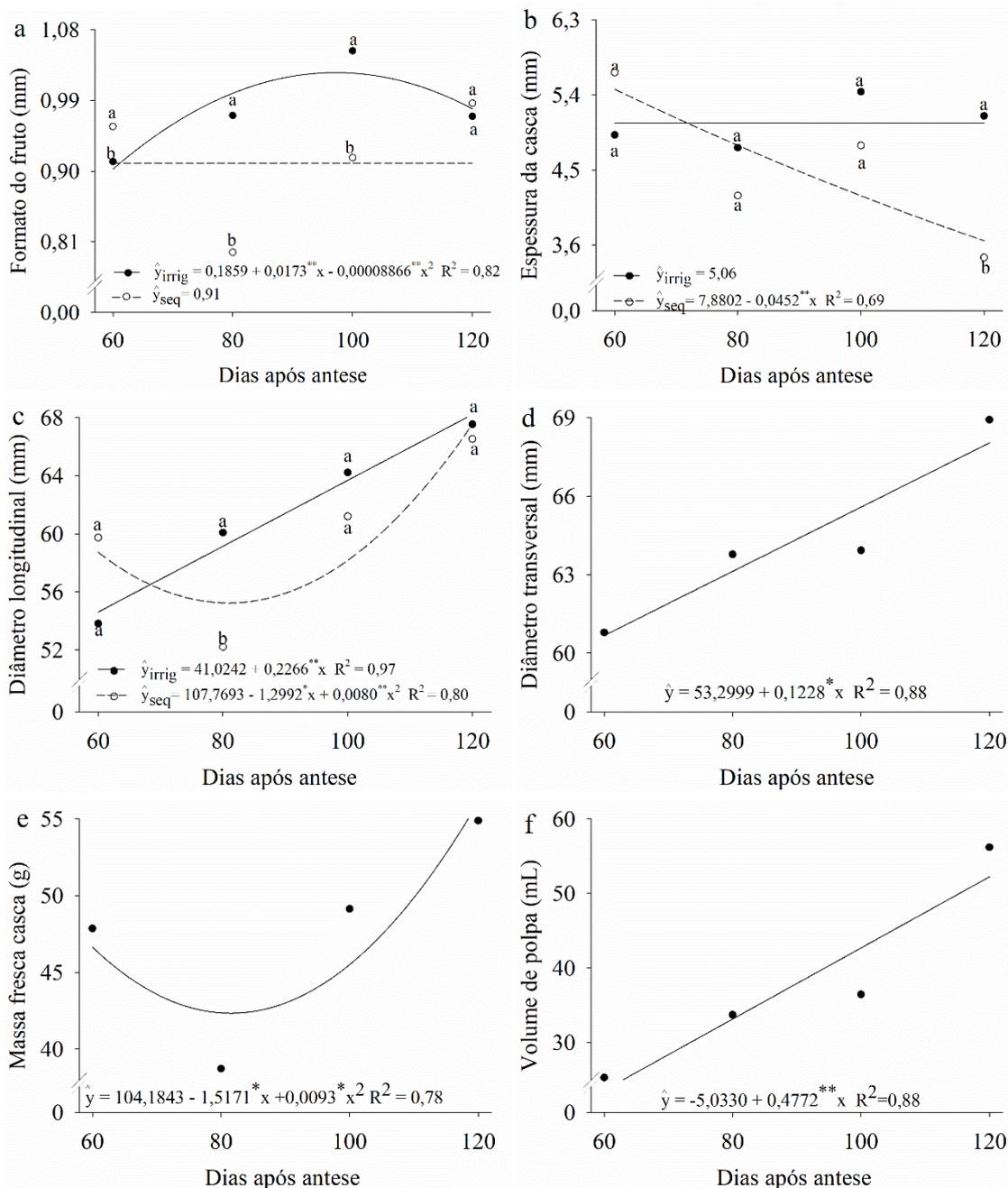


Figura 2- Formato do fruto (a), espessura da casca (b), diâmetro longitudinal (c), diâmetro transversal (d), massa fresca da casca (e), volume de polpa (f) de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.

A cor dos frutos de *P. cincinnata* tiveram interação dos fatores estudados (Figura 3 a, b). A média geral para ângulo Hue e índice de cor quando cultivadas sob sequeiro foram de 94,62 e -20,34, respectivamente. As características ângulo Hue e índice de cor tiveram os menores valores aos 107 e 110 dias após antese quando submetidas a irrigação (Figura 3).

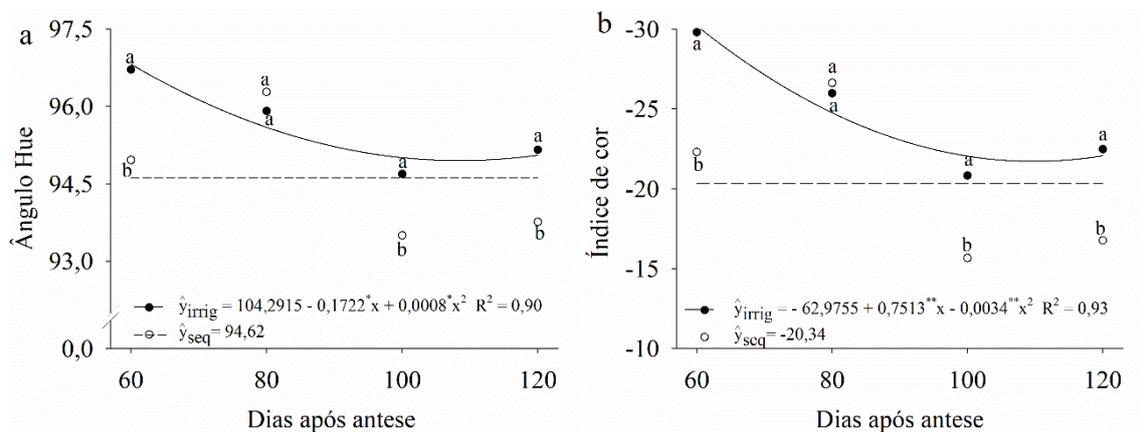
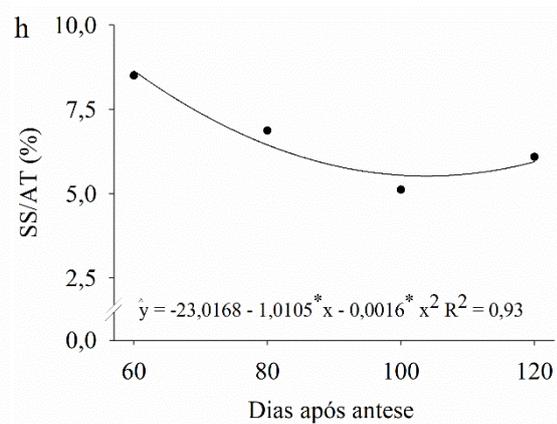
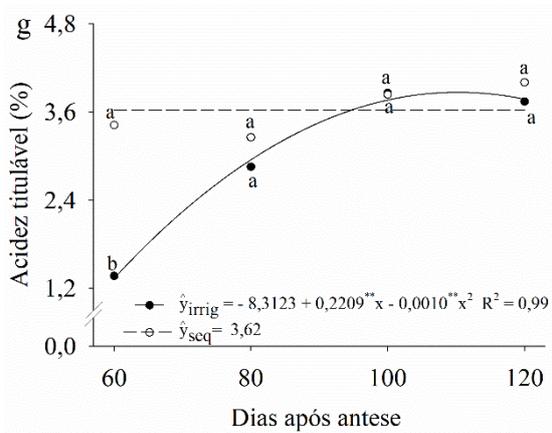
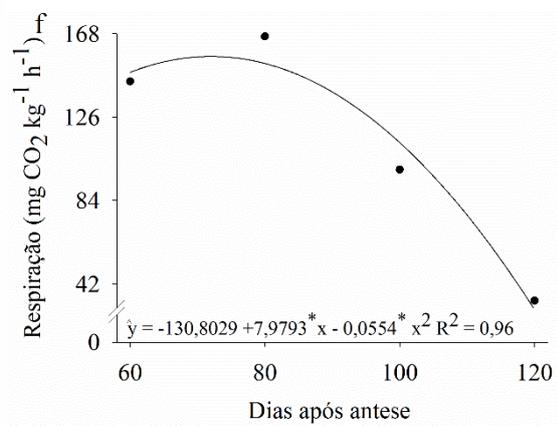
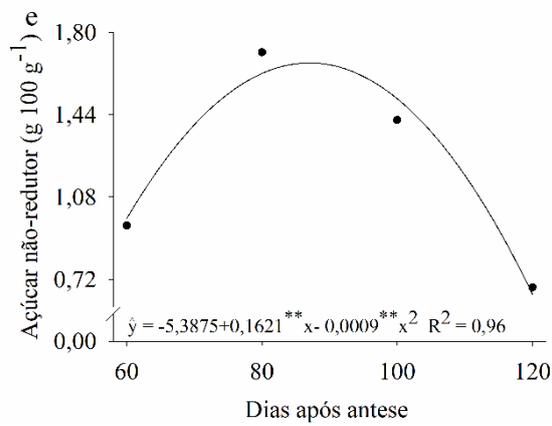
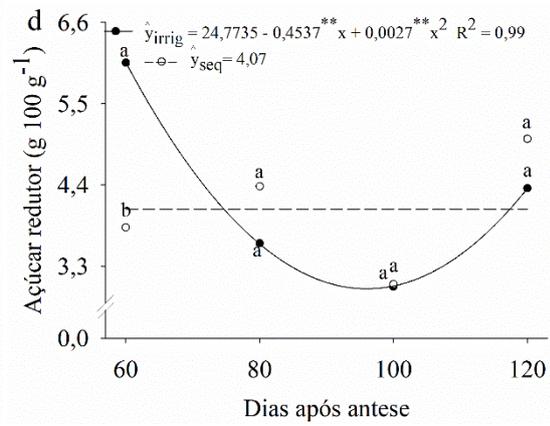
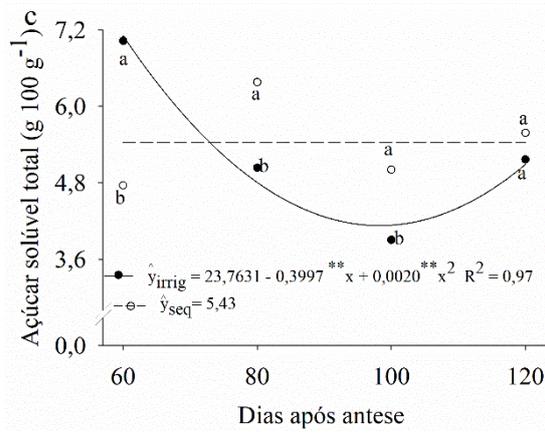
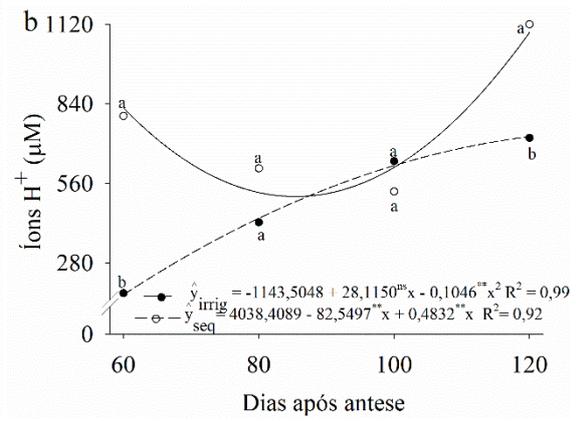
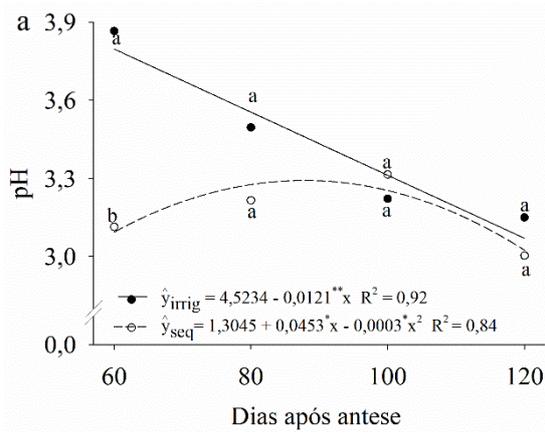


Figura 3- Ângulo Hue (a), índice de cor (b) de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função diferentes dias após antese.

As características pH, íons de H^+ , acidez titulável, açúcar solúvel total, açúcar redutor, e acidez titulável foram influenciadas pelos sistemas de cultivo e épocas de colheitas (figura 4 a, b, c, d, g). O sistema de cultivo irrigado reduziu o pH em $-0,0121 \text{ dia}^{-1}$ entre os 60 e 120 DAA. O ponto mínimo de íons de H^+ foi 512,72 aos 85 DAA. A acidez titulável teve o maior teor, sendo 3,89% aos 110 DAA. O açúcar solúvel total e redutor tiveram seus menores teores de 3,79 e 5,74 g 100 g^{-1} aos 99 e 84 DAA.

O açúcar não-redutor, respiração e razão SS/AT foram influenciados pelas épocas de colheita (Figura 4 e, f, h). O açúcar não-redutor e a respiração tiveram seus maiores valores aos 84 e 72 DAA. O sistema de cultivo influenciou a razão SS/AT que teve um acréscimo de 51,77% quando cultivados sob sequeiro (Figura 4 i).



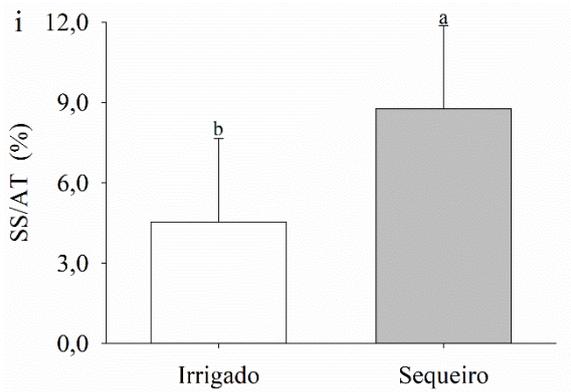
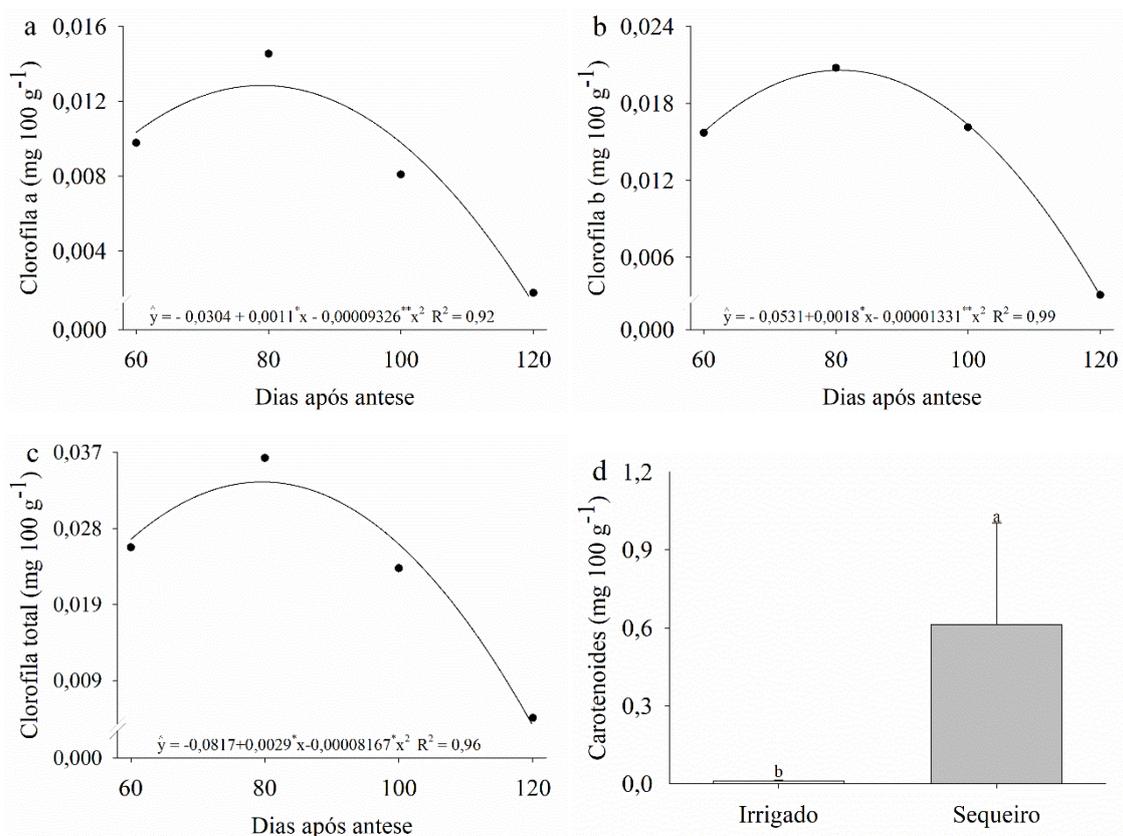


Figura 4- pH (a), íons H^+ (b), açúcar solúvel total (c), açúcar redutor (d), açúcar não-redutor (e), respiração (f), acidez titulável (g), razão SS/AT (h, i) de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.

As clorofilas a, b e totais foram influenciadas pelas épocas de colheita (Figura 5 a, b, c), cujo maiores valores foram encontrados entre os 67 e 80 DAA. O teor de carotenoides foi afetado pelos sistemas de cultivo, sendo superior para o cultivo sob sequeiro (Figura 5 d). O teor de flavonoides foi afetado pelas épocas de colheita, seu ponto máximo foi de 9,20 mg 100 g^{-1} aos 87 DAA (Figura 5 e).



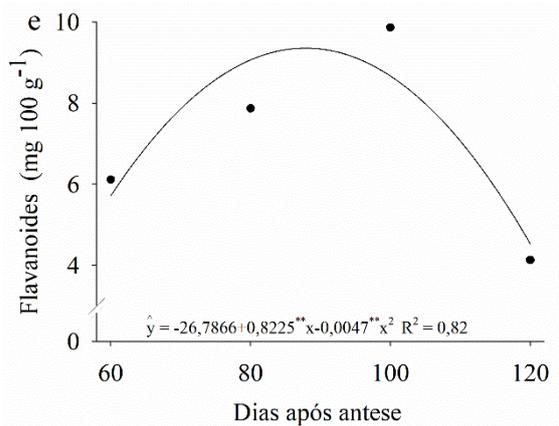


Figura 5- Clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (c), carotenoides (d), flavonoides (e) de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’ sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese.

Neste estudo, foram analisados os efeitos das épocas de colheita e sistemas de cultivo nos frutos de *Passiflora cincinnata* ‘BRS Sertão Forte’. Observou-se que, entre os 60 e 120 dias após a antese, houve um aumento diário de 0,47 mL no volume de polpa e de 0,12 mm no diâmetro transversal, enquanto a menor massa fresca da casca, 42,32 g, foi registrada aos 81 dias após a antese (Figura 2). Os sistemas de cultivo influenciaram o formato do fruto, diâmetro longitudinal e espessura da casca, com o cultivo sob sequeiro mantendo um formato médio de 0,91 mm e o cultivo irrigado aumentando o diâmetro longitudinal em 55,24% (Figura 3). Parâmetros de cor, características químicas e teor de clorofilas e carotenoides também variaram de acordo com os fatores de sistema de cultivo e época de colheita (Figura 4).

Na correlação de Pearson, as variáveis massa do fruto inteiro (MFI), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), massa fresca da casca (MFC) e volume da polpa (VP), clorofila a (C_{loa}), clorofila b (C_{lob}), clorofila total (C_{loT}) e carotenoides (Car), rendimento (Rend), íons H⁺ (H⁺), acidez titulável (AT), índice de cor (IC), volume de polpa (VP), luminosidade (L), coordenada b (b), cromaticidade (C), índice de amarelecimento (IA), índice de amarelecimento (IA) se correlacionaram de forma positiva.

O diâmetro longitudinal (DL), respiração (Resp), volume de polpa (VP), pH, acidez titulável (AT), massa fresca da casca (MFC), ácido ascórbico (AA), ângulo Hue (°Hue), massa fresca da casca (MFC), ácido ascórbico (AA), ângulo Hue (°Hue), íons de H⁺ (H⁺), acidez titulável (AT) e índice de cor (IC), correlacionaram-se de forma negativa.

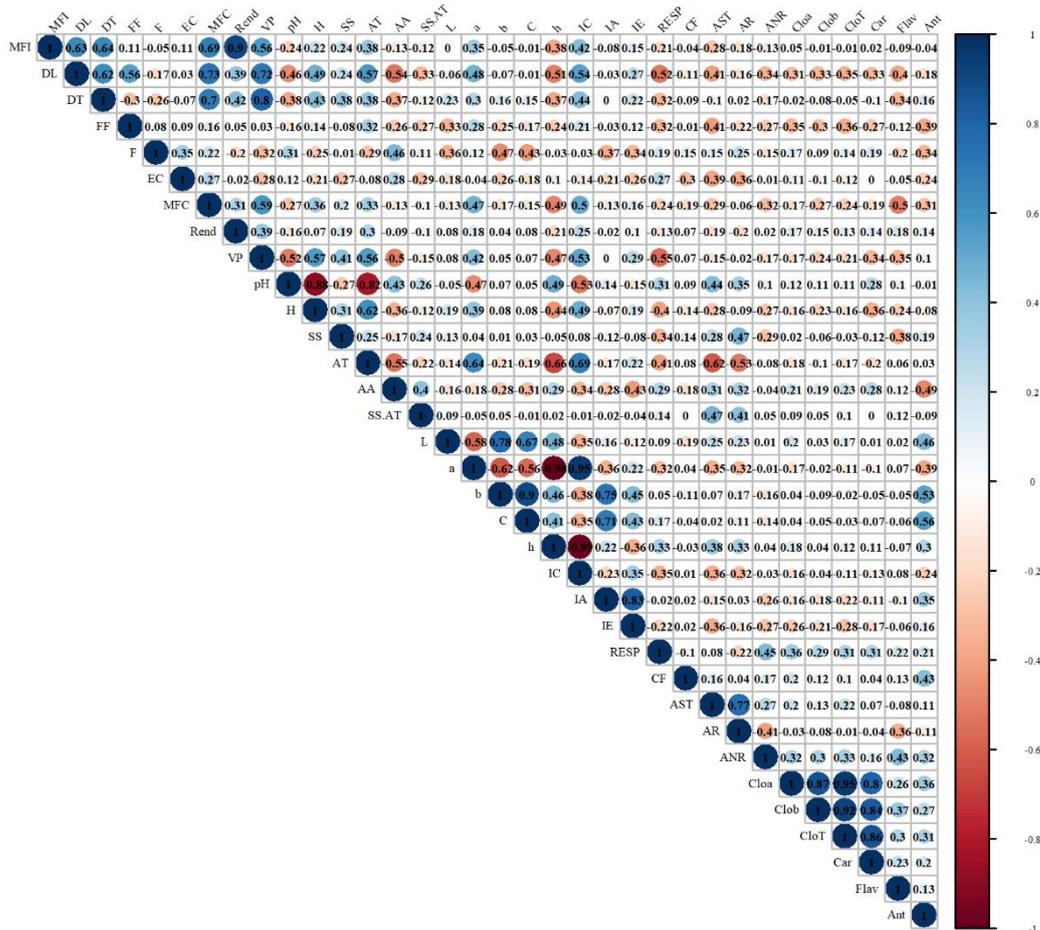


Figura 6- Correlação de Pearson entre características físicas, químicas e bioativas de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa respiratória = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis= SS, sólido solúvel/ acidez titulável = Ratio, íons H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, total clorofila T = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar não-redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR. *,**,*** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

As relações entre os fatores e variáveis estudadas foram analisadas por componentes principais com agrupamentos. A soma da variação entre os dois componentes foi de 59,5% (Figura 8). Dessa forma, sete grupos foram formados. A relação SS/AT (Ratio), clorofila b, respiração, flavonoides, carotenoides e pH tiveram maior relação quando os frutos foram

colhidos aos 60 dias após antese e cultivados sob irrigação. O rendimento, íons de H^+ , acidez titulável e diâmetro longitudinal tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 60 dias após antese e cultivados sob sequeiro.

Os compostos fenólicos, índice de amarelecimento, antocianinas, coordenada b, cromaticidade e luminosidade tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 80 dias após antese e cultivados sob irrigação. O açúcar não-redutor, açúcar solúvel total, açúcar redutor, clorofila a, ângulo Hue, clorofila total tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 80 dias após antese e cultivados sob sequeiro. A espessura da casca, firmeza e ácido ascórbico não diferiram aos 100 e 120 dias após antese e cultivo sob irrigação.

O formato do fruto, massa fresca da casca, coordenada a e massa do fruto inteiro tiveram maior relação aos 100 dias após antese e cultivados sob sequeiro. O volume de polpa, o diâmetro transversal, índice de escurecimento e sólido solúvel tiveram maior relação aos 120 dias após cultivados sob sequeiro.

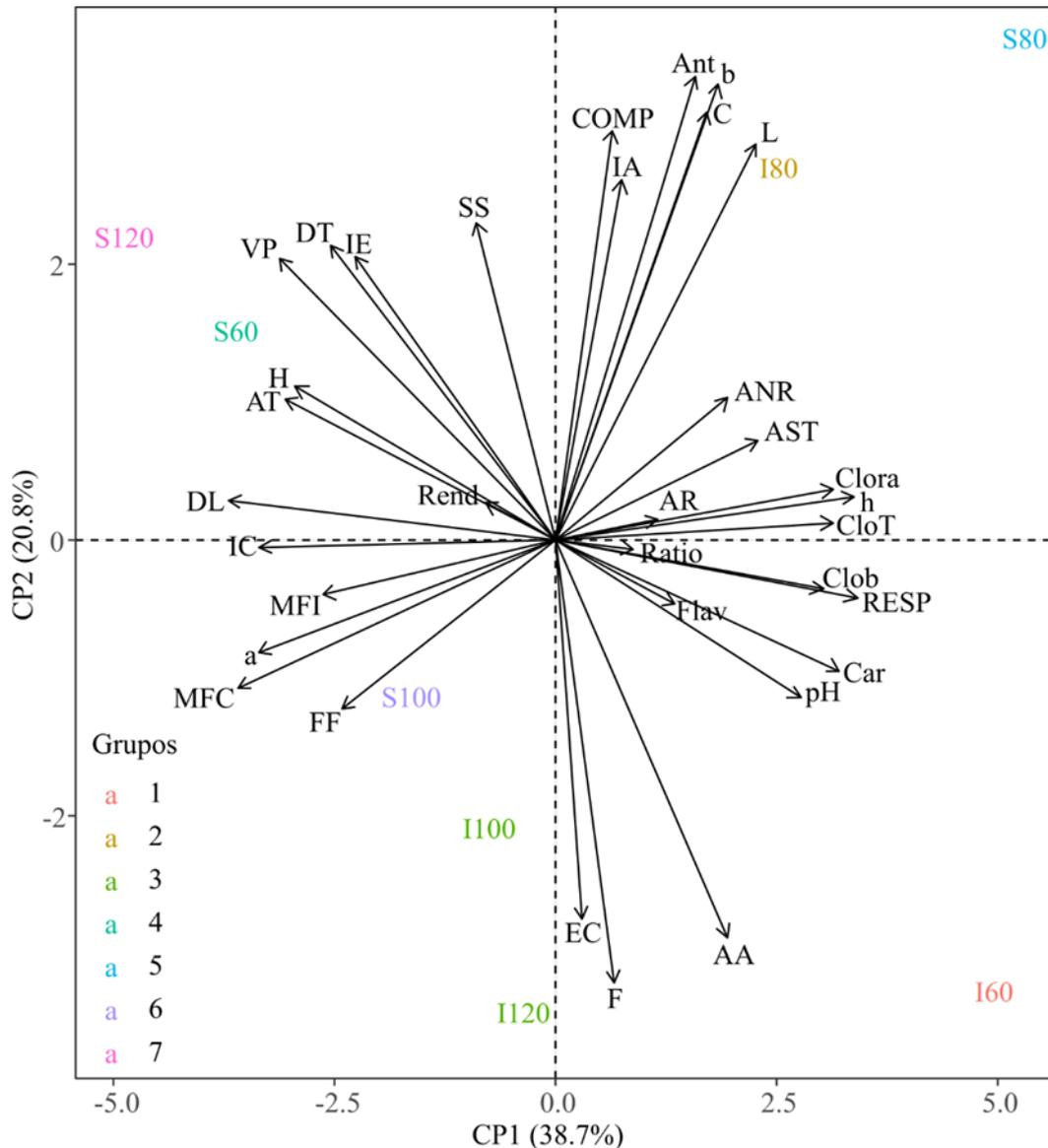


Figura 7- Análise de Componentes Principais (PCA) da parte físico-química e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* 'BRS Sertão Forte' sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa de Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = SS/AT, íons H⁺ = H⁺, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR.

12 DISCUSSÃO

As colheitas em diferentes dias após antese podem aumentar o crescimento dos frutos. Neste trabalho, as épocas de colheita influenciaram no volume de polpa, diâmetro transversal e massa fresca da casca (Figura 3). Shiomi et al. (1996) analisando características de amadurecimento de maracujá roxo *Passiflora edulis* (Sims), notou um rápido aumento no diâmetro e comprimento dos frutos e acúmulo de suco ao redor das sementes a partir dos 30 dias após a floração.

O acréscimo no tamanho e peso dos frutos durante o estágio inicial se dá pela rápida diferenciação e aumento celular seguida por uma taxa lenta de expansão (Ram et al., 1983). Os maracujás Roxo e Amarelo cresceram num ritmo sigmóide com um declínio moderado no tamanho dos frutos aos 80 dias após a frutificação (Singh et al., 2006). Patel et al. (2014) relacionou o crescimento de dois genótipos de *Passiflora edulis* notadamente ao crescimento da casca, depois, semente e arilo.

A espessura da casca reduziu com o cultivo em sequeiro e os dias após antese (Figura 4). Esse comportamento também foi encontrado por Vianna-Silva et al. (2010) com maracujá-amarelo em diferentes colheitas, onde a redução da espessura da primeira colheita foi de 2,03 mm, enquanto nas colheitas posteriores foi de 6,02 e 6,43 mm, respectivamente. Esses resultados mostram que o ritmo de desenvolvimento do fruto influencia a espessura da casca em detrimento da concentração e rendimento da polpa. Tal característica, torna-se de valia para o segmento de mercado industrial na produção de suco.

O estresse hídrico reduz o peso dos frutos e a produção das culturas (Yang et al., 2016). A limitação hídrica leve e média em estudos com maçã ‘Gala’ diminuiu o peso dos frutos, isso ocorreu pela menor eficiência do uso da água necessária para o alongamento e divisão celular (Wang et al., 2019). No entanto, o suprimento adequado de água durante as fases fenológicas da cultura garante absorção dos nutrientes, a divisão celular e o turgor, conseqüentemente frutos maiores. Estudo com maracujazeiro-amarelo notaram que o ganho de peso dos frutos foi facilitado sob condições controladas, as quais, incluíam o sistema irrigado (Cavichioli et al., 2008).

A cor dos frutos de maracujá-do mato é afetada pelos dias após antese e sistemas de cultivo (Figura 2). Nesse trabalho, nota-se que a tonalidade da cor varia de um verde mais escuro para um verde mais claro. Resultados semelhantes foram encontrados em frutos de granadilha roxa colhidos nos estágios I, II e III com 49-105, 109-117 e 121-129 dias após antese, respectivamente (Espinosa et al., 2015). Isso ocorre devido a degradação da clorofila e produção

de novos pigmentos, notadamente carotenoides, que dão origem a coloração amarelada (Valero; Serrano, 2010).

O pH diminuiu, e a concentração de íons H^+ e acidez titulável aumentou com os dias após antese e os sistemas de cultivo (Figura 3). Com isso, pode-se afirmar que os frutos de maracujá-do-mato tendem a um sabor mais ácido ao final do amadurecimento. Esse declínio no pH pode ser atribuído ao acúmulo de ácidos orgânicos neste intervalo de tempo (Silva et al., 2005). O que pode ser comprovado pelo aumento dos íons de H^+ . Uma das características marcantes em frutos de *P. cincinnata* é o pH baixo entre 2,91 e 2,98 (D' Abadia et al., 2020). Valores iniciais de pH 2,97 foi encontrado por Rinaldi et al. (2021) em frutos de maracujá-do-mato cv. 'BRS Sertão Forte'.

O maracujá-do-mato possui elevado teor de acidez (Araújo et al., 2019). Neste trabalho a acidez titulável aumentou com os dias após antese. Esses resultados são inversos ao pH, que reduziu com os dias após antese. Isto está relacionado ao fato de frutos de *P. cincinnata* serem naturalmente ácidos. O aumento da acidez titulável na conservação pós-colheita de frutos de *P. cincinnata* 'BRS Sertão Forte' com valores iniciais de 4,13 g de ácido anidro/100 ml de polpa (Rinaldi et al., 2021). Esses autores atribuíram os resultados encontrados a menor atividade metabólica consequentemente menor consumo de ácidos orgânicos em armazenamento com temperaturas reduzidas (refrigerado). Neste trabalho o aumento da acidez titulável pode estar associada ao fato dela ter sido afetada por fatores externos, como o aumento na precipitação, umidade do ar e temperaturas amenas (Figura 1).

Os teores de ácido ascórbico reduziram com os dias após antese independente do sistema de cultivo. Esse composto bioativo, é hidrossolúvel e termolábil sendo oxidado rapidamente quando exposto ao ar (Rinaldi et al., 2015) e pode variar dependendo das condições ambientais (Mahdavi et al., 2010; Tareen et al., 2015; Bekele et al., 2015). Neste trabalho a redução do ácido ascórbico pode estar associada a temperatura (Figura 1), descreva aqui. Nawaz et al. (2020) associaram o declínio do ácido ascórbico na maturidade de tangerina kinnow (*Citrus nobilis* x *Citrus deliciosa*) cultivada sob altas temperaturas nos distritos de Vehari e Toba Tek Singh, pois há deterioração dos ácidos no processo de oxidação-respiração.

Os ácidos orgânicos são inversamente proporcionais aos açúcares. No presente trabalho, nota-se que os açúcares solúveis totais e redutores decaem com os dias após antese à medida que a acidez e os açúcares não-redutores aumentam. A redução se deu pela oxidação dos açúcares redutores à não-redutores para que o sabor adocicado do suco se acentue. Ademais, o grupo livre de aldeído ou cetona pertencente aos açúcares redutores serve como agente redutor durante a fase de maturação em frutas cítricas (Nawaz et al., 2020). Fatores climáticos como

altas temperaturas e baixa precipitação também influenciam o nível de açúcares em frutos cítricos, elevadas temperaturas na região de Vehari e Toba Tek Singh acentuaram a oxidação-redução dos açúcares redutores em não-redutores em frutos de tangerina kinnow (Nawaz et al., 2020).

O consumo dos açúcares ainda está associado as outras vias do metabolismo celular, como fonte de energia para respiração ou ainda formação de compostos secundários, como os flavonoides. A respiração aeróbica é a principal ação fisiológica durante o processo de amadurecimento, pós-colheita e senescência de produtos hortícolas. Isso ocorre, devido ao uso de esqueleto de carbonos e energia para formação de características de qualidade que são produzidas pelo ciclo mitocondrial (Etienne et al., 2013; Li et al., 2020).

Alguns estudos com tangerina 'Fortune' colhidos em diferentes estágios de maturidade diminuiram os níveis de sacarose no flavedo de frutas não condicionadas (Holland et al., 2002). Os mesmos autores em estudos anteriores relataram que a sacarose não ocorre no flavedo de frutos presas a árvore durante sua exposição a temperaturas extremas, todavia a glicose e frutose aumentaram (Holland et al., 1999). Os autores sugeriram que a sacarose é o açúcar mais acessível como substrato respiratório no fruto não condicionada (Holland et al. 2002).

Os flavonoides são metabólitos secundários importantes encontrados em elevadas concentrações na polpa de frutos cítricos, notadamente como moléculas conjugadas (Khan; Zill-E-Huma Dangles, 2014). O teor de flavonoides aumenta nos estágios iniciais do desenvolvimento do fruto, diminuindo na célula durante a fase de alongamento (Ladaniya, 2008). Lado et. al. (2018) relataram que a concentração dos flavonoides é variável entre espécies cítricas, dependendo da genética e fatores edafoclimáticos. Os mesmos autores afirmaram que os teores de flavonoides são maiores em polpa de laranjas.

A razão SS/AT aumentou quando os frutos foram cultivados sob sequeiro. O estresse hídrico imposto no final do crescimento e expansão dos frutos aumenta a concentração de solutos intracelular, notadamente a sacarose (Mills; Behboudian; Clothier, 1996). Isso ocorre devido ao ajustamento osmótico em plantas sob restrição hídrica. Os frutos de toranja (*Citrus paradisi* Mac.) tiveram sua qualidade influenciada pelo estresse hídrico acumulado na fase III de maturação, nessa fase houve acúmulo ativo de glicose, frutose e sacarose, os três açúcares que contribuem para o ajuste osmótico da fruta (Navarro et al., 2015).

Os teores de clorofila a, b e total reduziram com os dias após antese. Todavia, o teor de carotenoides foi afetado pelo sistema de cultivo devido à biossíntese dele ser influenciada pelos fitoreguladores de crescimento e condições ambientais, impactando diretamente no acúmulo de carotenoides nos frutos cítricos (Ma et al., 2023). Durante o amadurecimento de frutas cítricas

há um acúmulo de xantofilas (Kato et al., 2004). Pesquisas com estresse hídrico em tangerinas apontou maior acúmulo de licopeno e b-caroteno durante a fase II do desenvolvimento do fruto (Navarro et al., 2010).

A correlação entre as variáveis está relacionada ao aumento do diâmetro transversal, longitudinal, massa fresca da casca e volume de polpa com o aumento dos dias após antese, devido ao aumento da divisão celular inicialmente seguida de uma taxa lenta de expansão (Ram et al, 1983). A diminuição no pH, açúcar solúvel e redutor, e aumento na acidez titulável e açúcares não-redutores comprovam a oxidação necessária para a acentuação do sabor adocicado do suco.

O crescimento dos frutos foi afetado pelas épocas de colheita, com um aumento gradual no volume de polpa e diâmetro transversal entre 60 e 120 dias após a antese, indicando a importância de escolher o momento ideal para a colheita. A espessura da casca também foi influenciada, diminuindo com o cultivo em sequeiro e com o tempo após a antese. Além disso, as características de cor dos frutos variaram com os dias após a antese e o sistema de cultivo, com uma mudança de tonalidade do verde mais escuro para o verde mais claro. O pH diminuiu, a acidez titulável aumentou, e os açúcares solúveis totais e redutores diminuíram à medida que os frutos amadureceram, tornando os frutos mais ácidos. Por outro lado, o teor de ácido ascórbico diminuiu, provavelmente devido às condições ambientais. A relação entre açúcares e acidez demonstrou a complexa dinâmica dos compostos nesses frutos.

O estresse hídrico no sistema de cultivo sequeiro teve impactos significativos, levando ao aumento da concentração de sólidos solúveis e açúcares não-redutores, bem como à redução do tamanho dos frutos. Além disso, os teores de clorofila diminuíram, enquanto o teor de carotenoides foi afetado pelo sistema de cultivo. Isso destaca a importância de manter um suprimento adequado de água para o crescimento ideal dos frutos.

13 CONCLUSÃO

O melhor dia para a colheita dos frutos de *P. cincinnata* 'BRS Sertão Forte' foi aos 80 dias após a antese, independentemente do sistema de cultivo. Nesse estágio, observou-se um aumento no volume de polpa e diâmetro transversal, bem como na razão SS/AT, nos açúcares não redutores e nos parâmetros de cor.

REFERÊNCIAS

- ALAM, A.; ULLAH, H.; CHA-UM.; TISARUM S.; R.; DATTA, A. (2021). **Effect of seed priming with potassium nitrate on growth, fruit yield, quality and water productivity of cantaloupe under water-deficit-stress.** *Scientia Horticulturae*. 288, 110354.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official methods of analysis of the association of agricultural chemists* (18. ed.). AOAC.
- ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AIDAR, S. T.; YURI, J. E.; FALEIRO, F. G. (2019). **Cultivo de *Passiflora cincinnata* Mast. Cv. BRS Sertão Forte.** *Circular técnica*. EMBRAPA. ISSN 1808-9976.
- ARAÚJO, F. P.; FALEIRO, F. G.; AIDAR, S. T.; MELO, N. F. ***Passiflora cincinnata: maracujá-da-caatinga.*** In: Coradin, L.; Camillo, J.; Pareyn, F.G.C. (Ed.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste*. Brasília, DF: MMA, 2018. p. 217-224 il. color. (Série. Biodiversidade, 51).
- BIALE, J. B. (1975). **Processo sintético e degradante no amadurecimento de frutas**, em: Haard, N. F., Salunkhe, D. K. (Eds.), *Biologia Pós-colheita e Manipulação de Frutas e Vegetais*, AVI Pub., Westport CT. 5-18.
- BEKELE, D. A.; GELETA, G. S. (2015). **Iodometric determination of the ascorbic acid (vitamin C) content of some fruits consumed in Jimma town Community in Ethiopia.** *Research Journal of Chemical Sciences*. 5(1), 60-63.
- CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A. (2008). **Caracterização físico-química de frutos de Maracujazeiro-amarelo submetidos a iluminação artificial, irrigação e sombreamento.** *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal*. 30(3), 649-656.
- CRISPIM, J. E.; MARTINS, J. C.; PIRES, J. C.; ROSOLEM, C. A. (1994). **Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação.** *Revista Pesquisa agropecuária brasileira*. 29(10), 1517-1521.
- COSTA, F. B.; PEREIRA, M. M. D.; SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; SILVA, B. R. S.; SALES, G. N. B. (2020). **Determinação da atividade respiratória (CO₂) em frutos de Juazeiro colhidos em cinco estádios de maturação.** *Revista Princípios*, 52.
- D'ABADIA, A. C. A.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; RINALDI, M. M.; OLIVEIRA, L. L.; MALAQUIAS, J. V. (2020). **Determination of the maturations stage and characteristics of the fruits of two populations of *Passiflora cincinnata* Mast.** *Revista Caatinga, Mossoró*. 33(2), 349 – 360.
- DURIGAN, J. F.; SIGRIST, J. M. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; VIEIRA, G. **Qualidade e tecnologia pós-colheita do maracujá.** In: Lima, A. de A.; Cunha, M.A.P. (Org.). *Maracujá: produção e qualidade na passicultura*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.283-303.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Cultivar de maracujazeiro silvestre (Passiflora cincinnata Mast.) para a Caatinga e para o Cerrado BRS Sertão Forte*. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

ESPINOSA, D. S.; PÉREZ, W. H.; HERNÁNDEZ, M. S.; MELGAREJO, L. M.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. (2015). **Caracterização físico-química, fisiológica e bioquímica do maracujá (*Passiflora ligularis* Juss)**. Pp. 91-118. In: Melgarejo, L. M (ed.). Granadilha (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterização ecofisiológica da cultura. Universidade Nacional da Colômbia, Bogotá, Colômbia.

ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C. (2013). **What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells**. *Journal of Experimental Botany*. 1451-1469.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Parte 4. (2017). **Análises não destrutivas: calorimetria - princípios e aplicações na agricultura**. Embrapa Instrumentação, 4(2).

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A (2021) ExpDes: Experimental Designs Package. R package version 1.2.1.

FISHER, G.; MELGAREJO, L. M.; CUTLER, J. (2018). **Fatores pré-colheita que influenciam a qualidade de frutos de maracujá: Revisão**. *Agronomia Colombiana*. 36(3),217-226.

FRANCIS, F. J. (1982). **Analysis of anthocyanins in foods**. In: P. Markakis (Ed.), *Anthocyanins as food colors* (p. 181-207). New York: Academic Press.

HERNÁNDEZ, M. S.; FISCHER, G. (2009). **Colheita e pós-colheita de maracujá**. pp. 267-281. In: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra, W. Piedrahíta e LE Flórez (eds.). Cultivo, pós-colheita e comercialização de maracujá na Colômbia: maracujá, granadilha, gulupa e curuba. Sociedade Colombiana de Ciências Hortícolas, Bogotá, Colômbia.

HOLLAND, N.; MENEZES, H. C.; LAFUENTE, M. T. (2002). **Carbohydrates as related to the heat-induced chilling tolerance and respiratory rate of ‘Fortune’ mandarin fruit harvested at different maturity stages**. *Postharvest Biology and Technology*. (25), 181-191.

HOLLAND, N.; SALA, J. M.; MENEZES, H. C.; LAFUENTE, M. T. (1999). **Carbohydrate content and metabolism as related to maturity and chilling sensitivity of cv. ‘Fortune’ mandarins**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47, 2513–2518.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2023). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 de jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (4º Ed) São Paulo, IAL, pp 103-104.

KATO, M.; IKOMA, Y.; MATSUMOTO, H.; SUGIURA, M.; HYODO, H.; YANO, M. (2004). **Accumulation of carotenoids and expression of the carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit**. *Plant Physiology*. 134, 1-14.

- KHAN, M.; ZILL-E-HUMA; DANGLES, O. (2014). **A comprehensive review on flavonones, the major citrus polyphenols.** *Journal of Food Composition and Analysis*. 33, 85-104.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. (1928). Wall-map 150cmx200cm
- LADANIYA, M. S., (2008). In Ladaniya, M. S. (Ed.), **Citrus Fruit.** Biology, Technology and Evaluation. *Academic Press*. USA.
- LADO, J.; GAMBETTA, G.; ZACARIAS, L. (2018). **Key determinants of citrus fruit quality: metabolites and main changes during maturation.** *Scientia Horticulturae*. 233, 238-248.
- LI, M.; ZHENG, Q.; LIN, H.; LIN, M.; CHEN, Y.; LIN, Y.; FAN, Z.; WANG, H. (2020). **The influence of ATP treatment on energy dissipation system in postharvest longan fruit during senescence.** *Postharvest Biology and Technology*. 164, 111154.
- LICHTENTHALER, H. K. (1987). **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes.** In: L. Packer, R. Douce (Ed.), *Methods in enzymology* (p. 426-428). London: Academic Press.
- MA, G.; ZHANG, L.; KATO, M. (2023). **Molecular regulation of carotenoid biosynthesis in citrus juice sacs: New advances.** *Scientia Horticulturae*. 309,111629.
- MAHDAVI, R.; NIKNIAZ, Z.; RAFRAF, M.; JOUYBAN, A.; (2010). **Determination and comparison of polyphenol and vitamin C contents of natural fresh and commercial fruit juices.** *Pakistan Journal of Nutrition*. 9(10), 968-972.
- MILLER, G. L. (1959). **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.** *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.
- MILLS, T. M.; BEHBOUDIAN, M. H.; CLOTHIER, B, E. (1996). **Water relations growth, and the composition of 'Braeburn' apple fruit under deficit irrigation.** *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 121, 286-291.
- NAVARRO, J. M.; PÉREZ-PÉREZ, J. G.; ROMERO, P.; BOTÍA, P. (2010). **Analysis of the changes in quality in mandarin fruit, produced by deficit irrigation treatments.** *Food Chemistry*, 119, 1591-1596.
- NAVARRO, J. M.; BOTÍA, P.; PÉREZ-PÉREZ, J. G. (2015). **Influence of deficit irrigation timing on the fruit quality of grapefruit (*Citrus paradisi* Mac.).** *Food Chemistry*. 175, 329-336.
- NAWAZ, R.; ABBASI, N. A.; HAFIZ, I. A.; KHALID, A. (2020). **Impact of climate variables on fruit internal quality of kinnow mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) in ripening phase grown under varying environmental conditions.** *Scientia Horticulturae*. 265, 109235.

PETEL, R. K.; SINGH, A.; PRAKASH, J.; NATH, A.; DEKA, B. C. (2014). **Physico-biochemical changes during fruit growth, development and maturity in passion fruit genotypes.** *Indian Journal de Horticultura.* 71(4), 486-493.

PETERSON, B. G.; Carl, C. (2020). *Performance Analytics: econometric tools for performance and risk analysis.* R package version 2.0.4.

R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing.* Viena, Austria.

RAM, H. B.; JAIN, S. P.; TRIPATHI, A. K.; SINGH, S. (1983). Composition of aonla fruits during growth and development, *Indian Food Packer*, 37, 57-61.

RINALDI, M. M.; DIANESE, A. C.; COSTA, A. M. (2015). **Avaliação do uso de cera de carnaúba na conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora cincinnata* cv BRS Sertão Forte.** *Agrotópica*, Ilhéus. 33(1), 29-38.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; (2021). **Vida útil de polpa de frutos de *Passiflora cincinnata* cv. BRS Sertão Forte congelada.** *Agrotópica.* 33(2), 131-142.

SILVA, T. V. et al., (2005). **Influência dos estágios de maturação na qualidade do suco do maracujá-amarelo.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27, 472-475.

SINGH, A.; PATEL, R. K.; K. D.; BHUYAN, M. (2006). **Flowering, fruiting and ripening physiology of passion fruit.** *Environmental Ecology.* 245, 693-97.

SOUSA, V. F.; BORGES, A. L. (2011). **Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá.** In: Sousa VF, Marouelli WA, Coelho EF, Pinto JM, Coelho Filho MA. (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças.* Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Pp 499-522.

SHIOMI, S.; WAMOCHO, L. S.; AGONG, S. G. (1996). **Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine.** *Postharvest Biology and Technology.* 7, 161-170.

STROHECKER R.; HENNING, H. M. (1967) **Analisis de vitaminas:** metodos comprobados. Madrid, Paz Montalvo pp 428.

TAO, H.; SUN, H.; WANG, Y.; WANG, X.; GUO, Y. (2023). **Effects of water stress on quality and sugar metabolismo in ‘Gala’ apple fruit.** *Horticultural Plant Journal.* 9(1), 60-72.

TAREEN, H.; MENGAL, F.; MASOOD, Z.; MENGAL, R.; AHMED, S.; BIBI, S.; SHOAIB, S.; SAMI, U.; MANDOKHAIL, F.; RIAZ, M.; FARMANAND, N.; NAWAZ, Z. (2015). **Determination of vitamin C contente in citrus and in non-citrus fruits by titrimetric method, with special reference to their nitritional importance in Human diet.** *Biological Forum -Na International Journal.* 7(2), 367-369.

VALERO, D.; Serrano, M. (2010). **Biologia pós-colheita e tecnologia para preservação da qualidade dos frutos.** Grupo Taylor e Francis, Nova York, EUA

VIANNA-SILVA, T.; LIMA, R.V.; AZEVEDO, I.G.; ROSA, R.C.C.; SOUZA, M.S.; OLIVEIRA, J.G. (2010). **Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro amarelo colhidos na região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil.** *Revista Brasileira de Fruticultura*. 32(1), 57-66.

WANG, Y.; LIU, L.; WANG, Y.; TAO, H.; FAN, J.; ZHAO, Z.; GUO, Y. (2019). **Effects of soil water stress on fruit yield, quality and their relationship with sugar metabolism in ‘Gala’ apple.** *Scientia Horticulturae*. 258, 108753.

WATERHOUSE, A. (2006). **Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine.** *American Journal of Enology and Viticulture*, p. 3-5.

YANG, W.; PALLAS, B.; DURAND, J. B.; MARTINEZ, S.; HAN, M.; COSTES, E. (2016). **The impact of long-term water stress on tree architecture and production is related to changes in transitions between vegetative and reproductive growth in the ‘Granny Smith’ apple cultivar.** *Tree Physiology*. 36, 1369.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. (1954). **The estimation of carbohydrates in planta extracts by anthrone.** *Biochemical Journal*, 57(3), 508-514.

Artigo III: Qualidade pós-colheita de maracujá silvestre: irrigação vs. sequeiro, impacto no cultivo e dias pós-antese

RESUMO

O maracujá silvestre, robusto e resistente à seca por ser nativo do bioma Caatinga, é caracterizado por sua casca amarelo-esverdeada e polpa exótica. Contudo, a qualidade atinge seu ápice com a colheita no momento ideal, onde a adequada irrigação e os dias após antese desempenham papéis cruciais na pós-colheita. Dessa forma, objetivou-se avaliar as características pós-colheita dos frutos de maracujá silvestre em sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) em diferentes dias após antese. Com arranjo experimental 2 x 4 em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo dois sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e quatro épocas de colheita (60, 80, 100 dias após a antese). Foram avaliados 180 frutos, sendo 60 por época de colheita. Os frutos de maracujá silvestre conduzidos em sistema de cultivo irrigado e colhidos aos 100 dias após antese são eficazes para otimizar as características físicas de frutos. Notadamente, sendo massa do fruto inteiro, diâmetro longitudinal, espessura da casca, rendimento e volume de polpa. As características pH, sólidos solúveis, clorofila b e total foram maiores quando nos frutos cultivados sob irrigação. O déficit hídrico favoreceu os carotenoides.

Palavras-Chaves: *Passiflora cincinnata*; cor da casca; restrição hídrica.

14 INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 150 a 200 espécies nativas de maracujá são encontradas (Carvalho et al., 2017). Dentre essas espécies, destaca-se o maracujá silvestre (*Passiflora cincinnata* Mast.) comumente encontrado no bioma Caatinga, por apresentar rusticidade e tolerância a seca que atingem o maracujá comum (Araújo et al., 2016). A região semiárida do Brasil possui características edafoclimáticas favoráveis ao cultivo do maracujá, exceto pela baixa precipitação, fazendo-se necessário a irrigação. A temperatura média anual próximo a 25 °C, fotoperíodo de 11 horas e precipitação de 400 a 1000 mm (Cunha et al., 2004) proporcionam desenvolvimento fisiológico favoráveis ao gênero *Passiflora* (Nakasone e Paull, 1998).

Todavia, o estresse hídrico promove o fechamento estomático, o que limita as trocas gasosas e conseqüentemente a produção de fotoassimilados pela inibição da fotossíntese (Campbell et al., 2010). As condições ambientais extremas influenciam em processos que são decisivos para os atributos internos e externos de qualidade e sua longevidade na pós-colheita (Ladaniya, 2008). Em estudos desenvolvidos por Suassuna et al. (2011) na região Nordeste com híbrido de frutas IAC 273/277, o nível de irrigação de 120% da ETo promoveu frutos com peso superior a 150 g, aumento no rendimento de suco e percentual da casca em comparação aos demais com os níveis de irrigação.

No entanto, o fruto expressa seu potencial máximo de qualidade, quando colhidos no momento adequado, ou seja, quando completa seu crescimento e ocorrem mudanças externas e internas incluindo sabor e a textura (Agustí, 2010). A mudança na coloração da casca durante a maturação do maracujá amarelo é a característica mais notável (Schotsmans e Fischer, 2011). Já nos frutos de maracujá silvestre quando maduro, possuem casca amarelo-esverdeada, polpa amarelo-esbranquiçada a esbranquiçada, sólido solúveis de 8 a 13 °Brix, umidade próximo a 88 %, pH de 3,0 e acidez titulável de 2,0 a 3,0%. A fruta possui sabor e aroma exótico, bem como, ótimo valor nutricional (Araújo et al., 2016; Araújo et al., 2019).

Dessa forma, é necessário avaliar as características do fruto em diferentes dias após antese e sistemas de cultivo para encontrar o momento adequado de colheita, pois trata-se de um fruto que mantém a coloração esverdeada mesmo quando maduro e é resistente ao estresse hídrico. Com isso, objetivou-se avaliar as características pós-colheita dos frutos de maracujá silvestre em sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) em diferentes dias após antese.

15 MATERIAL E MÉTODOS

15.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DESIGN EXPERIMENTAL

O maracujá silvestre foi conduzido durante período experimental entre os meses de junho/2022 a abril/2023, em condições de campo, na Fazenda Experimental Rolando Enrique Rivas Castellón do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), município de São Domingos, PB (06° 48' 50" S e 37° 56' 31" W, altitude de 190 m). A precipitação, temperatura e umidade do ar durante o período do experimento foram obtidas na estação meteorológica de São Gonçalo, PB no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET Figura 1a e b)

Um esquema fatorial 2 x 4 com oito tratamentos em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, de oito plantas por parcela, foi utilizado. O primeiro fator constou dos sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e o segundo das épocas de colheita (60, 80, 100 dias após a antese).

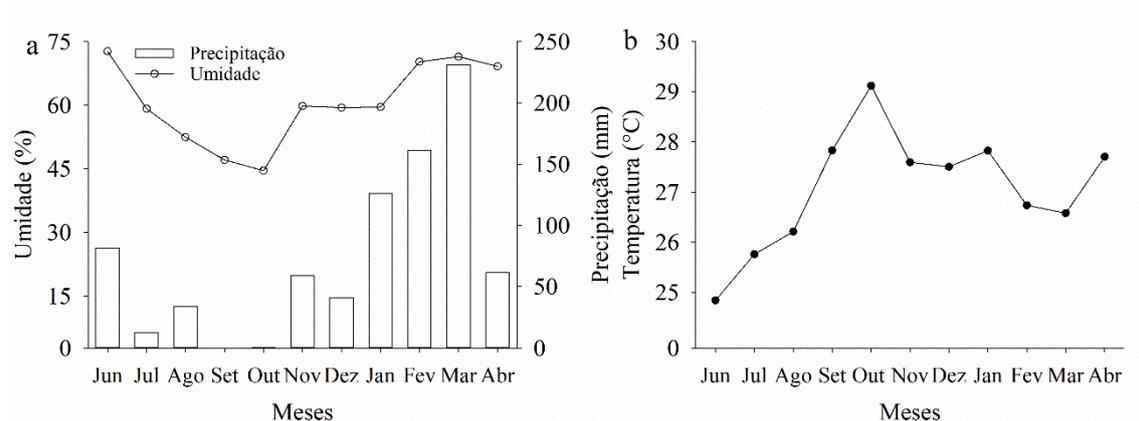


Figura 1. Precipitação, umidade (a) e temperatura do ar (b) durante o desenvolvimento da cultura em campo

15.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A semente da cultivar local de maracujá-do-mato utilizada, foi obtida junto a produtores da Serra de Santana, município de Cerro-Cora, RN. O substrato para o semeio das sementes foi preparado com solo, esterco bovino de curral curtido e areia lavada (3:1:1, v/v). A adubação foi composta por 1 kg de P_2O_5 (superfosfato simples) e 0,2 kg de micronutrientes (Dripsolmicro). As mudas foram obtidas a partir de três sementes em sacos de polietileno 5 dm^3 , fez-se o desbaste mantendo apenas a mais vigorosa. As mudas foram cultivadas em casa de vegetação. O controle de plantas daninhas e irrigação foram feitos manualmente. A análise da fertilidade do solo da área experimental foi realizada nas camadas de 0–20 e 20–40 cm, bem como do esterco (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental e do esterco utilizado para adubação

Atributos												
altura	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	MO
(cm)	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --	-----				cmol dm ⁻³ -----				%	g dm ⁻³
0-20 cm	8,94	46,18	7,89	6,52	0,00	0,00	15,25	24,55	53,91	53,91	100	1,74
20-40 cm	6,78	13,77	0,37	0,91	0,48	0,00	7,41	2,44	11,13	11,61	95,86	1,74
esterco	6,71	16,87	0,51	0,74	0,40	0,00	6,18	1,92	9,35	9,75	95,89	-

SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V=saturação por bases; MO=matéria orgânica

As covas que receberam as mudas na área experimental possuíam dimensões de 40 x 40 x 40 cm, o transplante se deu aos 145 dias após a semeadura quando as plantas atingiram um metro de altura. O sistema de irrigação utilizado foi localizado por gotejamento, com um gotejo de vazão de 20 L/h por planta. A lâmina de irrigação utilizada foi de acordo com o utilizado para o maracujazeiro azedo 16,8 L diário por planta (7,5 mm por dia) conforme a metodologia descrita por Sousa et al. (2011).

A cultura foi conduzida em sistema de espaldeira, com um fio de arame liso nº 14. O espaçamento utilizado foi 2,5 entre fileira e 3 m entre plantas. A condução da planta até a espaldeira deu-se da seguinte forma: as plantas foram tutoradas e quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira fez-se a poda da gema apical, forçando a emissão dos ramos secundários, dos quais foram selecionados apenas dois e conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,5 m. A poda dos ramos secundários ocorreu quando os ramos atingiram 160 cm, induzindo a formação dos ramos terciários dos quais originaram a cortina. A limpeza da planta, bem como eliminação das gavinhas e ramos indesejáveis foram feitas rotineiramente, proporcionando um maior desempenho da cultura.

A floração do maracujá-do-mato iniciou-se aos 289 dias após a semeadura. A polinização manual foi feita logo após a abertura das flores, que abriram as 6 horas da manhã e mantiveram-se aberta durante todo o dia, após a polinização das flores fez-se a identificação das mesmas, cujo crescimento foi acompanhado e colhidos considerando os dias em relação à antese, uniformidade e condições fitossanitárias adequadas. Os mesmos foram transportados em bandejas plásticas no mesmo dia para o Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos da UFCG, Campus Pombal.

15.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

15.3.1 Taxa respiratória

Os frutos foram pesados em balança de precisão digital (BEL M214-AiH, 0,1 mg), acondicionados em potes de polietileno com capacidade para 1,0 L, por seis horas, com tampa acrescidos de uma película de silicone, para que a troca gasosa com o meio fosse evitada. Ao lado destes frutos, dentro dos potes de polietileno, foi inserido um recipiente com 12 mL de

NaOH 0,5 M, fixador do CO₂ produzido no processo de respiração. Após as seis horas, a solução de NaOH foi acrescida de 3 gotas de fenolftaleína e 10 mL de BaCl₂ 0,2 M, sendo submetida a titulação com ácido clorídrico a 0,1 M. A taxa respiratória foi expressa em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ de acordo com Crispim et al. (1994), com adaptações conforme (Costa et al., 2020).

15.3.2 Análise física do fruto

A polpa com sementes foi extraída do fruto e filtrada em peneira de poliéster de 1 mm. As massas frescas do fruto (com polpa e sementes), da casca e volume da polpa sem sementes foram avaliadas. Os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos inteiro e espessura da casca. A forma do fruto foi determinada pela razão entre o diâmetro longitudinal e transversal (AOAC, 2005). A firmeza da casca foi determinada na região equatorial nos dois lados opostos do fruto com um penetrômetro (PCE- PTR 200 – ponta 3 mm), com resultados expressos em Newton (N).

15.3.3 Colorimetria CIE/Lab (L*, a* e b*)

As leituras de colorimetria foram feitas com o auxílio de colorímetro Minolta CR – 300, com fonte de luz D 65, com 8 mm de abertura, através de três variáveis de cor: Luminosidade (L), coordenada a* e coordenada b*. O valor L* fornece a luminosidade, variando do preto (L*=0) ao branco (L*=100). O valor de a* caracteriza coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), e o valor b* indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Os valores desses parâmetros foram utilizados para o cálculo da cromaticidade (C), indicando a saturação do objeto analisado. O ângulo Hue (H°) é o ângulo formado entre a* e b*, que indica a cor verdadeira do objeto, conforme (Ferreira; Spricigo, 2017).

15.3.4. Análise físico-química da polpa

15.3.4.1 pH e concentração de íons H⁺

O pH foi determinado em potenciômetro digital de bancada (Digimed DM22) previamente calibrado, com leitura direta das amostras de polpa de fruta. Os resultados de pH também foram expressos como concentração de micromoles (mM) de íons [H⁺] de acordo com a equação: [H⁺] = 10^{-pH} (IAL,2008)

15.3.4.2 Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT

As polpas foram maceradas com auxílio de pistilo, pipetadas e filtradas em camada de algodão e o teor de sólidos solúveis (SS, %x) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Hanna, HI96801). A acidez titulável (AT, %) foi determinada pela titulação de 3,0 mL de polpa macerada acrescido de 47 mL de

hidróxido de sódio 0,1 N com adição de 2 gotas do indicador fenolftaleína alcoólica 1%. A relação SS/AT foi expressa pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (IAL, 2008).

15.3.4.3 Açúcares solúveis, redutores e não redutores

O teor de açúcares solúveis (g/100 g) foi determinado conforme a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954). O teor de açúcares redutores (g/100g) foi determinado pelo método descrito por Miller (1959). Essas variáveis foram determinadas por espectrofotometria (Spectrum SP1105) a 620 e 540 nm para açúcares solúveis e redutores, respectivamente. A glicose foi utilizada como referência para obtenção da curva padrão. Os açúcares não redutores foram resultantes entre a diferença dos açúcares solúveis e redutores.

15.3.5 Análises de compostos bioativos

15.3.5.1 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (mg/100 g) foi determinado pela titulação de 1,0 mL de cada amostra, completado 49 mL de ácido oxálico (5%) refrigerado, seguido de titulação com solução de 2,6 diclorofenolindol (0,2%) (Strohecker; Henning, 1967).

15.3.5.2 Clorofila total e carotenoides

As clorofilas (mg/100g) foram determinadas pelo método proposto por Lichtenthaler (1987). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 2 g de polpa e 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona 80%, em ambiente escuro. O extrato foi colocado em centrífuga refrigerada (CT – 500R) a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido após 24 horas de repouso refrigerado em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 663 e 646 nm (clorofilas totais) e 470 nm (carotenoides totais).

15.3.5.3 Flavonoides e antocianinas

Os teores de flavonoides e antocianinas (mg/100g) foram determinados pelo método de Francis (1982). Um extrato foi produzido a partir da maceração de 0,5 g de polpa e 10 mL de etanol/HCL 1,5 M (85:15 v.v) em ambiente escuro, seguido de repouso refrigerado por 24 horas. O extrato foi centrifugado a 3500 rpm a 10 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro (Spectrum SP1105) a 374 e 535 nm para flavonoides e antocianinas, respectivamente.

15.3.5.4 Compostos fenólicos

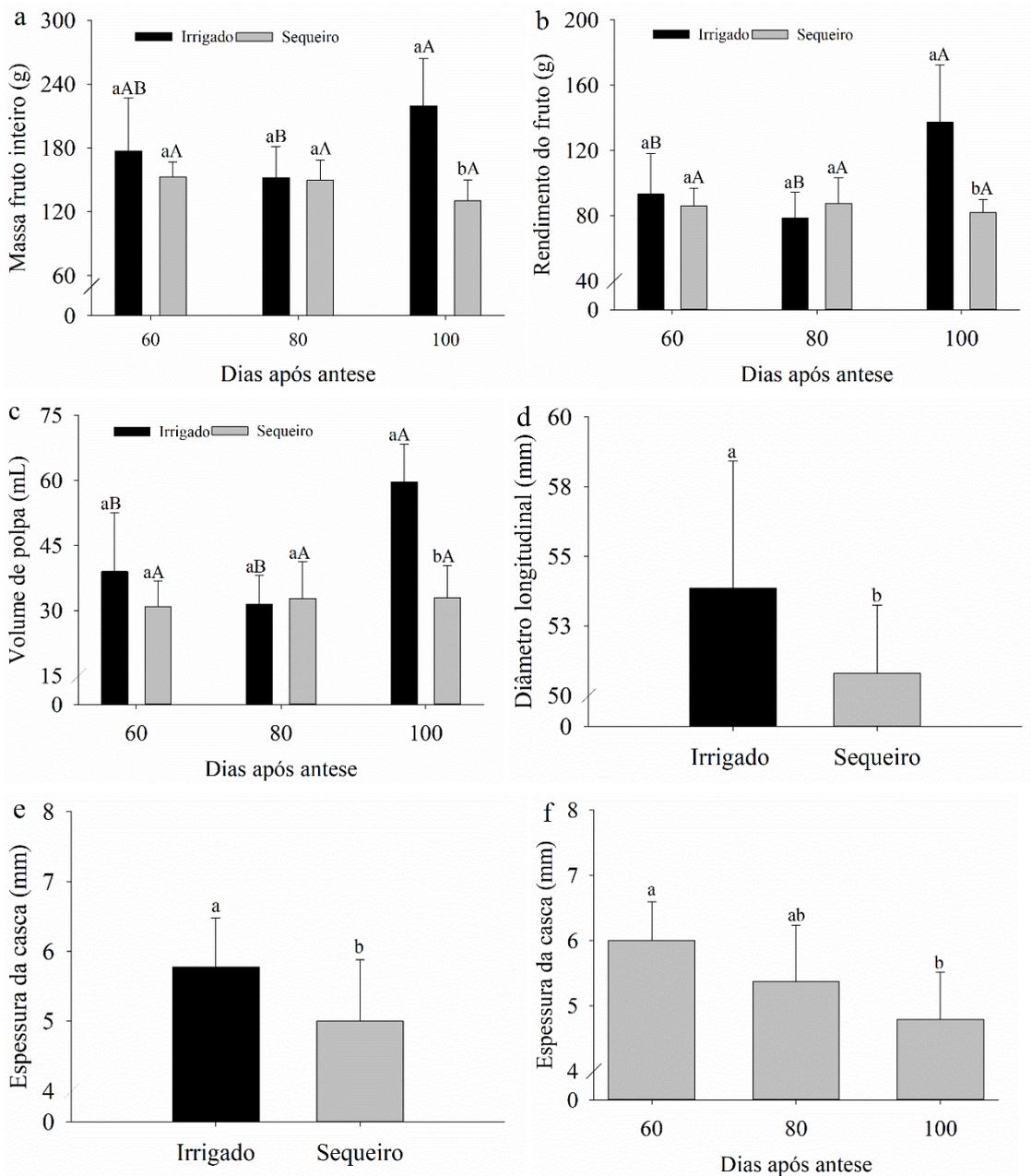
Os compostos fenólicos (mg/100g) foram determinados pelo método de Folin-ciocateau (Waterhouse, 2006). O extrato foi preparado com 3 mL de amostra e 47 mL de água destilada, após 30 minutos de repouso seguido de filtragem. Uma solução de 500 µL da polpa, 1625 µL de água destilada e 125 µL de Folin-ciocateau foi preparada em tubos de ensaio, os quais foram agitados (Shajer NI 1107) e deixados em repouso por 5 minutos. Logo, adicionou-se 250 µL de carbonato de sódio (20%), agitou-se novamente e os tubos foram imersos em banho termostático (Hemoquímica HM 0105) a 40 °C por 30 minutos. Os teores de compostos fenólicos foram quantificados pela leitura em espectrofotômetro (Spectrum SP 1105) a 765 nm, tendo como referência o ácido gálico.

15.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos sistemas de irrigação foram comparadas pelo teste F ($p \leq 0,05$), e para os dias após antese, o teste Tukey foi realizado. O pacote estatístico ExpDes (Ferreira et al., 2021) foi usado no programa estatístico (R Core Team, 2022) para as análises dos dados. Análise de correlação de Pearson foi realizada pelo pacote PerformanceAnalytics (Peterson; Carl, 2020). A análise de componentes principais foi realizada para estudar a inter-relação entre variáveis e fatores.

16 RESULTADOS

As características massa do fruto inteiro, rendimento e volume de polpa tiveram efeito do sistema de cultivo e dias após antese (Figura 2 a,b,c). O sistema de cultivo irrigado e os 100 dias após antese proporcionaram um aumento para massa do fruto inteiro (40,60%), rendimento (40,41%) e volume de polpa (44,80%) em frutos de *P. cincinnata* em comparação com o sistema de cultivo sequeiro e as demais épocas de colheita (Figura 2). O cultivo irrigado aumentou o diâmetro longitudinal (5,67%) e a espessura da casca (13,49%). A maior espessura da casca foi observada (6,06 mm) aos 60 dias após antese (Figura 2).

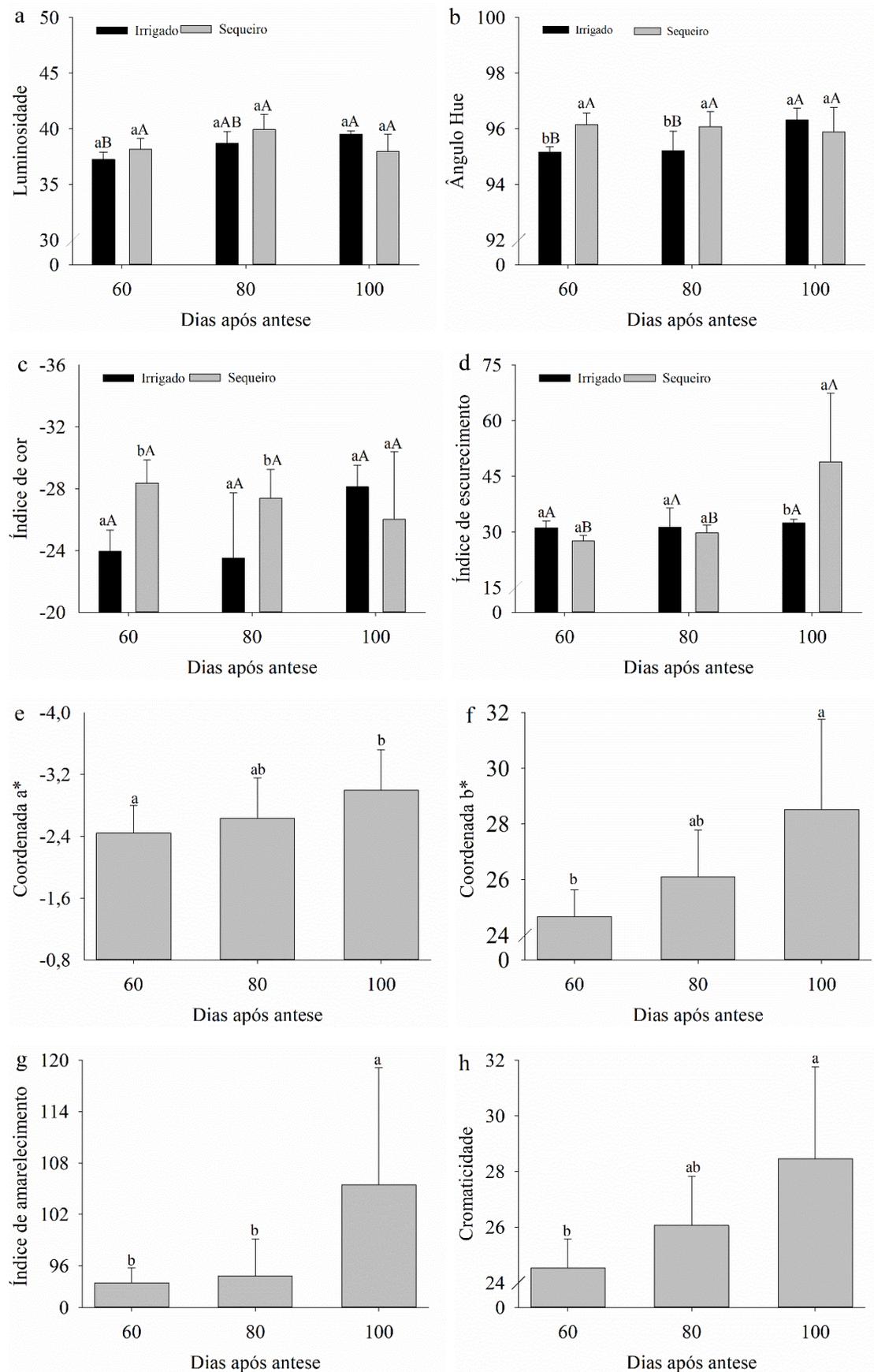


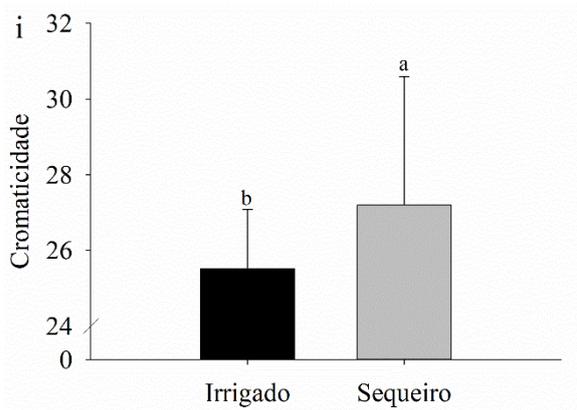
Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem pelo teste de F ($p \leq 0,05$) e Tukey a 5% de probabilidade para sistemas e dias após antese, respectivamente. Os valores são média \pm desvio padrão ($n = 5$).

Figura 2. Massa fruto inteiro (a), rendimento do fruto (b), volume de polpa (c), diâmetro longitudinal (d), espessura da casca (e, f) de *Passiflora cincinata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.

A restrição hídrica do cultivo sob sequeiro proporcionou os maiores valores para luminosidade (39,52) e índice de escurecimento (48,92) aos 80 e 100 dias após antese, respectivamente. A cromaticidade teve uma aumento de (6,13%) quando comparado com o cultivo irrigado. O suprimento de água aumentou os valores do índice de cor (-23,52) e ângulo hue (96,31), aos 80 e 100 dias após antese. A coordenada b^* , cromaticidade e índice de

amarelecimento foram superior aos 100 dias após antese. A coordenada a^* foi maior aos 60 dias após antese (Figura 3).



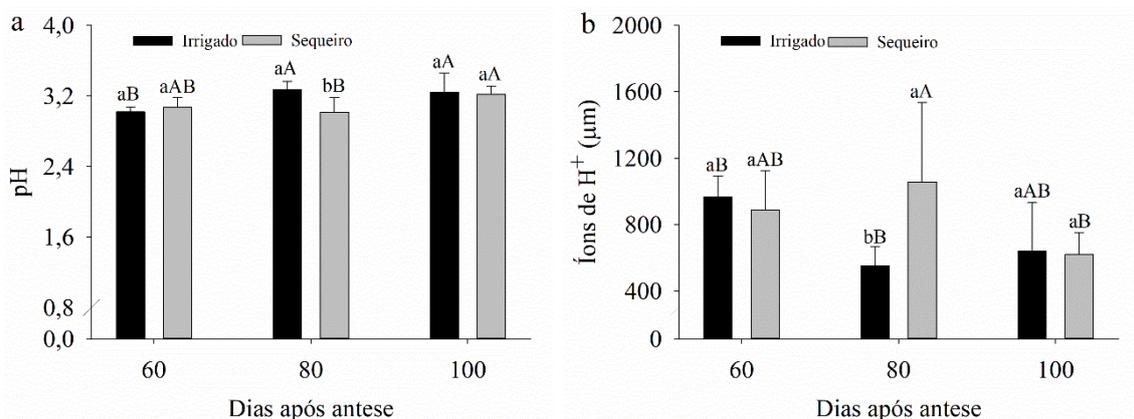


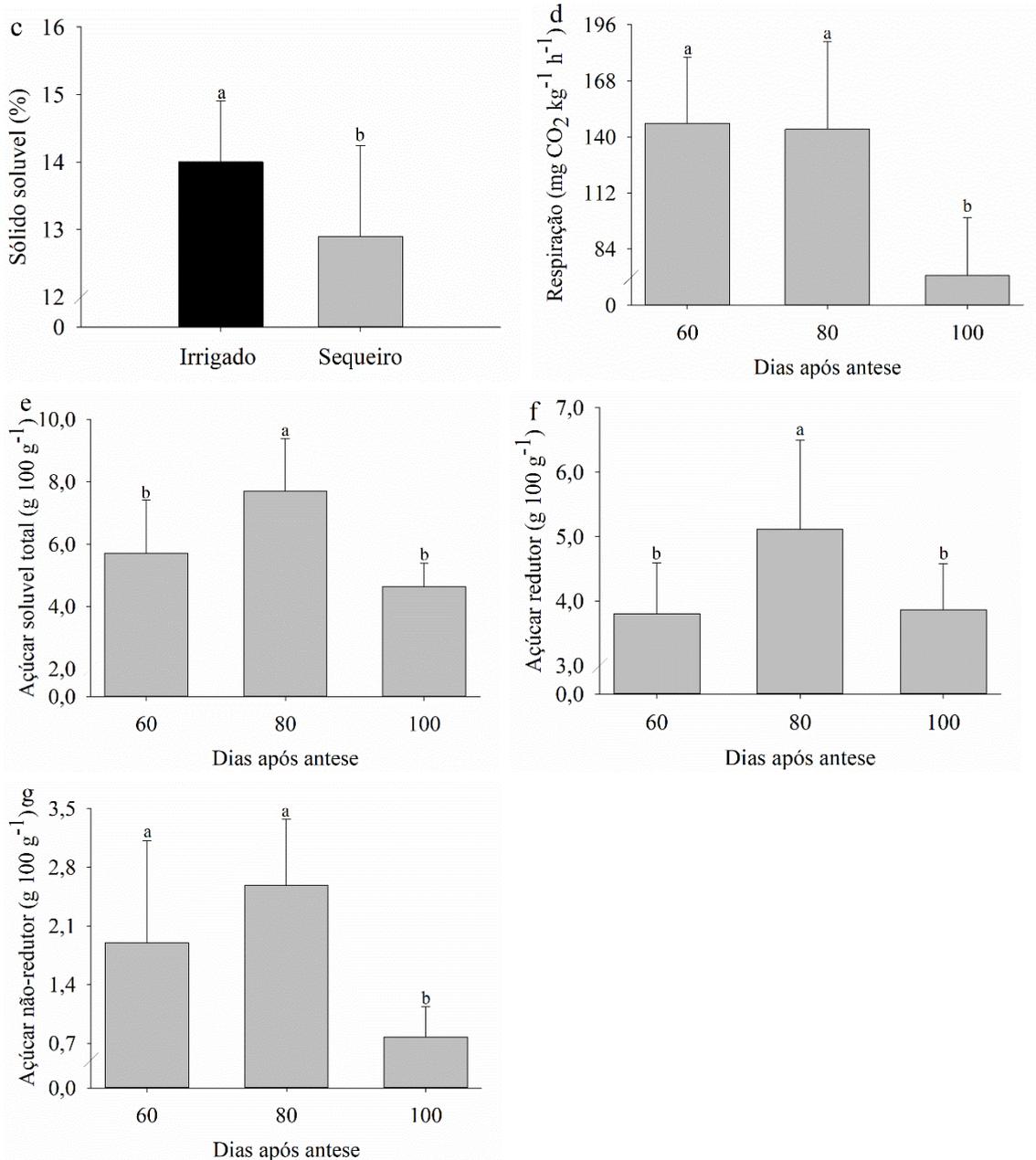
Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem pelo teste de F ($p \leq 0,05$) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para sistemas e dias após antese, respectivamente. Os valores são média \pm desvio padrão ($n = 5$).

Figura 3. Luminosidade (a), ângulo Hue (b), índice de cor (c), índice de escurecimento (d), coordenada a^* (e), coordenada b^* (f), índice de amarelecimento (g), cromaticidade (h/ h), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.

O pH e íons de H^+ foram influenciados pelo sistema de cultivo aos 80 dias após antese. Por tratar-se de grandezas inversamente proporcionais, o pH (3,27) aumentou enquanto a concentração de íons de H^+ ($549,37 \mu M$) diminuiu para o cultivo irrigado, o oposto ocorreu para o sistema sequeiro, o pH diminuiu (3,06) e o íons de H^+ ($1057,55 \mu M$) aumentou.

O teor de sólidos solúveis teve um aumento de (7,99%) para os frutos cultivados sob irrigação, quando comparados aos frutos cultivados sob sequeiro. O ponto máximo da respiração ($146,71 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) ocorreu aos 60 dias após antese. Todavia, o açúcar solúvel total, redutor e não-redutores sofreram alterações para as épocas de colheita, onde o maior valor foi 7,69; 5,11 e 2,58 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente aos 80 dias após antese.

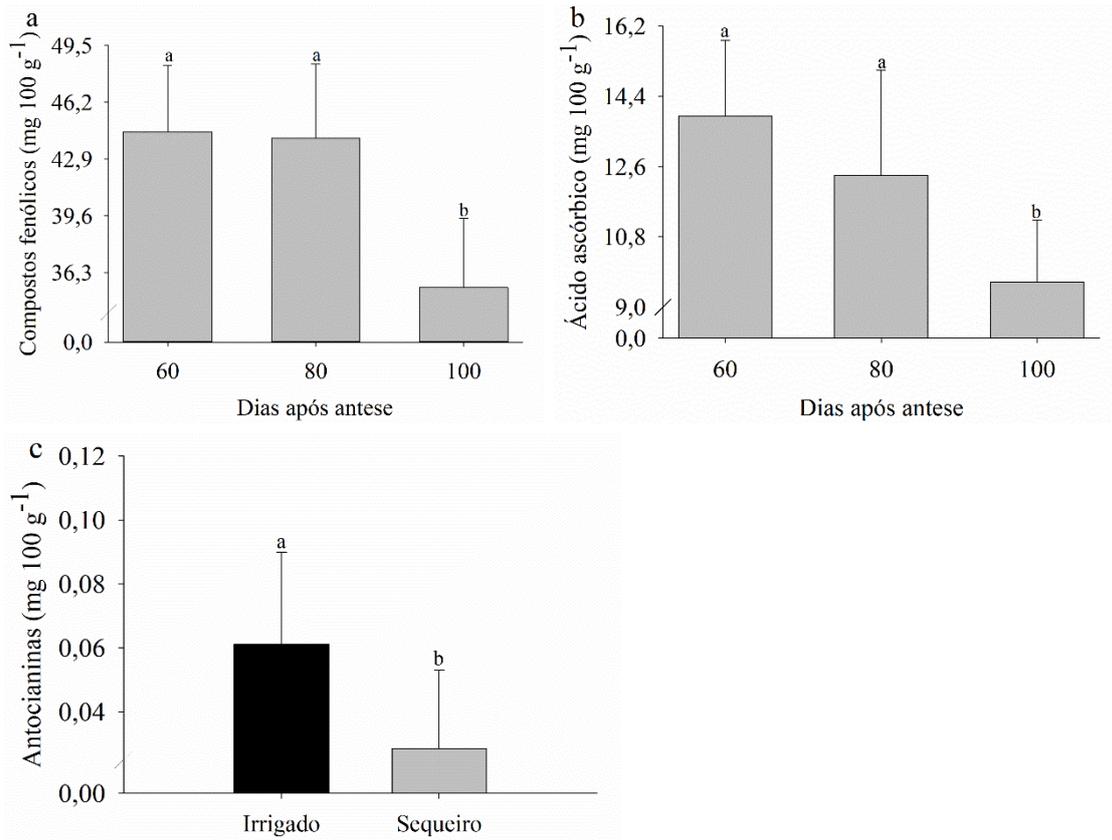




Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem pelo teste de F ($p \leq 0,05$) teste de Tukey a 5% de probabilidade para sistemas e dias após antese, respectivamente. Os valores são média \pm desvio padrão ($n = 5$).

Figura 4. pH (a), íons de H^+ (b), sólido solúvel (c), respiração (d), açúcar solúvel total (e), açúcar redutor (f), açúcar não-redutor (g), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese

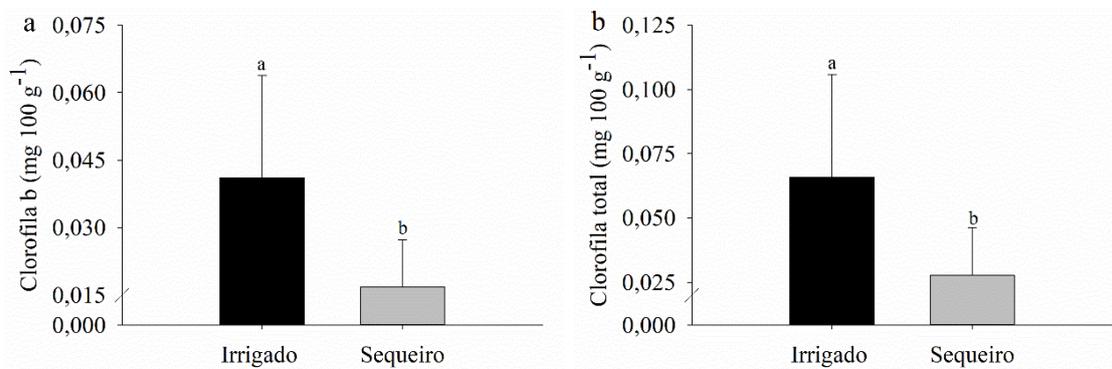
Os teores de compostos fenólicos ($44,47 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e ácido ascórbico ($13,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram influenciados pelas épocas de colheita. O ponto máximo ocorreu aos 60 dias após antese, reduzindo a partir deste. O teor de antocianinas foi superior em 53,11%, quando os frutos foram irrigados.

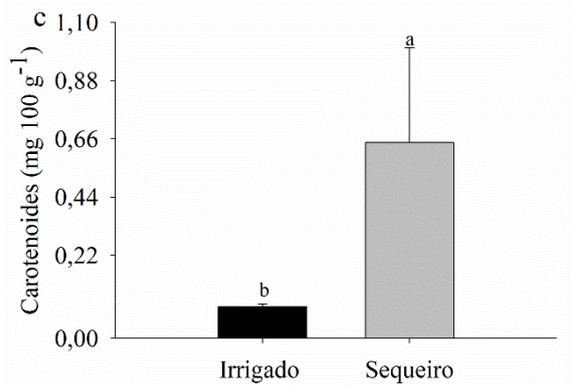


Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem pelo teste de F ($p \leq 0,05$) teste de Tukey a 5% de probabilidade para sistemas e dias após antese, respectivamente. Os valores são média \pm desvio padrão ($n = 5$).

Figura 5. Concentrações de compostos fenólicos (a), ácido ascórbico (b), antocianinas (c), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.

O sistema de cultivo irrigado aumentou o teor de clorofila b e clorofila total em 61,90 e 57,57 %, respectivamente. Todavia, o teor de carotenoides foi superior em 96,06 %, quando os frutos de *P. cincinnata* foram cultivado sob sequeiro.





Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem pelo teste de F ($p \leq 0,05$) teste de Tukey a 5% de probabilidade para sistemas e dias após antese, respectivamente. Os valores são média \pm desvio padrão ($n = 5$).

Figura 6. Concentrações de clorofila b (a), clorofila total (b), carotenoides (c), de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro nos dias após antese.

Na correlação de Pearson, as variáveis massa do fruto inteiro (MFI), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), massa fresca da casca (MFC), rendimento (Rend), volume da polpa (VP), massa fresca casca (MFC), espessura da casca (EC) ácido ascórbico (AA), coordenada a^* (a), compostos fenólicos (Comp), índice de cor (IC), coordenada b^* (b), índice de amarelecimento (IA), índice de escurecimento (IE) cromaticidade (C), açúcar solúvel total (AST), açúcar redutor (AR), açúcar não-redutor (ANR), clorofila a (Cloa), clorofila b (Clob), clorofila total (CloT), flavanoides (Flav) e antocianinas (Ant) correlacionaram-se de forma positiva.

O diâmetro longitudinal (DL), carotenoides (Car), formato do fruto (FF) índice de amarelecimento (IA), espessura da casca (EC) coordenada b^* (b), cromaticidade (C), índice de amarelecimento (IA), índice de escurecimento (IE), carotenoides, massa fresca da casca (MFC), volume de polpa (VL), respiração (Resp), pH, íons de H^+ (H^+), acidez o razão sólido solúvel/acidez titulável (SS/AT), ácido ascórbico (AA), A luminosidade (L) coordenada a^* (a), ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue), compostos fenólicos (Comp), cromaticidade (C) correlacionaram-se de forma negativamente.

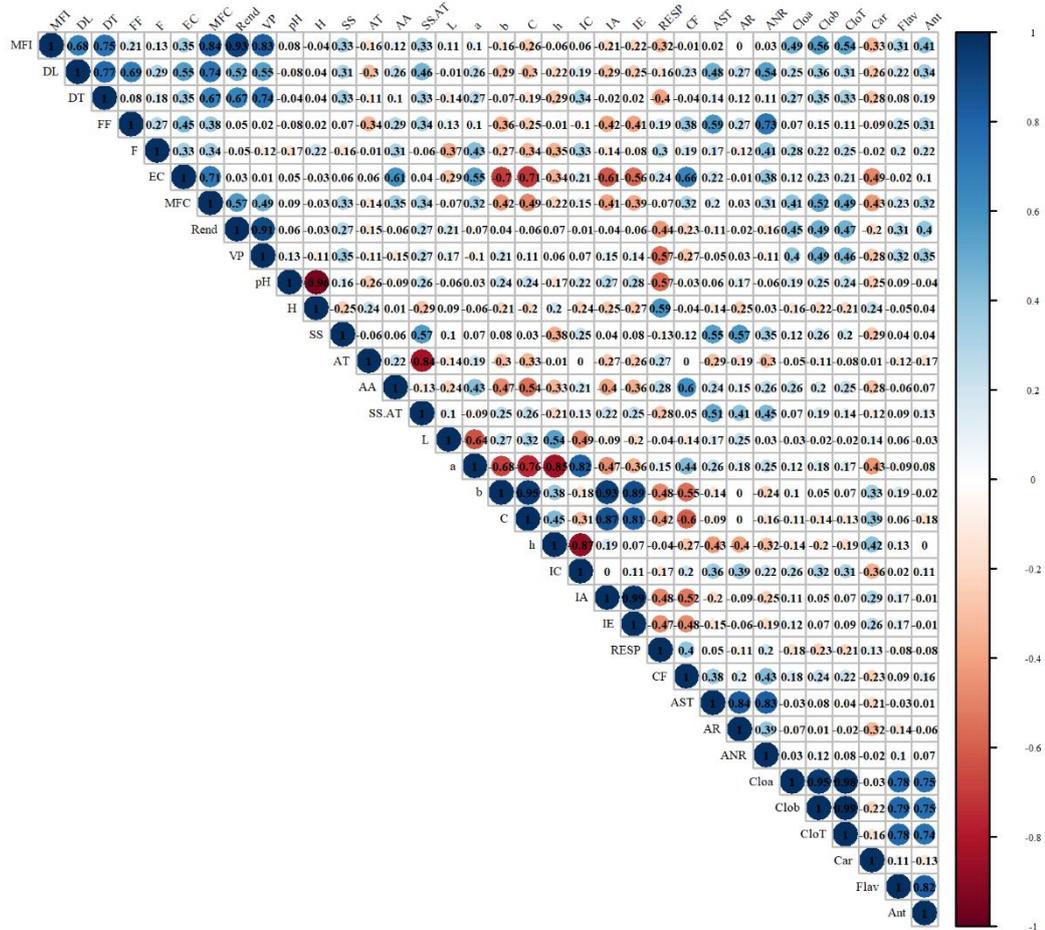


Figura 7. Correlação de Pearson entre características físicas, químicas e bioativas de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro em função de diferentes dias após antese. Taxa respiratória = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa fresca do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = Ratio, íons $H^+ = H^+$, ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, total clorofila T = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar não-redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR. *, **, *** Significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A relação entre os fatores e variáveis estudadas foi analisada por componentes principais com agrupamentos. A soma da variação entre os dois componentes foi 70,2% (Figura 8). Contudo, dois grupos foram formados. A espessura da casca, açúcar redutor, coordenada a*, formato do fruto, açúcar solúvel total, compostos fenólicos, açúcar não-redutor, ácido ascórbico

tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos, aos 60 dias, após antese e cultivados sob irrigação. Os íons de H^+ , respiração, acidez titulável e firmeza tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 60 dias após antese e cultivados sob sequeiro.

O índice de cor, diâmetro longitudinal, sólidos solúveis, massa fresca da casca, antocianinas, clorofila total, flavanoides, clorofila a e b tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 80 dias após antese e cultivados sob irrigação. Os carotenoides não se relacionaram com as demais características quando os frutos foram colhidos aos 80 dias após antese e cultivados sob sequeiro. O diâmetro transversal, massa fresca do fruto inteiro, sólidos solúveis/acidez titulável, volume de polpa, rendimento, pH tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 100 dias após antese e cultivado sob irrigação. A luminosidade, coordenada b^* , índice de cor, índice de amarelecimento, índice de escurecimento, cromaticidade e ângulo Hue tiveram maior relação quando os frutos foram colhidos aos 100 dias após antese e cultivado sob sequeiro.

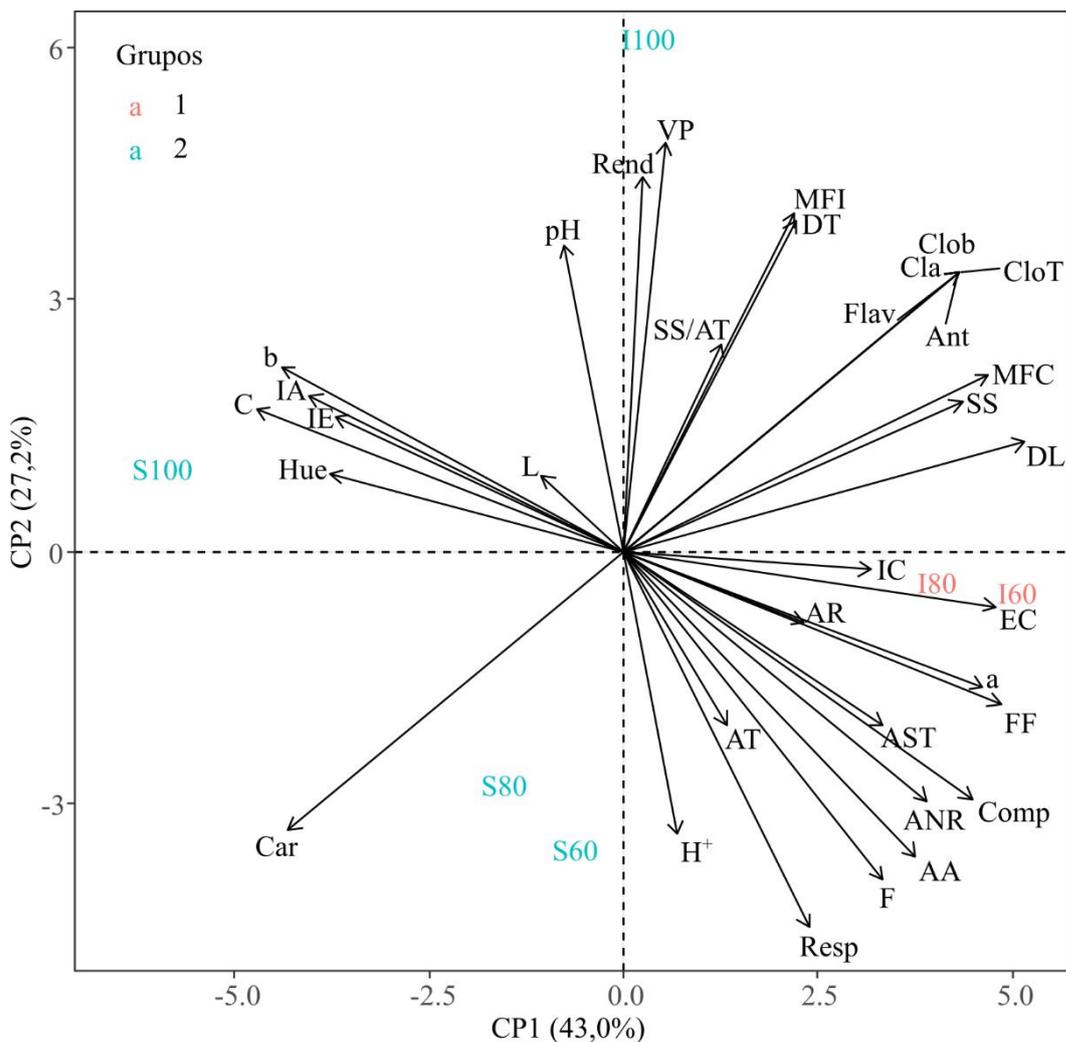


Figura 8: Análise de Componentes Principais (PCA) da parte físico-química e compostos bioativos de frutos de *Passiflora cincinnata* sob cultivo irrigado e sequeiro em função de

diferentes dias após antese. Taxa de Respiração = Resp, massa fresca da casca = MFC, espessura da casca = EC, massa do fruto inteiro = MFI, diâmetro transversal = DT, diâmetro longitudinal = DL, firmeza = F, formato do fruto = FF, rendimento = Rend, volume de polpa = VP, coordenada a = a, coordenada b = b, luminosidade = L, cromaticidade = C, índice de cor = IC, índice de escurecimento = IE, índice de amarelecimento = IA, ângulo hue = °Hue, potencial de hidrogênio = pH, acidez titulável = AT, sólidos solúveis = SS, sólido solúvel/ acidez titulável = SS/AT, íons H^+ = H^+ , ácido ascórbico = AA, clorofila a = Cloa, clorofila b = Clob, clorofila total = CloT, carotenoides = Car, flavanoides = Flav, antocianinas = Ant, açúcar solúvel total = AST, açúcar redutor = AR, açúcar não-redutor = ANR.

17 DISCUSSÃO

Os dias após antese promoveram o aumento da massa do fruto inteiro, rendimento e volume de polpa para os frutos de *P. cincinnata* cultivados sob irrigação (Figura 2 a, b, c). Dutra et al. (2022) estudando a qualidade de frutos de *Passiflora* encontrou valor superior ao do presente trabalho para volume de polpa (99,75 mL) em frutos de *P. cincinnata*. Todavia, os valores de massa fruto inteiro e rendimento do suco foram menores (70,06 g e 55,60%) respectivamente, aos encontrados nesse trabalho.

Dessa forma, para condições tropicais a temperatura e o fotoperíodo são relativamente uniformes durante o ano. Logo, a precipitação tem maior impacto no crescimento, desenvolvimento e produção (Ramírez et al., 2021). Nesse trabalho, o suprimento adequado de água (Figura 1 a), proporcionou o aumento da massa do fruto. Com isso, variáveis dependentes como rendimento e volume de polpa foram superiores para estas condições. Porquanto, plantas sob ótimas condições de cultivo não reduzem o tamanho do fruto durante o amadurecimento

O diâmetro longitudinal e a espessura da casca também foram influenciados pelo cultivo irrigado. O suprimento adequado de água garante o crescimento de órgãos que dependem do alongamento, divisão e diferenciação celular. Com isso, para que haja divisão celular, é necessário que haja um fluxo contínuo de água para que as células atinjam um certo nível de crescimento e expansão, só então acontecerá a diferenciação (Hasiao, 1973).

Logo, a característica volume de polpa está correlacionada com a massa do fruto e diâmetro, com isso, frutos maiores tiveram volume de polpa superior. Diante disto, o rendimento está relacionado com a massa fresca da casca e espessura. Os autores Webb et al, (2007) afirmaram que o crescimento de frutas em regiões de alta temperatura acumulou mais unidades de calor que proporcionou o aumento da espessura da casca.

Nawaz et al. (2019) avaliando a qualidade interna de citrus nos estágios iniciais da maturação sob condições ambientais relatou que nos distritos de Vehari e TTS a espessura da casca da fruta foi maior ao observado em Sargodha. Os mesmos autores afirmaram que a aceleração da divisão celular é intensificada logo após a pega dos frutos sob altas temperaturas, semelhante ao encontrado nesse estudo.

Todavia, as características físicas para os frutos cítricos no ponto ideal de colheita são importantes, a fim de que os danos ocasionados pela colheita sejam minimizados (Ladaniya, 2008). Propriedades físicas como peso, volume e o conteúdo de suco são importantes do ponto de vista comercial. Logo, frutas mais firmes possuem maior resistência ao impacto e deteriorar-se-á mais lentamente (Ladaniya, 2008).

Os parâmetros de cor tiveram efeito dos sistemas de cultivo e dias após antese (Figura 3 a, b, c e d). A luminosidade refere-se à escala que varia do zero (preto) a cem (branco), logo, os frutos cultivados sob irrigação aumentaram a percepção da cor, tornando-se mais esbranquiçadas com o avanço dos dias após antese, o oposto foi observado para os frutos cultivados sob sequeiro. O que pode ser comprovado pela leitura do ângulo hue, em que a coloração muda do verde para o amarelo (Sousa Silva et al., 2020).

A intensidade da cor amarela pode ainda ser confirmada pela redução da coordenada a^* que faz menção ao verde e aumento da coordenada b^* que se refere ao amarelo, assim como o aumento do índice de amarelecimento. A mudança na coloração verde está relacionada a degradação da clorofila, conjugada a síntese de pigmentos amarelos e vermelhos, grande parte desses pigmentos são carotenoides biossintetizados durante o amadurecimento ou produzidos com o desenvolvimento do fruto (Ma et al., 2018). As condições ambientais e nutricionais agem por meio de sinais hormonais, como ácido giberélico, etileno e ácido abscísico que regem a coloração da casca (Rodrigo et al., 2013). O aumento da cromaticidade com os dias após antese, se dá pelo maior brilho encontrado em frutos maduros (Souza Silva et al., 2020).

O sistema de cultivo influenciou o pH e íons de H^+ aos 80 dias após antese (Figura 4 a e b). Estudos com a qualidade e a conservação pós-colheita de frutos de maracujá amarelo verificaram valores para pH entre 3,24 a 3,42 (Favorito et al., 2017). Todavia, Dutra et al. (2022) relatou que a variação no pH dos frutos de maracujá está relacionada a fatores como condições edafoclimáticas e variabilidade genética, o que justifica os valores encontrados neste trabalho. Esse aumento do pH pode estar associado a oxidação de ácidos orgânicos durante o processo de respiração durante o amadurecimento (Santos et al., (2013).

Os frutos de *P. cincinnata* tiveram maior sólido solúvel sob cultivo irrigado. Isso ocorreu, devido a conversão dos açúcares em CO_2 e H_2O no processo de respiração, logo a restrição

hídrica limita esse processo, reduzindo o acúmulo de sólidos solúveis (Tokatli; Demirdöven., 2020). No entanto, os valores encontrados nesse trabalho são superiores aos encontrados por Hurtado-Salazar et al. (2015) em polpas de frutos de maracujá-roxo cujo valor médio foi de 12,65 °Brix. O teor de sólidos solúveis requeridos pelas indústrias de processamento de polpas de maracujás é de 13° Brix, pois garantem melhor desempenho tecnológico (Maniwaru et al., 2014).

A respiração, açúcar solúvel total, redutor e não-redutor tiveram efeito para os dias após antese (Figura 4 d, e, f e g). Nesse trabalho, a respiração e os açúcares reduziram aos cem (100) dias após antese, isso se dá pelo consumo dos açúcares durante o processo de amadurecimento do fruto. A taxa respiratória é fundamental para a manutenção da qualidade dos frutos (Lin et al., 2020). Os processos metabólicos de maturidade com os dias após antese, promovem a perda dos ácidos orgânicos que são utilizados como substrato no processo de respiração ou modificados de ácidos orgânicos a açúcares (Moreno et al., 2016).

Para frutos cítricos, os carboidratos são os principais constituintes solúveis, formados principalmente por sacarose, glicose e frutose (Lado et al., 2018). Em cultivares de romã afetadas pelo estágio de maturação, glicose e frutose foram os açúcares mais abundantes, todavia, a concentração de frutose foi maior que a glicose durante o amadurecimento dos frutos, com a relação glicose/ frutose com valores próximos a 0,8 (Nuncio-Jáuregui et al., 2014). A comparação com a romã é muito discrepante, tendo em vista, as diferenças entre sua espécie e ela.

Os dias após antese influenciaram os teores de compostos fenólicos e ácido ascórbico (Figura 5 a e b). Porém, os teores de antocianinas tiveram efeito para os sistemas de cultivo (Figura 5 c). O teor de antocianinas em laranjas aumentou conforme a maturação dos frutos, sendo que, baixas temperaturas enriqueceram os frutos com maiores concentrações de antocianinas quando os frutos se encontravam mais maduros (Carmona et al., 2017). O teor de polifenóis reduziu com o amadurecimento do fruto, o que pode estar relacionado as reações oxidativas causadas pela enzima polifenoloxidase nos compostos fenólicos, que ocorrem durante o processo de amadurecimento (Amira et al., 2012).

O maior teor de ácido ascórbico para os maracujás roxo e amarelo ao final de 90 dias foi de 48,75 mg 100 mL⁻¹ para o roxo, e de 28,4 mg 100 mL⁻¹ para o amarelo produzidos até os 83 dias e depois reduziu (Patel et al., 2014). Os mesmos autores atribuíram o decréscimo do ácido ascórbico na fase final do amadurecimento dos frutos a oxidação de ácido L-ascórbico em ácido desidro-ascórbico durante o processo metabólico. Comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Os pigmentos clorofila b e total, e carotenoides foram afetados pelos sistemas de cultivo (Figura 6). Todavia, os teores das clorofilas foram superiores quando os frutos de *P. cincinnata* foram irrigados. Os principais pigmentos verdes das frutas cítricas são as clorofilas, os carotenoides acumulam-se quando a degradação das clorofilas se inicia (Conesa et al., 2019). O aumento da clorofila b para cultivo irrigado, sugere uma adaptação à sombra, isso permite que a planta absorva uma gama maior de comprimento de ondas. Contudo, a proporção de clorofila a em relação a b, se dá pela exposição solar dos frutos, a clorofila b é mais responsável pela cor amarela, do que fotossíntese (Streit et al., 2005). Todavia, os carotenoides, possuem ação antioxidante, eficazes na eliminação de espécies reativas de oxigênio geradas durante o estresse fotooxidativo (Taiz; Zeiger, 2004). O que justifica os valores superiores para os frutos cultivados sob sequeiro.

Os sistemas de cultivo e os dias após antese exercem influência significativa nas características físicas, químicas e bioquímicas dos frutos de *Passiflora cincinnata*. O cultivo irrigado, em comparação com o sistema de cultivo sequeiro, demonstrou impactos positivos em várias variáveis. Notadamente para às características físicas do fruto, como massa do fruto inteiro, rendimento e volume de polpa, o cultivo irrigado e os 100 dias após antese destacaram-se, proporcionando aumentos significativos. O diâmetro longitudinal e a espessura da casca também foram favorecidos pelo cultivo irrigado, evidenciando benefícios em termos de tamanho e espessura do fruto.

As propriedades de cor e luminosidade foram influenciadas pelo regime hídrico, resultando em maiores valores de luminosidade e índice de escurecimento. O cultivo irrigado, por outro lado, aumentou a cromaticidade. O suprimento de água também impactou o índice de cor e ângulo hue, com valores superiores observados aos 80 e 100 dias após antese.

Todavia, às propriedades químicas, o pH e a concentração de íons de H⁺ foram afetados pelo sistema de cultivo, sendo o pH maior no cultivo irrigado. O teor de sólidos solúveis aumentou significativamente nos frutos cultivados sob irrigação, indicando uma influência direta do suprimento de água nas propriedades químicas do fruto. Além disso, os dias após antese influenciou os teores de açúcares solúveis total, redutor e não-redutor alcançaram valores máximos aos 80 dias após antese.

Assim como, a respiração, os compostos bioativos, como compostos fenólicos, ácido ascórbico e antocianinas, também foram influenciados pelas épocas de colheita, alcançando valores máximos aos 60 dias após antese. O sistema de cultivo irrigado contribuiu para aumentos no teor de clorofila b e clorofila total, enquanto o cultivo sequeiro favoreceu a maior concentração de carotenoides.

18 CONCLUSÃO

Os frutos de maracujá silvestre conduzidos sob sistema de cultivo irrigado e colhidos aos 100 dias após antese demonstram eficiência para as características físicas, incluindo massa do fruto inteiro, diâmetro longitudinal, espessura da casca, rendimento e volume de polpa.

A irrigação influenciou positivamente o pH, sólidos solúveis, clorofila b e total dos frutos de maracujá silvestre. Por outro lado, o déficit hídrico aumentou a concentração de carotenoides.

REFERÊNCIAS

- AGUSTI, M. DESARROLLO DEL FRUTO. In: *Fruticultura*. (2° Ed). Mundi-Prensa, Madrid, Spain, 2010. P 135-144.
- AMIRA, B. S. E.; BELIGH, M.; LAMIA, M. I.; MOHAMAD, H.; LOFTI, A., (2012). **Efeitos do estágio de amadurecimento no perfil fenólico, na composição fitoquímica e na atividade do fruto da tamareira.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60, 10896-10902.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official methods of analysis of the association of agricultural chemists (18. ed.). AOAC
- ARAÚJO, A. J. de B.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; VILAR, S. B. de O.; SCHMIDT, F. L.; ARAÚJO, F. P., et al. (2019). **Caracterização Físico-química e Perfil Lipídico da Semente de Maracujá do Mato (*Passiflora cincinnata* Mast.).** *Caderno de Pesquisa Ciência e Inovação*,2(3), 14-22.
- ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; FALEIRO, F.G. (2016). CULTIVAR DE MARACUJAZEIRO SILVESTRE (*PASSIFLORA CININNATA* MAST.) PARA A CAATINGA E PARA O CERRADO BRS SF. Petrolina: Embrapa Semiárido, Np. 1 Folder.
- CAMPBELL, D. R.; WU, C. A.; TRAVERS, S. E., (2010). **Photosynthetic and growth responses of reciprocal hybrids to variation in water and nitrogen availability.** *American Journal of Botany*. 97, 925-933.
- CARVALHO, P. P de.; ANTONIAZZI, C. A.; SILVA, N. T da.; MIKOSVKI, A.I.; CARVALHO, I. F. de.; CARVALHO, M. I. da S. (2017). **Regeneração in vitro de *Passiflora miniata* Mast.** *Ornamental Horticulture*, 23(1), 88-95.
- COSTA, F. B.; PEREIRA, M. M. D.; SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; SILVA, B. R. S.; SALES, G. N. B. (2020). **Determinação da atividade respiratória (CO₂) em frutos de Juazeiro colhidos em cinco estádios de maturação.** *Revista Princípios*, 52.
- CONESA, A.; MANERA, F.C.; BROTONS, J.M.; FERNANDEZ-ZAPATA, J.C.; SIMON, I.; SIMON-GRAO, S.; ALFOSEA-SIMON, M.; MARTÍNEZ NICOLAS, J. J.; VALVERDE, J. M.; GARCÍA SANCHEZ, F. (2019). **Changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the rind of Fino 49 lemons during maturation and their relationship with parameters from the CIELAB color space.** *Scientia Horticulturae*. 243, 252–260.
- CARMONA, L.; ALQUÉZAR, B.; MARQUES, V. V.; PENA, L. (2017). **Anthocyanin biosynthesis and accumulation in blood oranges during postharvest storage at different low temperatures.** *Food Chemistry*, 237(15), 7–14.
- CRISPIM, J. E.; MARTINS, J. C.; PIRES, J. C.; ROSOLEM, C. A. (1994). **Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação.** *Revista Pesquisa agropecuária brasileira*. 29(10), 1517-1521.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, I. V.; FARIA, G. A. (2004). Botânica. In: Lima, A. A., Cunha, M. A. P. (Eds.), **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, pp. 15-35.

DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; RAMPAZZO, M. C.; SÃO JOSÉ, A. R. (2022). **Qualidade espécies *Passiflora* sp.** *Scientia vitae*. 14(38), 1-9.

FAVORITO, P. A.; VILLA, F.; TAFFAREL, L.E.; ROTILI, M. C. C. (2017). **Qualidade e conservação pós-colheita de frutos de maracujá-amarelo sob armazenamento.** *Scientia Agrária Paranaenses*, (16): 449-453.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Parte 4. (2017). Análises não destrutivas: calorimetria - princípios e aplicações na agricultura. Embrapa Instrumentação, 4(2).

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. (2021). ExpDes: Experimental Designs Package. R package version 1.2.1.

HASIAO, T. C. (1973). **Plan responses to water stress.** *Annual Review of Plant Physiology*. 24: 519-570.

HURTADO-SALAZAR, A.; SILVA, D. F. P.; SEDIYAMA, C. S.; BRUCKNER, C. H. (2015). **Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em espécies silvestres do gênero *passiflora* cultivado em ambiente protegido.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 3, p. 635-643.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2023) Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 de jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008) Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (4º Ed) São Paulo, IAL, pp 103-104.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. (1928). Wall-map 150cmx200cm

LADANIYA, M. S.; (2008). In Ladaniya, M. S. (Ed.), **Citrus Fruit, Biology, Technology and Evaluation.** *Academic Press*. USA.

LADO, J.; GAMBETTA, G.; ZACARIAS, L. (2018). **Key determinants of citrus fruit quality: metabolites and main changes during maturation.** *Scientia Horticulturae*. 233, 238-248.

LANDANIYA, M. S. (2008). **Growth, maturity, grade standards, and physico-mechanical characteristics of fruit.** *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evolution*. 191-213.

LICHTENTHALER, H. K. (1987). **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes.** In: Packer, L., & Douce, R (Ed.), *Methods in enzymology* (p. 426-428). London: Academic Press.

LIN, Y.; CHEN, G.; LIN, H.; LIN, M.; WANG, H.; LIN, Y. (2020). **Chitosan postharvest treatment suppresses the pulp breakdown development of longan fruit through**

regulating ROS metabolism. *International Journal of Biological Macromolecules*. 165, 601–608.

MA, G.; ZHANG, L.; YUNGYUEN, W.; SATO, Y.; FURUYA, T.; YAHATA, M.; YAMAWAKI, K. M. (2018). **Accumulation of carotenoids in a novel citrus cultivar ‘Seinannohikari’ during the fruit maturation.** *Plant Physiology and Biochemistry*, 129, 349-356.

MANIWARA, P.; NAKANO, K.; BOONYAKIAT, D.; OHASHI, S.; HIROI, M.; TOHYAMA, T. (2014). **The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality.** *Journal of Food Engineering*, 143, 33-43.

MILLER, G. L. (1959). **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.** *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.

MORENO, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; ROMBALDI, C. V.; MANICA-BERTO, R. (2016). **Quality of minimally processed ‘fuji’ apple under refrigerated storage and treatment with additives.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(4), e-532.

NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. (1998). **Tropical fruits Crop Production Science in Horticulture.** Cab International, New York.

NUNCIO-JÁUREGUI, N.; CALÍN-SÁNCHEZ, A.; Carbonell-BARRACHINA, A.; HERNÁNDEZ, F. C. A. (2014). **Changes in quality parameters, proline, antioxidant activity and color of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by fruit position within tree, cultivar and ripening stage.** *Scientia Horticulturae*. 165, 181-189.

NAWAZ, R.; ABBASI, N. A.; HAFIZ, I. A.; KHALID, A. (2019). **Color-break effect on kinnow (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) fruit’s internal quality in early ripening stages under varying environmental.** *Scientia Horticulturae*, 256, 108514.

PATEL, R. K. A.; SINGH, J.; PRAKASH, A.; NATH, B. C. Deka. 2014. **Physico-biochemical changes during fruit growth, development and maturity in passion fruit genotypes.** *Indian Journal of Horticulturae*. 71(4), 486-493.

PETERSON, B. G.; CARL, C. (2020). *Performance Analytics: econometric tools for performance and risk analysis.* R package version 2.0.4.

R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing.* Vienna, Austria.

RAMÍREZ, C.; L, N.; GONZALEZ, A.; G, P.; Cleves-LEGUIZAMO, J. A. (2021). **Mathematical modeling of climatological data to estimate passion fruit crop yield (*Passiflora edulis* L. f. *flavicarpa* y *purpurea*).** *Revista Brasileira de Fruticultura*. 43 (3), 182

Rodrigo, M. J.; ALQUÉZAR, B.; ALÓS, E.; LADO, J.; ZACARÍAS, L. (2013). **Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of citrus fruit.** *Scientia Horticulturae*. 163, 46-62.

SANTOS, J. L.; RESENDE, E. D.; MARTINS, D. R.; GRAVINA, G. D. A.; CENCI, S. A.; MALDONADO, J. F. (2013). **Determination of the harvest of diferente passion fruti cultivars.** *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*. 17(7), 750-755.

SILVA SOUZA, G. de.; BORGES, G. da S. C.; CASTRO, C. D. P. da C.; AIDAR, S. de T.; MARQUES, A. T. B.; FREITAS, S. T.; RYBKA, A. C. P.; CARDARELLI, H. R. (2020). **Physicochemical quality, bioactive compounds and vitro antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian Semiarid region.** *Scientia Horticulturae*. 272, 109595.

SOUSA, V. F.; BORGES, A. L. (2011) Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá. In: Sousa VF, Marouelli WA, Coelho EF, Pinto JM, Coelho Filho MA. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Pp 499-522.

SCHOTSMANS, W. C.; FISCHER, G. (2011). Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). pp. 125-142. In: Yahia, E.M. (ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits.** Vol. 4. Mangosteen to white sapote. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

SUASSUNA, J. F.; Melo, A. S.; FERRAZ, R. L. D. S.; PEREIRA, V. M.; SOUSA, M. S. D. S. (2011). **Rendimento e qualidade da produção de híbrido de maracujazeiro-amarelo 'IAC 273/277' sob diferentes níveis de irrigação.** *Revista Caatinga*, 24(4), 115-122.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do.; HECKTHEUER, L. H. H. (2005). **As clorofilas.** *Ciência Rural*, 35(3), 748-755.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. (1967) **Analisis de vitaminas: metodos comprobados.** Madrid, Paz Montalvo pp 428.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.693.

TOKATLI, K.; DEMIRDÖVEN, A. (2020). **Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.).** *Scientia Horticulturae*, 259, 108656.

WATERHOUSE, A. (2006). **Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine.** *American Journal of Enology and Viticulture*, p. 3-5.

WEBB, L. B.; WHETTON, P. H.; BARLOW, E. W. R. (2007). **Modelled impact of future climate change on the phenology of wine grapes in Australia.** *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 13 (3),165-175.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. (1954). **The estimation of carbohydrates in planta extracts by anthrone.** *Biochemical Journal*, 57(3), 508-514.