

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – SEDE ANÁPOLIS
PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
AMANDA PRAGER DOS SANTOS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CAGAITAS ARMAZENADAS SOB
ILUMINAÇÃO DE LED EM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA E
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO**

ANÁPOLIS – GO
2024

AMANDA PRAGER DOS SANTOS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CAGAITAS ARMAZENADAS SOB
ILUMINAÇÃO DE LED EM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA E
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas – Sede Anápolis, como exigência parcial do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. André José de Campos

Coorientadora: Prof. Dra. Maria Joselma de Moraes.

ANÁPOLIS – GO
2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PAM48
4q

Prager dos Santos, AMANDA
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CAGAITAS ARMAZENADAS SOB
ILUMINAÇÃO DE LED EM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA E
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO / AMANDA Prager dos Santos;
orientador André José de Campos; co-orientador Maria
Joselma de Moraes. -- Anápolis, 2024.
72 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2024.

1. . I. José de Campos, André, orient. II. de
Moraes, Maria Joselma, co-orient. III. Título.

AMANDA PRAGER DOS SANTOS

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CAGAITAS ARMAZENADAS SOB
ILUMINAÇÃO DE LED EM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA E
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas – Sede Anápolis, como exigência parcial do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em, 19 de Fevereiro de 2024, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE JOSE DE CAMPOS**
Data: 08/05/2024 05:40:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André José de Campos
Orientador
Universidade Estadual de Goiás

Documento assinado digitalmente
 **CRISTIANE MARIA ASCARI MORGADO**
Data: 09/05/2024 09:07:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Cristiane Ascari Morgado
Membro
Universidade Estadual de Goiás

Documento assinado digitalmente
 **ARYANE RIBEIRO OLIVEIRA**
Data: 08/05/2024 13:24:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Aryane Ribeiro Oliveira
Membro
Universidade Estadual de Goiás

ANÁPOLIS-GO
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me dar força e perseverança.

Aos meus pais, Marilú e Gleiber, por sempre me apoiarem e ajudarem a realizar todos meus sonhos.

À minha querida irmã, Deborah, que é minha base em todos os momentos da minha vida, por acreditar mais em mim que eu mesma.

Ao meu orientador, Professor Dr. André José de Campos, por toda sua paciência, dedicação, ética, orientações e ensinamentos ao longo desses anos e que vou levar sempre comigo.

À minha coorientadora, Professora Dra. Maria Joselma, por todo carinho, palavras, ensinamentos e ajuda.

A todos meus professores da Graduação e do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás que me fizeram chegar até aqui, sem vocês não seria possível. Em especial, à Professora Cristiane Morgado, por todos os ensinamentos, risadas e ajuda em toda minha pesquisa, desde a primeira aula até as análises dos dados.

Aos meus queridos amigos que fizeram a caminhada acadêmica desde a graduação mais leve e se tornaram minha família durante todos esses anos. Em especial a Daniela e Sabrina, por toda ajuda, companheirismo e paciência ao longo dos anos.

Aos amigos de laboratório e sala de aula que me ajudaram em toda condução deste trabalho, em especial a Thaís Corrêa.

À minha prima querida, Hortência, e à minha amiga Thaís pela ajuda em laboratório e por todo companheirismo ao longo dos anos.

Às minhas amigas, Amanda, Caroline e Nathalie, pelo apoio e incentivo nesse último ano.

À Universidade Federal de Goiás pela doação das cagaitas, em especial a Prof. Eli Regina pela ajuda nesse processo, e ao Natal pela ajuda na colheita das frutas.

À Universidade Estadual de Goiás e ao Programa de Mestrado Stricto Sensu em Engenharia Agrícola.

À Capes pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A cagaita (*Eugenia dysenterica*) é uma fruta nativa do cerrado brasileiro, que apresenta formato oval, achatada ou elipsoide, casca frágil de coloração amarelo-clara e polpa com sabor agradável, levemente ácida. Da mesma forma que a maioria dos frutos que possuem padrão respiratório climatérico, a cagaita apresenta alto grau de perecibilidade devido à elevada atividade metabólica após a colheita, em que o processo de mudança nas características através do amadurecimento ocorre de forma acelerada, levando à rápida deterioração do fruto. Por isso, faz-se necessário a aplicação de técnicas adequadas para retardar a deterioração pós-colheita dessa fruta para se minimizar essas perdas, neste sentido, nos últimos anos, o uso de luz artificial durante o armazenamento foi sugerido como uma forma de preservar ou até mesmo melhorar propriedades nutricionais de hortícolas. Desta forma, objetivou-se avaliar a qualidade pós-colheita de cagaitas armazenadas sob iluminação de LED (*Light-emitting diodes* – diodos emissores de luz) em diferentes comprimentos de onda e tempos de exposição. Para os dois experimentos foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 5x6, sendo o primeiro fator composto por 4 cores diferentes de LED (vermelho, verde, azul e branco) e controle (sem luz) para o primeiro experimento, 5 tempos de exposição a luz LED verde (2, 4, 8, 12 e 24 horas) para o segundo experimento e o segundo fator composto pelos dias de armazenamento pós-colheita (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias). Os frutos foram analisados quanto à: perda de massa (PM), conservação pós-colheita, firmeza, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de maturação (IM), coloração (L^* , $^{\circ}$ Hue e Croma), vitamina C, polifenóis extraíveis totais (PET) e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH. No primeiro experimento a luz LED verde promoveu maior elevação nas variáveis sólidos solúveis, luminosidade, croma, vitamina C e atividade antioxidante pelo método DPPH, além de ter ocasionado a maior manutenção no parâmetro pH, promovendo efeitos benéficos nas características físicas, físico-químicas e bioativas da cagaita. E no caso do segundo experimento foi comprovado o maior tempo de exposição (exposição contínua a luz LED) ocasionou maior elevação nos parâmetros luminosidade, croma, vitamina C e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH. Ademais, vale ressaltar que ainda é escasso os estudos sobre o armazenamento pós-colheita de frutas do cerrado, além de que a utilização do LED no armazenamento de frutas no geral é um estudo recente. Dessa forma os resultados destes experimentos são os primeiros passos para outras pesquisas futuras com a cagaita associada a essa técnica onde várias condições podem ser estudadas e otimizadas.

Palavras-chave: *Eugenia dysenterica*. Diodos emissores de luz. RGB. Conservação. Bioativas.

ABSTRACT

Cagaita (*Eugenia dysenterica*) is native fruit from the Brazilian cerrado, with oval, ellipsoid or flat shape, fragile yellow skin and pulp with a pleasant, slightly acidic flavor. Like most fruits that have climacteric respiratory pattern, cagaita has a high degree of perishability due to the high metabolic activity after harvest, in which the process of changing characteristics through ripening occurs accelerated, leading to the fast deterioration of the fruit. Therefore, it is necessary the application of appropriate techniques to delay post-harvest deterioration of these to minimize the losses. In this sense, in recent years, the use of artificial light during storage has been suggested to preserve or even improve nutritional properties of fruits and vegetables. This way, the objective of this study was to evaluate the post-harvest quality of cagaitas stored under LED (Light-emitting diodes) lighting at different wavelengths and times of exposure. For both experiments, a completely randomized design was used, in a 5x6 double factorial scheme, with the first factor consisted in 4 different LED colors (red, green, blue and white) and control (no light) for the first experiment, 5 times of exposure to green LED light (2, 4, 8, 12 and 24 hours) for the second experiment and the second factor composed of the days of post-harvest storage (0, 1, 2, 3, 4 and 5 days). The fruits were analyzed for: mass loss (PM), firmness, pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), ripeness index (MI), color (L*, °Hue and Chroma), vitamin C, total extractable polyphenols (PET) and antioxidant activity by ABTS and DPPH methods. In the first experiment, the green LED light promoted a greater increase in the variables: soluble solids, luminosity, chroma, vitamin C and antioxidant activity using the DPPH method, in addition to causing greater maintenance in the pH parameter, promoting beneficial effects on the physical, physicochemical and bioactives from cagaita. And in the case of the second experiment, it was proven that the longer exposure time (continuous exposure to LED light) caused a greater increase in the luminosity, chroma, vitamin C and antioxidant activity parameters using the ABTS and DPPH methods. Furthermore, it is worth highlighting that studies on post-harvest storage of cerrado fruits are still scarce, and the use of LEDs in fruit storage in general is a recent study. Thus, the results of these experiments are the first steps for further research with cagaita associated with this technique where various conditions can be studied and optimized.

Key words: *Eugenia dysenterica*. Light-emitting diodes. RGB. Conservation. Bioactives.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cagaitas em processo de retirada de excesso de umidade em temperatura ambiente (25,4±2,3°C) depois de selecionados e sanitizados com hipoclorito de sódio a 200mg L ⁻¹	19
Figura 2 – Protótipos feitos de caixas de papelão ondulado (parede simples), tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas LEDs montados	20
Figura 3 – Cagaitas posicionados em cima da tela plástica trefilada dentro do protótipo com lâmpadas LEDs na luz vermelha	20
Figura 4 – Cagaitas posicionadas dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas de LED nas cores (A) luz vermelha, (B) luz verde, (C) luz azul e (D) luz branca.....	21
Figura 5 – Cagaitas posicionados dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada sem aplicação de luz LED.	22
Figura 6 – Cagaitas posicionadas dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas de LED na luz LED verde	24
Figura 8 – Cagaita posicionado no aparelho <i>Texture Analyser</i> CT3 (Brookfield) para a medição de firmeza.	25
Figura 9 – Realização da medição da coloração das cagaitas através do colorímetro portátil CR-400 da Konica Minolta.....	27
Figura 10 – Curva DPPH x absorbâncias para cagaita expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz.	29
Figura 11 – Curva ABTS x absorbâncias para cagaita expostas (A) à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz e (B) à diferentes tempos de exposição à luz LED verde.....	30
Figura 12 – Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para cagaita expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz.....	32
Figura 13- Perda de massa (%) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	34
Figura 14- Firmeza (N) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	36
Figura 15- Potencial hidrogeniônico (pH) de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	37
Figura 16- Acidez titulável (% ácido cítrico) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	38
Figura 17- Sólidos solúveis (°Brix) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	39
Figura 18- Índice de maturação (IM) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	40
Figura 19 - Luminosidade (L) de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	42

Figura 20- Cromo de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	42
Figura 21 - °Hue de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	43
Figura 22 - Vitamina C de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	45
Figura 23 - Polifenóis extraíveis totais (PET) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	46
Figura 24 - Atividade antioxidante (ABTS) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	47
Figura 25 - Atividade antioxidante (DPPH) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	48
Figura 26 - Perda de massa (%) de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	50
Figura 27 - Firmeza (N) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	50
Figura 28 - Potencial hidrogeniônico (pH) de cagaitas expostas à luz LED verde (A) com diferentes tempos de exposição (2 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) e (B) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	51
Figura 29 – Acidez titulável (% ácido cítrico) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	53
Figura 30 - Sólidos solúveis (°Brix) de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	54
Figura 31 - Índice de maturação de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	55
Figura 32 - Luminosidade de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias)....	56
Figura 33 - Cromo de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	57
Figura 34 - °Hue de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	57
Figura 35 – Vitamina C de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias)....	58
Figura 36 - Polifenóis extraíveis totais (PET mg 100g ⁻¹) de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).....	59
Figura 37 – Atividade antioxidante (ABTS µM trolox g-1) de cagaitas expostas à luz LED verde (A) com diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) e (B) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	61
Figura 38 – Atividade antioxidante (DPPH) de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Caracterização da Cagaita.....	14
2.2	LEDs	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Origem e preparo da cagaita	19
3.2	Especificações dos protótipos de LED	20
3.2	Caracterização dos experimentos.....	21
3.2.1	Primeiro experimento: Diferentes comprimentos de onda + Dias	21
3.2.2	Segundo experimento: Tempos de exposição + Dias.....	23
3.3	Análises realizadas.....	24
3.3.1	Perda de massa	24
3.3.2	Firmeza	25
3.3.3	Potencial Hidrogeniônico	26
3.3.4	Acidez Titulável	26
3.3.5	Sólidos Solúveis	27
3.3.6	Índice de maturação.....	27
3.3.7	Coloração.....	27
3.3.8	Vitamina C (ácido ascórbico).....	28
3.3.9	Atividade Antioxidante	29
3.3.10	Polifenóis extraíveis totais (PET).....	32
3.4	Análise Estatística.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Primeiro experimento: Diferentes comprimentos de onda.....	34
4.1.1	Perda de massa	34
4.1.2	Firmeza	35
4.1.3	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	36
4.1.4	Acidez titulável.....	37
4.1.5	Sólidos solúveis	38
4.1.6	Índice de maturação (IM)	40
4.1.7	Luminosidade	41
4.1.8	Croma	42
4.1.9	°Hue	43

4.1.10 Vitamina C (Ácido ascórbico).....	44
4.1.11 Polifenóis Extraíveis Totais (PET)	45
4.1.12 Atividade Antioxidante (ABTS).....	46
4.1.13 Atividade Antioxidante (DPPH).....	47
4.2 Segundo experimento: Diferentes tempos de exposição diária – LED verde.....	49
4.2.1 Perda de massa	49
4.2.2 Firmeza	50
4.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	51
4.2.4 Acidez titulável (% ácido cítrico).....	52
4.2.5 Sólidos solúveis (°Brix).....	53
4.2.6 Índice de maturação.....	54
4.2.7 Luminosidade	55
4.2.8 Croma	56
4.2.9 °Hue	57
4.2.10 Vitamina C (ácido ascórbico)	58
4.2.11 Polifenóis extraíveis totais (PET).....	59
4.2.12 Atividade antioxidante (ABTS).....	60
4.2.13 Atividade antioxidante (DPPH).....	61
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado Brasileiro é conhecido como um dos biomas com maior biodiversidade do mundo, possuindo formação savânica, além de corresponder a uma área aproximada de 2,0 milhões de km², representando em torno de 23% do território nacional. Esta área abrange o sul do Mato Grosso, o sul do Piauí, o oeste da Bahia, o sul do Maranhão, os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rondônia, São Paulo, e o Distrito Federal (SOARES *et al.*, 2017). Nos últimos anos, o interesse por espécies frutíferas nativas deste bioma aumentou consideravelmente, tanto por parte dos pesquisadores como dos consumidores que estão cada vez mais preocupados com estilo de vida e hábitos alimentares mais saudáveis (FRAGA, 2018).

As frutas do Cerrado têm sido utilizadas para diversos segmentos econômicos, ou seja, para alimentação humana, uso farmacêutico e indústria de cosméticos, gerando diversos produtos importantes para a sociedade. O cultivo de frutos do Cerrado geralmente vem de pequenos e médios produtores, garantindo comida e nutrição segura para as famílias e desacelerando o processo de desmatamento e o crescimento desordenado de grandes colheitas (LAND *et al.*, 2017).

O estado de Goiás, além de ser um grande produtor de frutas e hortaliças, também possui uma grande área de cerrado que é muito rica em frutas nativas com características ainda desconhecidas em outras regiões. Dentre essas espécies, estão o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), a cagaita (*Eugenia dysenterica* D.C.), a mangaba (*Hancornia spenciosa* Gomez), a gabioba (*Campomanesia cambessedeanana* Berg.) e o caju-arbóreo-do-Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) (BRAGA-FILHO *et al.*, 2014).

A cagaita (*Eugenia dysenterica*) apresenta formato oval, achatado ou elipsoide, casca frágil de coloração amarelo-clara e polpa com sabor agradável, levemente ácida (SILVA *et al.*, 2015). Além do consumo *in natura*, a polpa da cagaita pode ser utilizada na fabricação de sucos, licores, geleias e doces. Devido a produção sazonal desse fruto, estes produtos não são disponíveis em todas as regiões do Brasil, o que justifica seu aproveitamento no desenvolvimento e comercialização desses produtos (SANTOS *et al.*, 2012).

Da mesma forma que a maioria dos frutos que possuem padrão respiratório climatérico, a cagaita apresenta alto grau de perecibilidade devido à elevada atividade metabólica após a colheita, em que o processo de mudança nas características através do amadurecimento ocorre de forma acelerada, levando à rápida deterioração do fruto (BRAZ *et al.*, 2020).

A aplicação de técnicas adequadas para atrasar a deterioração pós-colheita de frutas é a opção adequada para minimizar essas perdas (DURIGAN, 2013). Neste sentido, nos últimos anos, o uso de luz artificial durante o armazenamento foi sugerido como uma forma de preservar as propriedades nutricionais de produtos hortícolas (AZUMA *et al.*, 2018). Fontes mais recentes da literatura sobre preservação pós-colheita de plantas utilizam LEDs (*Light Emitting Diode*) devido à sua alta eficiência fotoelétrica e irradiância, baixa produção de calor, compactidade e mobilidade e fácil integração em sistemas eletrônicos. (POONIA, 2022).

Diodos emissores de luz ou LEDs são dispositivos de iluminação de estado sólido (semicondutores) que emitem luz em comprimentos de onda de largura de banda estreita, alta eficiência fotoelétrica e fluxo de fótons ou irradiância, baixa saída térmica, compactidade, portabilidade e que são facilmente integrados em sistemas eletrônicos. As propriedades únicas dos LEDs permitem a manipulação conveniente das características espectrais, intensidade radiante ou luminosa e configurações temporais da luz produzida (BRANAS *et al.*, 2013).

O avanço tecnológico dos semicondutores emissores de luz, resultará em aplicações nos sistemas de produções hortícolas no mundo inteiro, devido à sua dissipação térmica limitada, baixa necessidade de energia e a possibilidade de personalizar com precisão a intensidade da luz e as propriedades espectrais (CASTILLEJO *et al.*, 2020). Sendo assim, segundo D'souza *et al.* (2015) a tecnologia de iluminação LEDs tem a capacidade de revolucionar a produção, proteção e preservação de hortaliças, sendo usados para reduzir a contaminação microbiana, aumentar os teores de nutrientes, retardar o amadurecimento de frutas e vegetais pós-colheita.

Maroga *et al.* (2019) observaram que luz LED vermelho reduziu a perda de massa a níveis de aceitação comercial em pimentões amarelos e verdes minimamente processados e maior manutenção dos compostos fenólicos totais, compostos ascórbicos, teor de acidez e atividade antioxidante foi observada em pimentões amarelo e verde minimamente processados expostos à luz LED vermelha por até 7 e 11 dias, respectivamente. Kim *et al.* (2011) verificaram em seu estudo que morangos quando exposto em luz de LED continuamente, apresentaram aumento no teor de antocianina em LED vermelho, azul e verde, enquanto o conteúdo de vitamina C foi aumentado pelo LED azul e verde. O LED azul estimulou o conteúdo fenólico total enquanto o LED verde melhorou os sólidos solúveis.

Dhakal e Baek (2014) estudando a pós-colheita de tomates sob iluminação de LED vermelho e azul observaram que a luz azul retardou a cor vermelha dos tomates comparado com a luz vermelha e tratamento controle, sem luz.

Estudos sobre a aplicação de LED's e sua influência na pós-colheita de frutas e hortaliças vem crescendo, mas ainda não se encontra muitas informações sobre o efeito da luz

de LED na qualidade pós-colheita e sua influência nos compostos bioativos e físico-químicos em frutas. Quando se trata de frutas do cerrado esses estudos são mínimos, por esse motivo o objetivo do estudo foi avaliar as características físicas, físico-químicas e bioativas da cagaita armazenadas sob iluminação de LED em diferentes comprimentos de onda e tempos de exposição.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da Cagaita

A *Eugenia dysenterica*, conhecida popularmente como cagaiteira, é uma espécie frutífera nativa do Cerrado brasileiro, sendo encontrada em quase toda a extensão do Cerrado, principalmente na sua área nuclear, com distribuição nos estados de Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal (DAZA *et al.*, 2016). Sua ocorrência apresenta comportamento bem peculiar pois aparece com alta frequência em algumas regiões, formando consideráveis grupamentos (NAVES *et al.*, 2002).

A cagaiteira pertence à família Myrtaceae e ao gênero *Eugenia*, é uma árvore de estatura média (4–10 m) com galhos e troncos tortuosos. As folhas novas são membranosas; as folhas adultas são coriáceas e glabras em ambas as faces. Na floração, forma panículas fasciculadas, delicadas flores brancas com quatro pétalas, cálice de quatro lacínias ovadas e ciliadas (SANTANA, 2018).

O sistema reprodutivo da cagaita ocorre tanto por autofecundação quanto fecundação cruzada, sendo a polinização realizada principalmente pelas espécies do gênero *Bombus*, no período da manhã (Silva *et al.*, 2001). No Cerrado, o florescimento da cagaiteira dá-se de agosto a setembro, geralmente sincronizado com o início das primeiras chuvas ou até mesmo antes delas, não durando mais que uma semana. A frutificação da cagaita ocorre aproximadamente um mês depois do florescimento (MARTINOTTO *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2014), a duração média do início da formação dos frutos até a maturação é de aproximadamente, quatro semanas, sendo a maturação dos frutos relativamente rápida (SOUZA *et al.*, 2013).

Em geral, as cagaiteiras apresentam alto potencial produtivo (CAMILO *et al.*, 2014), a produção é tipicamente maior em áreas nativas do que quando as plantas são cultivadas experimentalmente, podendo ter uma produtividade de 300 a 1300 frutos por árvore (SOUZA, 2006; CAMILO *et al.*, 2013). Estudos mostram que há deslocamento da produção de frutas a cada dois anos, e que ocorre redução de até 80% na produtividade das cagaiteiras de um ano para outro (CAMILO, 2015).

Os frutos da cagaiteira medem em média de 3 a 4 cm de comprimento por 3 a 5 cm de diâmetro, destaca-se por apresentar formato oval, achatado ou elipsoide, com massa de 14 a 20 gramas, sendo o epicarpo membranoso e de brilho intenso, e o mesocarpo e o endocarpo, carnosos, possui casca frágil de coloração amarelo-clara, apresentando de 1 a 3 sementes,

elipsóides, achatadas e brancas envoltas em polpa de coloração creme e de sabor agradável levemente ácido (SILVA *et al.*, 2015; SILVA, 2016)

A cagaita é um fruto suculento, possui um alto teor de umidade sendo considerado uma boa fonte de vitamina C (18–72 mg 100g⁻¹), vitamina B2 (0,4 mg 100g⁻¹), cálcio (172,8 mg 100g⁻¹), magnésio (62,9 mg 100g⁻¹) e ferro (3,9 mg 100g⁻¹). O óleo da polpa da cagaita apresenta, aproximadamente, 28% de ácidos graxos saturados, principalmente ácido palmítico (24%); 50% de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente ácido oléico (36%); e 22% de poli-insaturados, principalmente ácido linolênico (12%), que é um ácido graxo essencial, isto é, não é sintetizado pelo organismo e precisa ser ingerido pela dieta (VIEIRA *et al.*, 2010) sua polpa contém compostos bioativos, como retinol, ácido ascórbico e quercetina (NOLETO *et al.*, 2022).

A importância principal do aproveitamento desta espécie se dá pelo potencial alimentício de seus frutos, e por ser considerada como uma grande produtora de frutos. Além do consumo *in natura*, a polpa da cagaita pode ser utilizada na fabricação de sucos, licores, geleias e doces (SANTOS *et al.* 2012). Estas características creditam a estes frutos um potencial de exploração nacional e internacional, despertando o interesse dos consumidores e contribuindo com a busca das indústrias por inovações que proporcionem desenvolvimento competitivo (MORZELLE *et al.*, 2015).

A utilização do fruto em bebidas é bastante considerável e quando a cagaita é submetida ao processo de fermentação, produz vinagre e álcool (SILVA *et al.*, 2015; MARTINS *et al.*, 2017). Devido a produção sazonal desse fruto, estes produtos não são disponíveis em todas as regiões do Brasil, o que justifica seu aproveitamento no desenvolvimento e comercialização desses produtos (SANTOS *et al.*, 2012). Além disso, tem potencial para utilização como planta ornamental, como fornecedora de cortiça, e sua madeira pode ser empregada para obras da construção civil, lenha e carvão (SOUZA *et al.*, 2013).

Em relação à pós-colheita da cagaita, Araujo *et al.* (2022) citam que a consistência de sua polpa dificulta a conservação pós-colheita dos frutos, reduzindo seu período de comercialização, já que os frutos são produtos perecíveis, pois apresentam atividade metabólica elevada, notadamente, após a colheita.

Terán-Ortiz *et al.* (2013) relatam que essa rápida deterioração dos frutos após a colheita também pode ser favorecida devido à estratégia de estabelecimento da espécie, cujas sementes possuem uma viabilidade curta em condições naturais, menor que 50 dias, resultado das elevadas taxas respiratórias e de perdas de água, conduzindo, conseqüentemente, ao baixo consumo e processamento destes frutos.

2.2 LEDs

Os LEDs (*light emitting diodes* – diodos emissores de luz) são capazes de produzir luz monocromática que aparecem como cores distintas aos olhos, sendo que a cor da luz emitida depende da energia do intervalo de banda do material semicondutor (YEH, CHUNG, 2009; GUPTA, JATOTHU, 2013). De acordo com Nardelli *et al.* (2016) estes condutores apresentam como característica a possibilidade de transformação de energia elétrica em luz, em que a composição química do material semicondutor influencia no comprimento de onda e na cor da luz. A emissão de luz do LED pode variar desde uma faixa estreita de cores únicas como vermelho (630-700 nm), verde (470-550 nm) ou azul (400-470 nm) até uma faixa mais larga de luz branca (MITCHELL *et al.* 2012). O LED branco é normalmente um LED azul que foi infundido com fósforo para ampliar o espectro de emissão (NASSARAWA *et al.*, 2020)

Quando comparado a outros emissores de luz, nota-se que a utilização de LEDs é vantajosa por apresentarem maior vida útil, o que acarretará custos baixos de manutenção, baixa voltagem de operação, resistência a impactos e vibrações, controle dinâmico da cor, acionamento instantâneo, controle de intensidade variável, cores vivas e saturadas sem filtro, além de serem ecologicamente corretos devido a não utilização de elementos que causam impactos negativos na natureza, não emitem radiação ultravioleta e infravermelho. Quando comparados a outros métodos emissores de luz, os LEDs exibem maior eficiência, visto que emitem luz com baixa emissão de calor (STEFFANEL, 2020).

Esses emissores de luz apresentam atributos únicos que admitem manipulação conveniente das características espectrais, intensidade radiante e configuração temporal da luz produzida. Em razão dos diversos benefícios encontrados na utilização da luz artificial por meio dos LEDs, como baixas emissões de radiação, se encontra estudos visando verificar a eficiência destes na preservação pós-colheita de plantas e frutas (SOUZA *et al.* 2015).

Um dos grandes desafios encontrados pelos produtores de frutas e hortaliças é conseguir produzir e fornecer em grande escala e manter a qualidade pós-colheitas desses produtos, com isso torna-se necessário a busca por métodos e tecnologias que permitam manter a qualidade desses alimentos. A aplicabilidade de LEDs na horticultura tem expandido na última década devido às muitas vantagens que os LEDs oferecem em relação às fontes de luz convencionais, como a utilização de energia mais eficiente, menor emissão de calor e vida útil significativamente mais longa (NAMDAR *et al.*, 2019).

Estudos revelam que a utilização de diodos emissores de luz em frutos e plantas podem alterar características morfológicas como a pigmentação e concentração de nutrientes (PEDROCHI *et al.*, 2023). Dzakovich *et al.* (2015) citam que as características presentes nos

LEDs permitem a ciência obter respostas metabólicas, morfológicas e fisiológicas em estudos da agricultura em comprimentos de onda específicos de luz. Segundo Bantis *et al.* (2018) nos últimos anos ocorreu uma grande evolução relacionada a aplicação da tecnologia dos LEDs no ambiente agrícola.

De acordo com Nassarawa *et al.* (2020) a utilização de LEDs é de suma importância para a agricultura e apresenta efeitos significativos na fase pós-colheita de frutas devido ser uma excelente escolha para controlar as taxas de amadurecimento, regular a senescência, minimizar a deterioração microbiana patogênica em produtos frescos e afetar a qualidade nutricional, viabilizando uma maior vida útil desses produtos.

A qualidade e intensidade da luz são percebidas pelas plantas através de diferentes tipos de fotorreceptores, nomeadamente, fitocromo (PHY), criptocromo (CRY), fototropina (PHOT), proteína F box do domínio Kelch de ligação à flavina (FKF1), zeitlupe (ZTL), proteína LOV Kelch2 (LKP2) e locus de resistência UV-B 8 (UVR8) (LOI *et al.*, 2021). De acordo com o tipo de receptor, eles podem ser sensíveis a níveis de irradiância baixos e altos, bem como a comprimentos de onda de luz específicos (PAIK e HUQ, 2019)

Estudos são constantes com o intuito de avaliar a eficiência dos diodos emissores de luz na pós-colheita de frutas. Xu *et al.* (2014) avaliando a exposição de morangos a luz azul constataram que a irradiação por luz azul por 12 dias a 5 °C resultou no aumento do teor de antocianina total durante o armazenamento, e influenciou as atividades da enzima biossintética de antocianina e o teor de antocianina.

Huang *et al.* (2018) investigando a pós-colheita de banana verde madura, tratadas diariamente por 8 dias com luzes LED azul (464–474 nm), vermelha (617–627 nm) e verde (515– 525 nm), observaram que a luz azul acelera o amadurecimento seguido pela vermelha e verde. A luz LED melhora a qualidade e o conteúdo nutritivo da banana, aumentando a vitamina C, fenóis totais e açúcares totais na banana.

Hu *et al.* (2019) estudando o efeito da irradiação pós-colheita de LED e ultravioleta A, B e C sobre parâmetros básicos de amadurecimento, açúcar solúvel, ácido orgânico e acúmulo de carotenoides durante o período de irradiação da laranja, citam que os tratamentos pós-colheita com LED e luz UV aceleraram o amadurecimento das frutas.

Sarra *et al.* (2021) discutindo a suplementação de luz de LED na faixa fotossintetizante para o amadurecimento de peras ‘Williams’ após a colheita, confirmaram a utilidade da iluminação com LED na intensidade de $200 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e nos comprimentos de onda do vermelho (650 nm) e do azul (450 nm), para promover o amadurecimento de peras ‘Williams’ após a colheita.

Pedrochi *et al.* (2023) avaliaram a eficiência da utilização de lâmpadas de LEDs no amadurecimento de mamão Papaya, em que foram utilizadas lâmpadas de cultivo indoor durante 72 horas de estudo, cada lâmpada contendo 80 LEDs, sendo 64 LEDs vermelhos (638 nm) e 16 LEDs azuis (468 nm). Os autores constataram que a aplicação de lâmpadas de LEDs tem muitas vantagens em relação às demais lâmpadas, pois podem oferecer precisão na seleção do comprimento de onda a ser utilizado, apresenta alta eficiência energética e baixo aquecimento, com isso pode-se indicar o uso das lâmpadas LEDs para a aceleração da maturação e melhoria nutritiva do mamão.

Foi comprovado que os LEDs são um tratamento inibitório eficaz para a senescência pós-colheita de produtos frescos nos últimos anos, prolongando a vida útil e mantendo a qualidade dos produtos frescos (NASSAWARA *et al.* 2020). Os LEDs permitem estudar os processos induzidos pela luz e, em particular, os eventos fisiomorfológicos dependentes (ou induzidos) da luz que podem trazer, por exemplo, o aumento da produção de metabolitos primários e secundários, ou a biossíntese de novas moléculas com propriedades promotoras da saúde. Contudo, regular a produção de compostos antioxidantes específicos por meio de LEDs é uma tarefa complexa (LOI *et al.*, 2021)

O estudo do efeito dos LEDs na qualidade pós-colheita é relativamente recente, por isso investigações mais aprofundadas sobre diferentes culturas hortícolas são necessárias e proporcionarão uma visão notável para o avanço na ciência hortícola e para ratificar as combinações de comprimentos de onda ideais para melhorar os fitoquímicos, o conteúdo de nutrientes, o metabolismo das plantas e o rendimento das culturas desde a colheita até à fase pós-colheita, bem como na etapa de armazenamento até chegar ao consumidor (MANDAL e LALRINCHHANI, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem e preparo da cagaita

Foram utilizadas cagaitas (*Eugenia dysenterica* DC.), provenientes do pomar experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia em Goiânia/GO, com altitude de 749m, longitude 49°15'14" O, latitude 16°40'43" S colhidas no ponto de maturação fisiológica, caracterizados pela coloração verde amarelada da casca. Os frutos do primeiro experimento foram colhidos no dia 06 de outubro de 2022 e os frutos do segundo experimento no dia 19 de outubro de 2022. Após a colheita, os frutos foram transportados em veículo refrigerado, em caixas de poliestireno expandido (EPS) ao Laboratório de Pós-Colheita do curso de Engenharia Agrícola, pertencente ao Campus Central - CET da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis/GO.

Inicialmente foi realizada seleção manual e visual dos frutos em relação a ausência de defeitos e uniformidade de tamanho, visando à uniformidade do lote. Após a seleção dos frutos, eles passaram pelo processo de sanitização, onde ficaram submersos em solução com hipoclorito de sódio a 200mg L⁻¹, por 10 minutos, após enxaguados com água potável e em seguida foram secos em temperatura ambiente a 25,7 ± 2°C (Figura 1), visando retirar o excesso de água sobre o fruto.

Figura 1 – Cagaitas em processo de retirada de excesso de umidade em temperatura ambiente (25,4±2,3°C) depois de selecionados e sanitizados com hipoclorito de sódio a 200mg L⁻¹



Fonte: Autor (2022).

3.2 Especificações dos protótipos de LED

Os protótipos com lâmpadas de LED foram produzidos a partir de caixas de papelão ondulado (parede simples) com estrutura geométrica medindo 70x70x70cm (altura, largura e profundidade), utilizando uma tela plástica trefilada no meio da caixa, com a mesma distância entre a luz superior e inferior. Foram utilizadas fitas de lâmpadas LEDs de 5 metros, dispostas internamente nas caixas (Figura 2), nos lados (direito, esquerdo, superior e inferior). O comprimento de onda em cada caixa foi medido por sensor espectroradiômetro Ocean Optics, modelo USB 2000+RAD.

Os frutos foram colocados dentro da caixa, em cima da tela plástica trefilada, a fim de obterem luz uniformemente em todas as suas partes (Figura 3). Em seguida as caixas foram fechadas para evitar a interferência e exposição de outra luz.

Figura 2 – Protótipos feitos de caixas de papelão ondulado (parede simples), tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas LEDs montados



Fonte: Autor (2022).

Figura 3 – Cagaitas posicionados em cima da tela plástica trefilada dentro do protótipo com lâmpadas LEDs na luz vermelha



Fonte: Autor (2022).

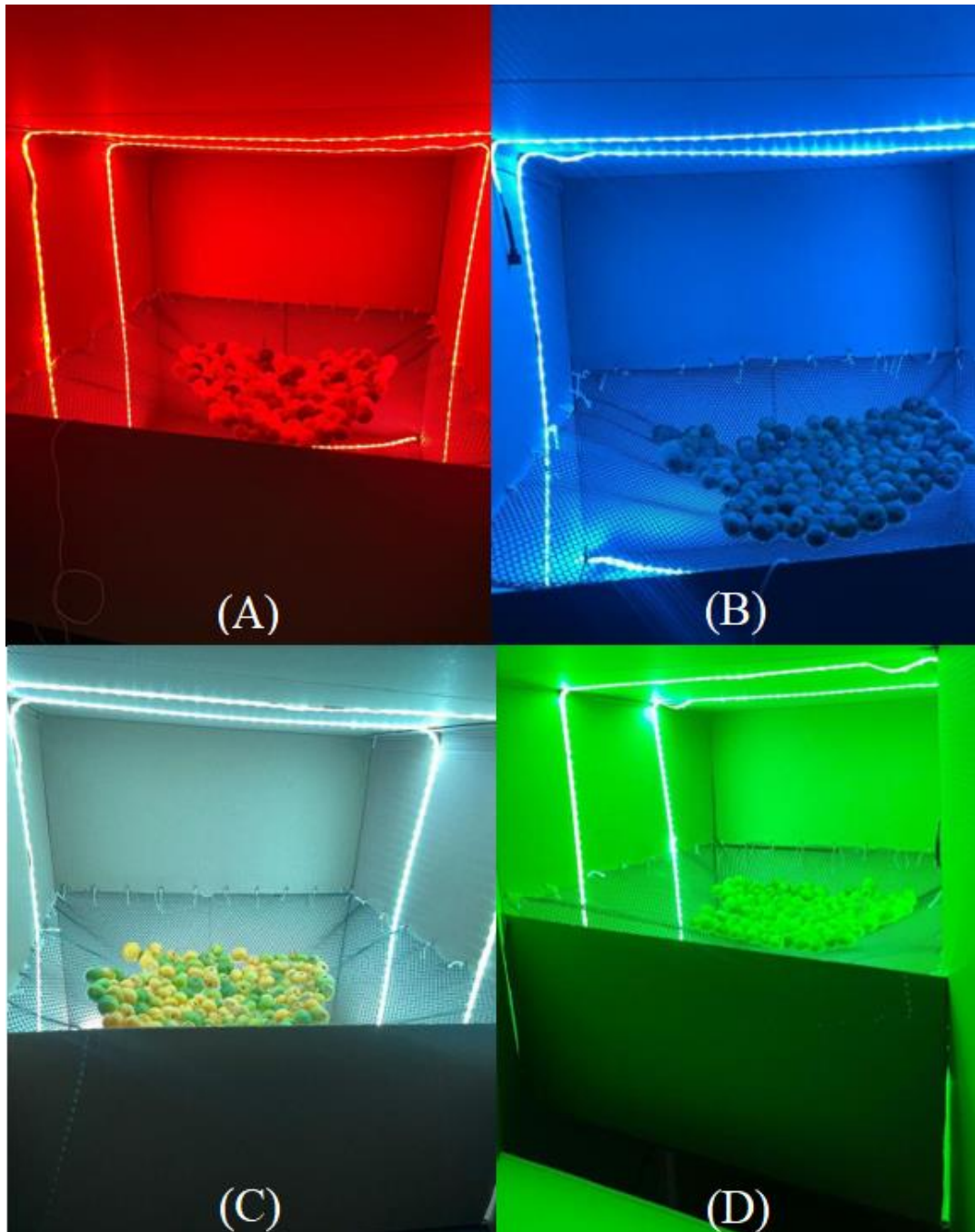
3.2 Caracterização dos experimentos

3.2.1 Primeiro experimento: Diferentes comprimentos de onda + Dias

Neste experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 5x6, com 4 repetições e 5 frutos por repetição. O primeiro fator foi composto pelo tratamento controle e mais quatro cores: controle – sem aplicação de LED, luz branca, vermelho (630,71nm), verde (518,8 nm) e azul (476,72 nm) (Figura 4). O segundo fator foi composto pelos dias de armazenamento pós-colheita e analisados diariamente (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).

Para esse experimento foram utilizados 620 frutos sendo 100 cagaitas para as análises não destrutivas e 520 para as análises destrutivas. O armazenamento do fruto foi realizado em temperatura ambiente a $25,7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa a $65\% \pm 5\%$, nesta etapa os frutos ficaram por 24 horas sob exposição da luz de LED para cada cor, exceto para o tratamento controle.

Figura 4 – Cagaitas posicionadas dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas de LED nas cores (A) luz vermelha, (B) luz azul, (C) luz branca (D) luz verde.



Fonte: Autor (2022).

Figura 5 – Cagaitas posicionadas dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada sem aplicação de luz LED.



Fonte: Autor (2022).

3.2.2. Segundo experimento: Tempos de exposição + Dias

Para a instalação do segundo experimento foi selecionado, a partir do primeiro experimento, o comprimento de onda de luz LED verde (Figura 6) que proporcionou melhor conservação dos atributos de qualidade pós-colheita da cagaita.

Neste experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 5x6, com 4 repetições e 5 frutos por repetição. O primeiro fator foi composto de quatro tempos diferentes de exposição diária do fruto à luz LED (2, 4, 8, 12 e 24 horas), e o segundo fator composto pelos dias de armazenamento pós-colheita (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).

Para esse experimento foram utilizados 620 frutos, sendo 100 cagaitas para as análises não destrutivas e 520 para as análises destrutivas. Os frutos foram armazenados em temperatura ambiente a $25,7 \pm 2$ °C e umidade relativa a $65\% \pm 5\%$, a exposição à luz verde variou de acordo com cada um de seus tratamentos.

Figura 6 – Cagaitas posicionadas dentro dos protótipos feitos com caixa de papelão ondulado, tela plástica trefilada e fitas de lâmpadas de LED na luz LED verde



Fonte: Autor (2022).

3.3. Análises realizadas

3.3.1 Perda de massa

Para a determinação da perda de massa, as cinco frutas de cagaita por repetição foram pesadas juntas durante todos os dias de análise, utilizando-se balança de precisão SHIMADZU modelo BL3200H, precisão de 0,01g, com carga máxima de 3200 g (Figura 7). Para a obtenção do percentual de perda diária, os dados foram submetidos à Equação 1:

$$PM (\%) = \frac{(M_i - M_d)}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Em que:

PM (%) = Perda de Massa;

Mi = Massa inicial do fruto (g);

Mj = Massa do fruto no dia de análise (g).

Figura 7 – Balança de precisão SHIMADZU modelo BL3200H, precisão de 0,01 g, utilizada para a realização da análise de perda de massa.



Fonte: Autor (2022).

3.3.2 Firmeza

A firmeza foi realizada por compressão com o uso do aparelho *Texture Analyser* CT3 (Brookfield), na velocidade de $7,0 \text{ mm s}^{-1}$ a uma profundidade de 5 mm, utilizando uma ponteira cilíndrica e os resultados foram expressos em Newton (N).

Figura 8 – Cagaita posicionado no aparelho *Texture Analyser* CT3 (Brookfield) para a medição de firmeza.



Fonte: Autor (2022).

3.3.3 Potencial Hidrogeniônico

O pH foi determinado por potenciometria utilizando-se o pHmetro microprocessado TEC – 7, conforme técnica descrita por AOAC (2016). Para a realização dessa análise, os frutos foram previamente triturados com o auxílio de um liquidificador, a polpa obtida de cada repetição foi colocada em um copo descartável e o pH foi determinado por meio do eletrodo submerso na amostra.

3.3.4 Acidez Titulável

A acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, foi determinada através da titulação de 5 g da polpa do fruto triturado e homogeneizado e diluída com água destilada até completar o volume de 100 mL, por meio da solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 mol L⁻¹, tendo como indicador a fenolftaleína 1%.

Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico (Equação 2) conforme recomendação da AOAC (2012).

$$AT (\%) = \frac{V \cdot F_c \cdot C \cdot E_q}{P_a} \quad (2)$$

Em que:

V: Volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL);

F_c: Fator de Correção da solução de NaOH;

C: Concentração da solução de NaOH (mol L⁻¹);

E_q: Equivalente-grama do ácido cítrico (g);

P_a: Peso da amostra adicionado no Erlenmeyer (g).

3.3.5 Sólidos Solúveis

Nessa análise, os frutos triturados de cada amostra, o suco foi coletado com auxílio de uma pipeta e procedido a leitura do teor de sólidos solúveis no refratômetro mini digital da marca Reichert (Brix/RI-Check), que mede de 0 a 62 em °Brix, seguindo a recomendação da AOAC (2012), e os resultados foram expressos em °Brix.

3.3.6 Índice de maturação

O índice de maturação foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

3.3.7 Coloração

A coloração da casca foi realizada por refletância, e realizada uma leitura por fruto na região lateral, utilizando-se colorímetro portátil CR-400 da marca Konica Minolta (Figura 9), com escala CIELAB (L*, a* e b*). Em que a coordenada L* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). A partir das coordenadas a* e b*, foram calculados: o Croma (saturação da cor) (Equação 3) e o °Hue (tonalidade da cor) (Equação 4) (MINOLTA, 1994)

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$^{\circ}\text{Hue} = \arctan g \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4)$$

Figura 9 – Realização da medição da coloração das cagaitas através do colorímetro portátil CR-400 da Konica Minolta



Fonte: Autor (2022).

3.3.8 Vitamina C (ácido ascórbico)

O teor de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) foi quantificado pela adição de 5 g de polpa dos frutos triturados de cada amostra em um balão volumétrico de 50 mL, sendo completado com solução extratora de ácido oxálico 0,5% ($C_2H_2O_4$). Após a filtragem em gaze da amostra diluída, uma alíquota de 10 mL foi usada para a determinação quantitativa da vitamina C, por meio de titulação oxidativa, com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,02% contido na bureta, sendo o ponto de viragem detectado visualmente pela coloração rósea claro (BENASSI e ANTUNES, 1988). Os teores de ácido ascórbico foram calculados por meio das Equações (5, 6 e 7):

$$Y = \frac{2 \cdot V1}{V2} \quad (5)$$

$$W = \frac{(50 \cdot Y)}{10} \quad (6)$$

$$AA = \frac{(100 \cdot W)}{50} \quad (7)$$

Em que:

Y= teor de ácido ascórbico ($mg\ 10\ mL^{-1}$);

2= solução padrão de ácido ascórbico (mg);

V1= volume do 2,6 diclorofenol indofenol gasto na titulação com a amostra (mL);

V2 = volume do 2,6 diclorofenol indofenol gasto na titulação com a amostra padrão (mL);

W = teor de ácido ascórbico (mg 50 mL⁻¹);

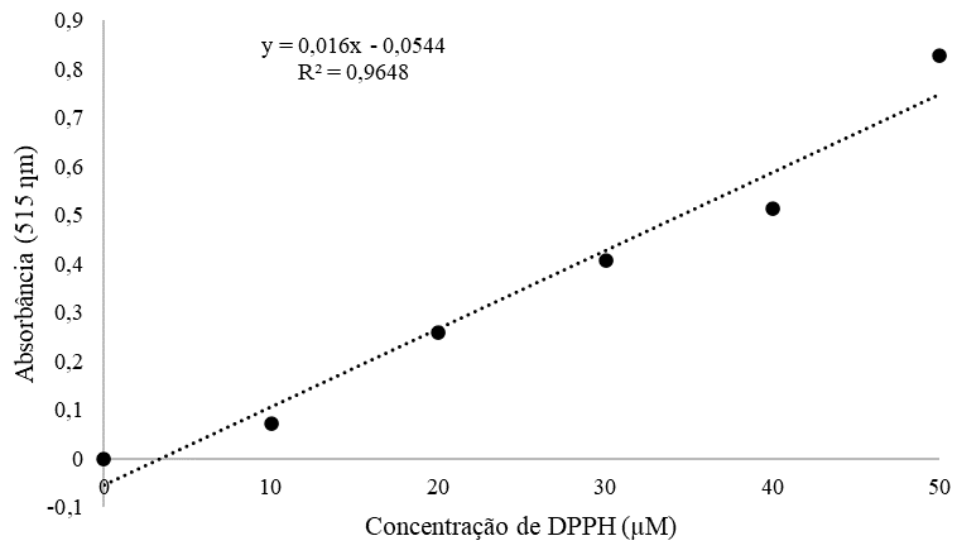
AA = teor de ácido ascórbico (mg 100 mL⁻¹).

3.3.9 Atividade Antioxidante

A obtenção dos extratos da fruta foi realizada conforme metodologia adaptada de Larrauri et al. (1997). Pesaram-se 1,25 g de amostra em um potinho de filme de 50 mL, onde foi adicionado 10 mL de metanol 50%, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. A solução contendo amostra e metanol 50% foram transferida para um tubo de ensaio e centrifugada (5000 rpm) durante 45 minutos. Após a centrifugação, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 10 mL de acetona a 70%, homogeneizando-se e deixando em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a solução (5000 rpm) durante 45 minutos, transferindo-se o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completando-o para 25 mL com água destilada.

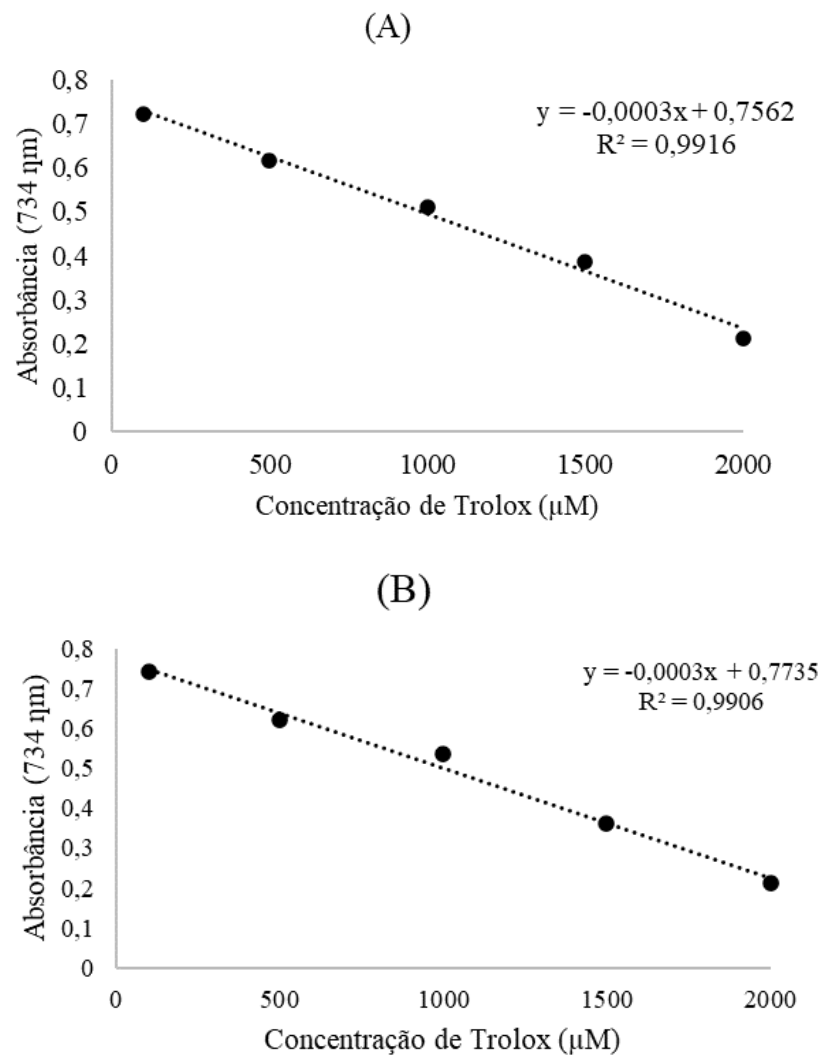
A atividade antioxidante total foi determinada usando-se o método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme Rufino et al. (2010), com curva padrão apresentada na Figura 10 e os resultados expressos em EC50 g polpa g⁻¹ DPPH, utilizou-se álcool metílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. E captura do radical ABTS (2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), também de acordo com Rufino *et al.* (2010) com curva padrão apresentada na Figura 11, e os resultados foram expressos em µmol de trolox g⁻¹ de polpa, utilizou-se álcool etílico como branco, para calibrar o espectrofotômetro. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 515 nm para DPPH e 734 nm para ABTS, no tempo de 19 e 6 minutos, respectivamente, após a adição da amostra.

Figura 10 – Curva DPPH x absorbâncias para cagaita expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz.



Fonte: Autor (2023)

Figura 11 – Curva ABTS x absorbâncias para cagaita expostas (A) à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz e (B) à diferentes tempos de exposição à luz LED verde.



Fonte: Autor (2023)

Os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método DPPH foram calculados pelas Equações (8, 9, 10 e 11) e expressos $EC_{50} g^{-1}$ DPPH.

$$X = \frac{(\frac{A_c}{2} + a_1)}{b_1} \quad (8)$$

$$Y = \frac{X}{1.000.000} * 394,3 \quad (9)$$

$$X' = \frac{(\frac{A_c}{2} - a_2)}{-b_2} * 1000 \quad (10)$$

$$A = \frac{X'}{Y} \quad (11)$$

Em que:

X= atividade antioxidante ($\mu mol L^{-1}$ DPPH);

A_c= absorvência inicial do controle (515 nm);

a₁= valor do intercepto da curva padrão;

b₁= valor do coeficiente angular da curva padrão;

Y= atividade antioxidante (g DPPH);

394,3= peso molecular do DPPH;

X'= atividade antioxidante ($EC_{50} g^{-1}$ DPPH);

a₂= valor do intercepto da curva obtida a partir das absorvências das diferentes diluições dos extratos;

b₂= valor do coeficiente angular da curva obtida a partir das absorvências das diferentes diluições dos extratos;

A= atividade antioxidante ($EC_{50} g^{-1}$ DPPH).

Já os resultados obtidos da atividade antioxidante pelo método ABTS foram calculados pelas Equações (12, 13 e 14) e expressos em μM trolox g^{-1} :

$$y = -ax + b \quad (12)$$

$$X_{(g)} = x/1000 \quad (13)$$

$$Z = \frac{1000}{X_{(g)}} * 1 \quad (14)$$

Em que:

y = Absorvência correspondente a 1.000 μM de trolox;

a₁= valor do intercepto da curva padrão;

b_1 = valor do coeficiente angular da curva padrão;

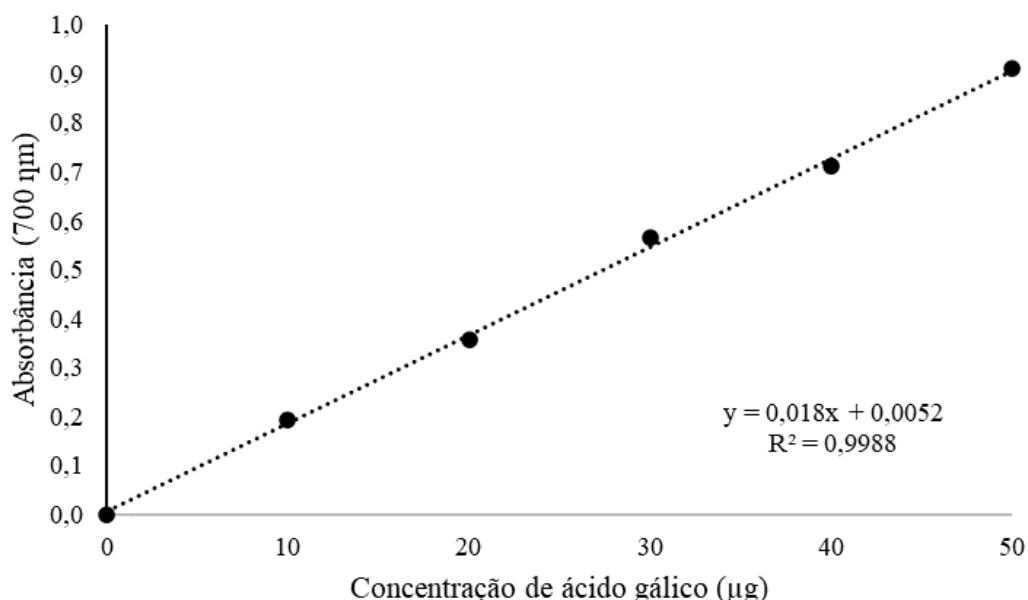
x = diluição da amostra (mg L^{-1}) equivalente a $1.000\mu\text{M}$ de trolox;

Z = expresso em μM trolox g^{-1} de fruta.

3.3.10 Polifenóis extraíveis totais (PET)

A obtenção dos extratos da fruta foi realizada conforme metodologia utilizada para determinação da atividade antioxidante. A determinação dos polifenóis extraíveis totais dos extratos foi efetuada por espectrofotômetro, utilizando o reagente Folin Ciocalteau (reativo para fenol), de acordo com a metodologia de Obanda e Owuor (1997), adaptada por Rufino *et al.* (2007). Para elaborar a curva de calibração utilizou-se solução padrão de ácido gálico (GAE - *gallic acid equivalent*), variando de 10 a $50\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 12).

Figura 12 – Curva de calibração dos polifenóis extraíveis totais (PET) para cagaita expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda e sem exposição de luz.



Fonte: Autor (2023).

O método consistiu em adicionar 0,1 mL do extrato para tubos de ensaios com 1 mL de Folin Ciocalteau, 2 mL de carbonato de sódio (20%) e 2,9 mL de água destilada. As leituras das absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro UV-2000A Visível Instrutherm a 700 nm, realizadas 30 minutos após a adição dos reagentes. Para o branco da leitura utilizou-se 1 mL de água destilada no lugar do 1 mL de extrato, acrescentando todos os reagentes anteriormente citados.

Os resultados obtidos foram expressos em $\text{mg GAE } 100\text{ g}^{-1}$ e calculados por meio das equações (15, 16 e 17):

$$C = \frac{(A_{\text{abs}} * a)}{b} \quad (15)$$

$$PET_1 = \frac{(P_a * V_a)}{V_b} * 1000 \quad (16)$$

$$PET_2 = \frac{(100 * C)}{x} \quad (17)$$

Em que:

C = concentração (µg);

Aabs = Absorbância (700 nm);

a = valor do intercepto da curva padrão;

b = valor do coeficiente angular da curva padrão;

PET₁ = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg);

P_a = peso da amostra obtida antes da extração (g);

V_a = volume da amostra (extrato) obtido após a extração (mL⁻¹);

V_b = volume do balão volumétrico usado na extração;

PET₂ = teores dos polifenóis extraíveis totais (mg GAE 100 g⁻¹).

3.4 Análise Estatística

Após a realização das análises dos frutos, os dados foram submetidos à análise de variância (P<0,05) e, quando significativos, foram submetidos a análise de regressão e teste de Tukey. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software SISVAR 5.6.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro experimento: Diferentes comprimentos de onda

4.1.1 Perda de massa

O resultado das análises de dados da perda de massa das cagaitas (Figura 13) em exposição a diferentes comprimentos de onda, caracterizadas pelas cores dos diferentes LED's, não mostrou interação significativa entre os LED's e dias de exposição. Os frutos apresentaram maior perda de massa no tratamento de exposição à luz verde (Figura 13A), atingindo média de 8,45%, seguido pelos tratamentos de luz azul, vermelho, branco e controle ao longo de todo experimento.

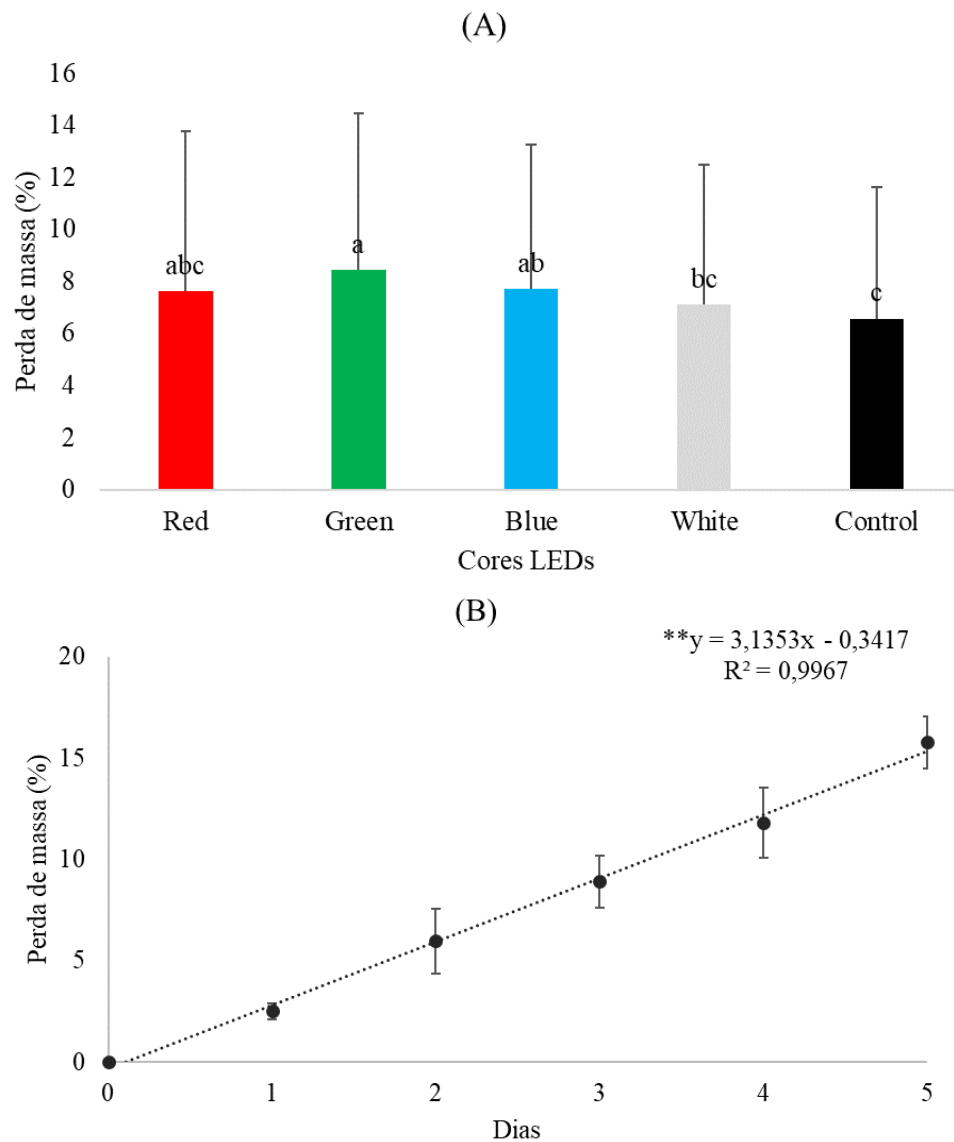
Zhan *et al.* (2012) em seu estudo com brócolis sob exposição de luz LEDs também notou maior perda de massa nos tratamentos com luz LED comparada com o controle, sem aplicação de luz, onde, ao final do armazenamento, as condições de claro e escuro resultaram em perda de massa de 2,17% e 1,95%, respectivamente. Em seu trabalho com couve de Bruxelas sob exposição à luz de LED azul, Hasperué *et al.* (2016) também observaram maior perda de massa nas amostras expostas a luz de LED em comparação aos controles armazenados no escuro, chegando até 8% de perda de massa no décimo dia de armazenamento.

Em ambos os estudos, os autores explicaram que a perda de massa fresca de frutas e vegetais durante o armazenamento resulta principalmente da respiração e da transpiração, que nesse caso, são causados pela exposição à luz. A menor perda de massa no tratamento controle nos mostra que a aplicação de luz de LED influencia na transpiração do fruto.

Observou-se elevação linear na perda de massa (Figura 13B) com intensidade diretamente proporcional ao tempo de armazenamento, no último dia de análise desse experimento notou-se perda de massa média de 15,78%. Carneiro *et al.* (2015) em seu estudo com cagaitas, armazenadas com e sem embalagens em diferentes temperaturas, teve um resultado de 17,5% de perda de massa já no terceiro dia de armazenamento sem embalagens e nas mesmas condições de temperatura do presente estudo.

Esse aumento linear da perda de massa ao passar dos dias de armazenamento é observado na maioria dos frutos após sua colheita. As perdas de massa fresca em frutos armazenados ocorrem em decorrência da água eliminada por transpiração, pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente e por causa dos processos metabólicos de respiração (SOUZA *et al.*, 2013).

Figura 13- Perda de massa (%) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green - verde, Blue - azul, White - branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.2 Firmeza

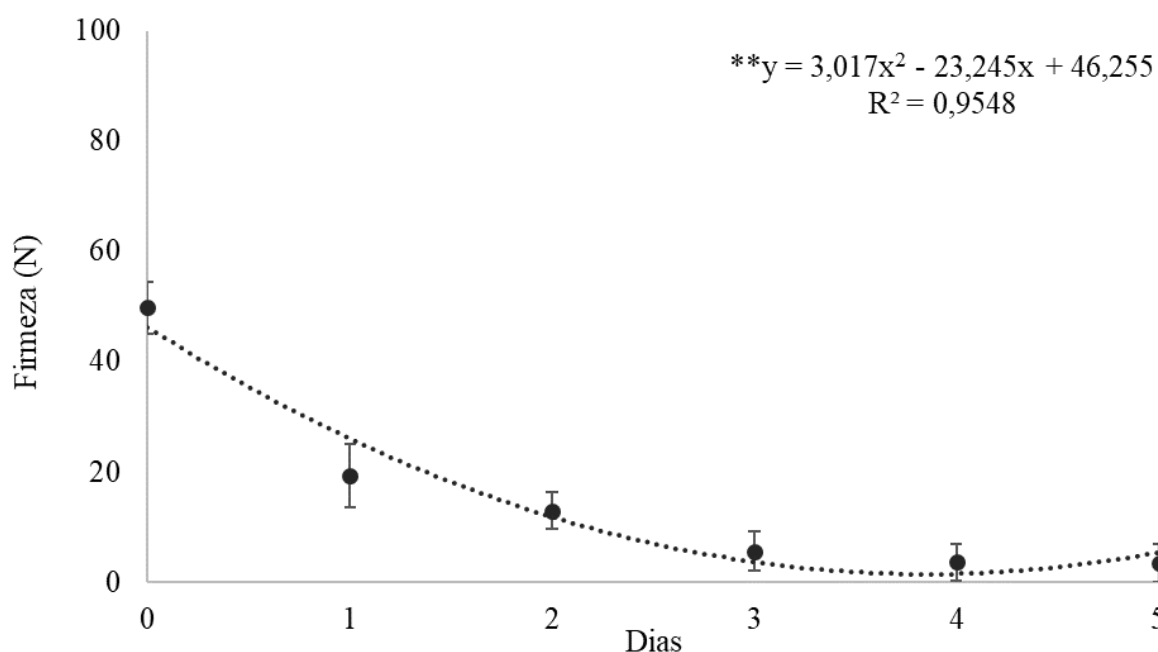
A firmeza dos frutos é um importante atributo de qualidade, visto que frutos com valores de firmeza mais elevados são mais resistentes às injúrias mecânicas durante o transporte e a comercialização (BECKER et al., 2015). Em relação a firmeza, os tratamentos com luz LED não tiveram influência estatisticamente significativa ($P > 0,05$) nos frutos da cagaita.

Constatou-se uma redução na firmeza (Figura 14) ao passar dos dias de armazenamento, até o quarto dia de armazenamento, com posterior estabilização. No dia 0, a firmeza média dos frutos observada foi de 49,77 N, havendo uma perda exponencial de 46 N aproximadamente. Esse resultado se assemelha ao encontrado por Pereira (2020), em seu estudo

com a cagaita, ele observou que no quinto dia de armazenamento, a firmeza da cagaita já atingira por volta de 3N.

Esse declínio da firmeza no decorrer dos dias pode ser explicado pelo fato que durante a maturação até a senescência se dá, em grande parte, pela ação de enzimas envolvidas na despolimerização e solubilização da parede celular (GALLON *et al.*, 2010). De acordo com Zhou *et al.* (2011) a diminuição da firmeza está relacionada a perda da resistência da parede celular pode estar associada a degradação por enzimas, visto que, a atividade enzimática pode promover a solubilização das substâncias pécticas da parede celular e, conseqüentemente, o amaciamento dos frutos.

Figura 14- Firmeza (N) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

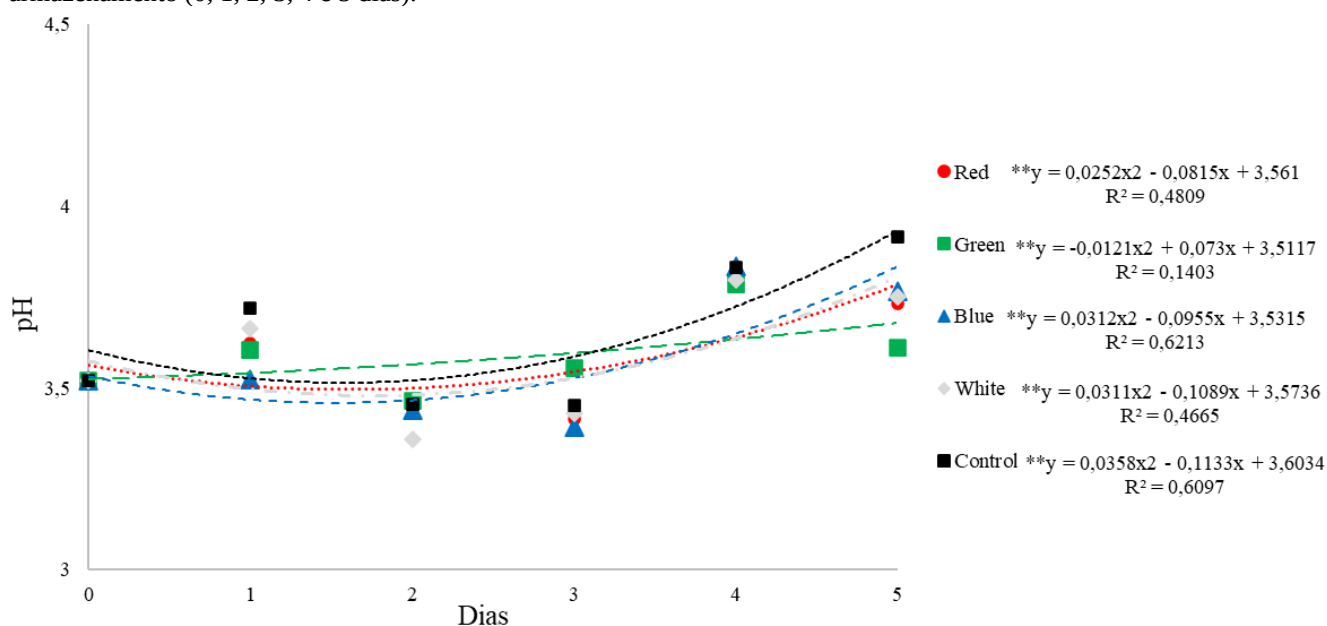
Para a análise de pH foram registrados médias abaixo de 4,0 para todos os tratamentos ao longo dos 5 dias de armazenamento, o que mostra acidez elevada dos frutos, resultado também encontrado por Pereira e Ferreira (2016), que em seu estudo armazenando cagaitas com e sem aplicação de revestimentos comestíveis registraram pH máximo de 3,63.

Em relação ao comportamento do pH verificou-se que houve aumento exponencial desse parâmetro para todos os tratamentos do primeiro até o último dia de armazenamento (Figura 15). Observou-se que para o tratamento controle, sem exposição de luz LED, houve maior aumento com o passar dos dias em relação aos outros tratamentos, enquanto o tratamento

de luz verde apresentou maior estabilidade ao longo do experimento. Essa estabilidade do pH, observada nos frutos armazenados e expostos à luz verde também foi constatada por Braz *et al.* (2019) em seu estudo com cagaita com coberturas à base de biopolímeros, com resultado médio de 3,78.

O aumento do pH ao longo do armazenamento também foi relatado por Lee *et al.* (2014) que, em seu estudo com repolho expostos à luz LED vermelha, verde, azul e branca, também observaram um acréscimo para todos os tratamentos, sem diferir estatisticamente entre si, ao longo de 18 dias de armazenamento. O aumento do pH está atribuído à degradação de ácidos orgânicos, como o ácido málico e o ácido ascórbico, que ocorre durante a senescência do produto natural (FERREIRA *et al.*, 2020).

Figura 15- Potencial hidrogeniônico (pH) de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.4 Acidez titulável

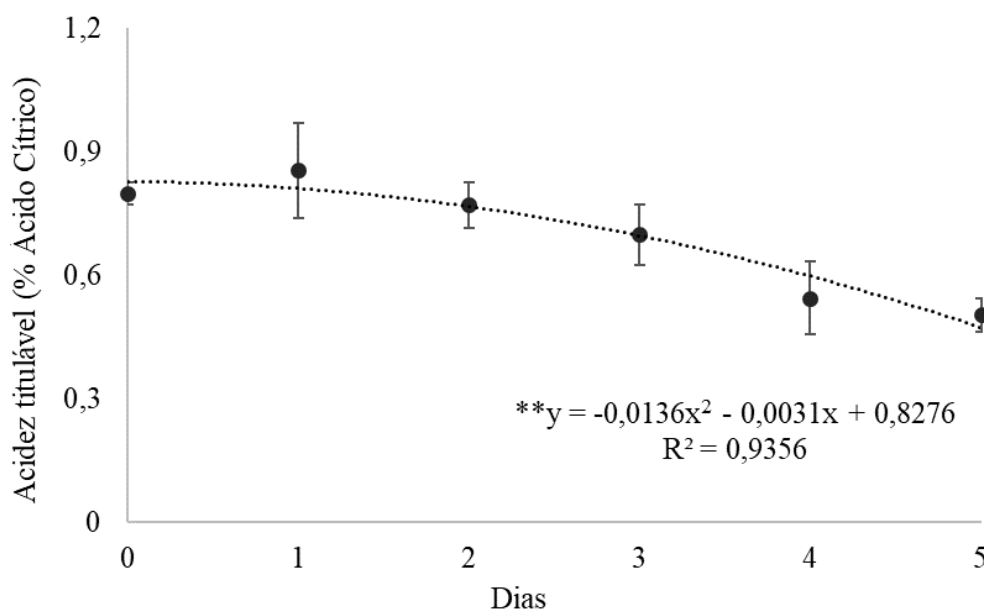
No que se refere a acidez titulável das cagaitas analisadas, os tratamentos com luz de LED não tiveram influência estatisticamente significativa ($P > 0,05$) nos frutos, apenas em relação aos dias de análise (Figura 16). Notou-se diminuição exponencial para essa análise, no primeiro dia de análise os frutos apresentavam 0,8% de ácido cítrico havendo diminuição para 0,50% no último dia de armazenamento. O mesmo comportamento foi encontrado por Pereira (2020) em seu estudo avaliando a pós-colheita da cagaita. Os valores médios de acidez titulável

do presente estudo são próximos aos encontrados por Cardoso *et al.* (2011), em seu estudo de caracterização de atributos físicos e químicos da cagaita, que foi de 0,74% de ácido cítrico.

A queda nos níveis de acidez no armazenamento indica que os frutos estão passando por processos que levam à maturidade (FREITAS, 2015) e é uma resposta ao aumento da frequência respiratória em virtude da utilização dos ácidos orgânicos como substrato para esse processo e como fonte de carbono para síntese de novos compostos, contribuindo para a perda de água dos frutos (OSHIRO *et al.*, 2012; DIAS *et al.*, 2011), que ocorreu neste experimento (Figura 2).

A variação dos valores de acidez titulável ao longo do armazenamento acompanhou as variações dos valores de pH constatadas, visto que a diminuição de acidez se relaciona com o aumento do pH (VALÉRIO, 2017).

Figura 16- Acidez titulável (% ácido cítrico) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.5 Sólidos solúveis

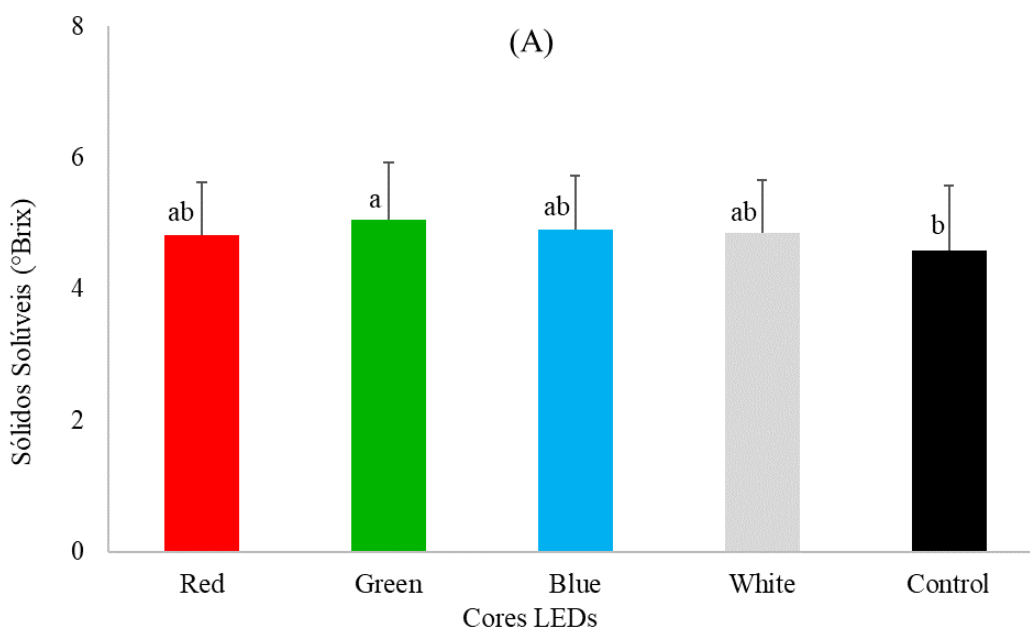
Para a análise de sólidos solúveis em °Brix, os valores obtidos foram significativos ($P < 0,05$) para os tratamentos LED's e dias (Figura 17) sem interação entre eles. Neste aspecto observou-se diferença entre o tratamento com LED verde e o controle (Figura 17A), com médias de 5,05 °Brix e 4,58°Brix respectivamente.

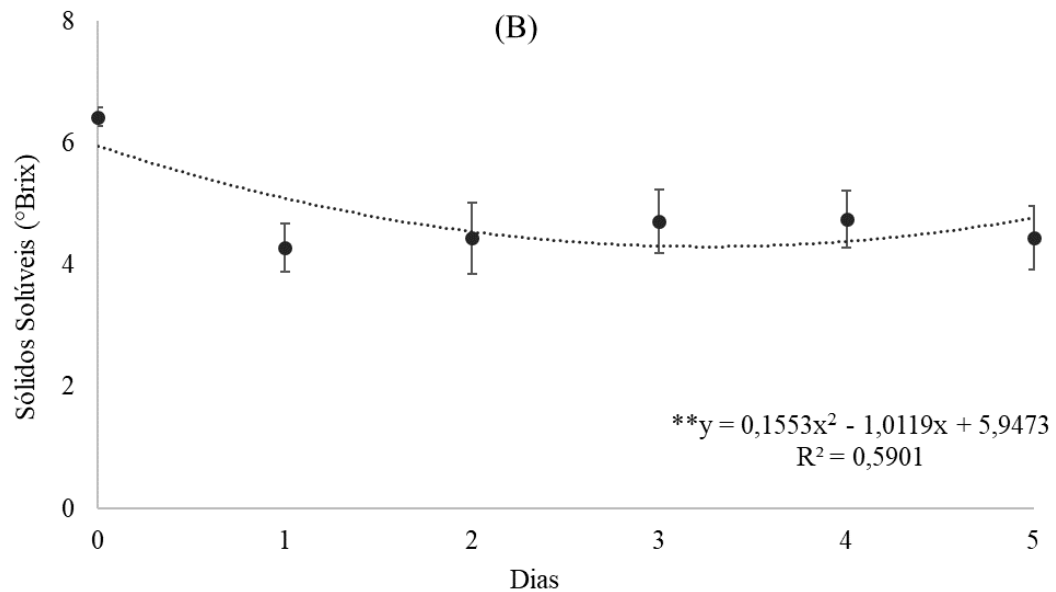
Kim *et al.* (2011) em seu estudo com morangos imaturos armazenados sob exposição de luz de LED's de diferentes comprimentos de ondas observaram que no final do armazenamento o tratamento com LED de 525nm (verde) apresentou maior teor de sólidos solúveis seguido do LED de 385 nm (roxo), 470nm (azul), 630nm (vermelho) e controle.

Em relação aos dias de armazenamento, observou-se uma redução exponencial nos valores de sólidos solúveis para a cagaita (Figura 17B) até o 4º dia de armazenamento. Esse comportamento de redução dos sólidos solúveis também foi observado pelos autores Carneiro *et al.* (2015) em seu estudo no armazenamento de cagaitas com diferentes temperaturas e embalagens, e por Pereira (2020) em sua pesquisa intercalando armazenamento refrigerado com temperatura ambiente.

Os valores encontrados nesse estudo variaram entre 6,42 °Brix no dia inicial a 4,44 °Brix no último dia de análise, resultado próximo aos encontrados pelos autores Braz *et al.* (2019), que observaram média de 5,7 °Brix, em seu estudo com armazenamento de cagaitas com coberturas a base de biopolímeros. A diminuição dos sólidos solúveis obtidos neste trabalho pode ser justificada pelo fato dos açúcares serem substratos do processo respiratório, e com o avanço da maturação e a elevação da taxa respiratória, maior será a taxa de consumo deste substrato (JADOSKI *et al.*, 2011).

Figura 17- Sólidos solúveis (°Brix) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).





**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

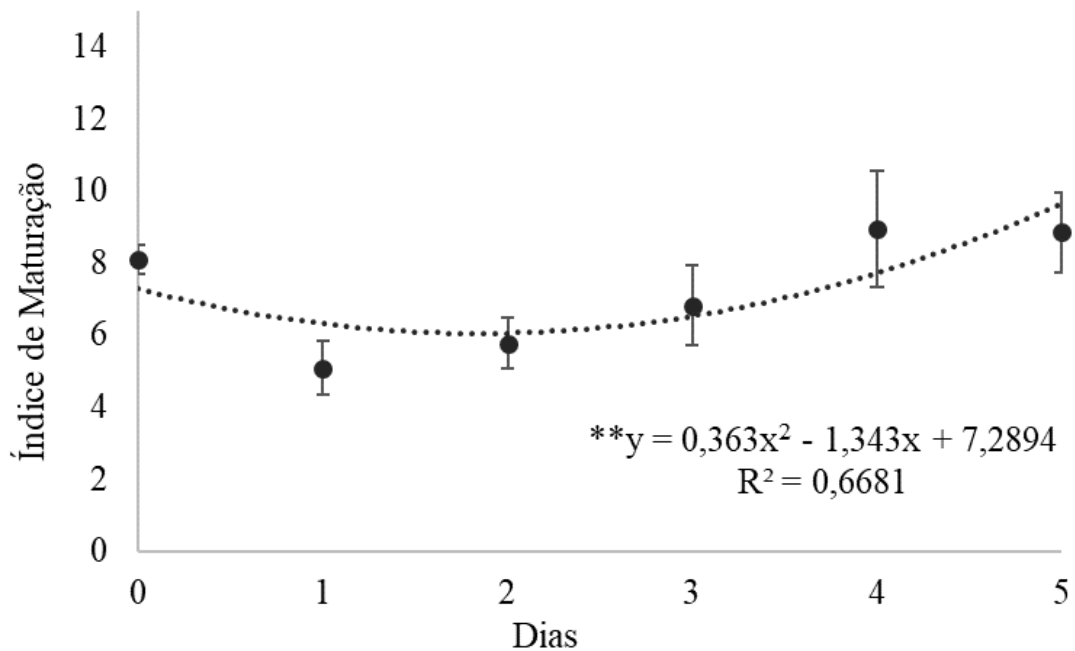
4.1.6 Índice de maturação (IM)

O índice de maturação, também chamado de *ratio*, é uma medida importante para avaliar o grau de maturação de determinado fruto, sendo definido como a razão entre sólidos solúveis e acidez titulável (IENSEN *et al.*, 2013). Essa variável expressa o equilíbrio entre a doçura e a acidez da fruta (ONIAS *et al.* 2021). Para este parâmetro verificou-se aumento exponencial (Figura 18) a partir do segundo dia de análise até o final do experimento.

O aumento do índice de maturação com o tempo de armazenamento é um indicativo de boa relação no balanço entre os açúcares e os ácidos orgânicos, favorecendo o sabor nos frutos (SANCHES *et al.*, 2017). Segundo Bolzan (2013) esse pode ser considerado benéfico, considerando que incremento da relação pode proporcionar melhor qualidade sensorial e aceitabilidade dos frutos pelo consumidor, entretanto, esse aumento é sinal de amadurecimento que ocorreu a partir do segundo dia. Esse comportamento também foi encontrado por alguns autores em seus estudos armazenando frutas do cerrado como murici (GOMES *et al.*, 2021), mangaba (NASSER, 2014) e amora preta (MORAES *et al.*, 2019).

Os valores médios de índice de maturação nos dias de análise encontrados nesse estudo foram de 5,08 a 8,93, o que condiz com o estudo de Sobral *et al.* (2023), que em seu estudo de caracterização pós-colheita de frutas do cerrado encontraram valor médio de 7,32 para o índice de maturação da cagaita.

Figura 18- Índice de maturação (IM) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.7 Luminosidade

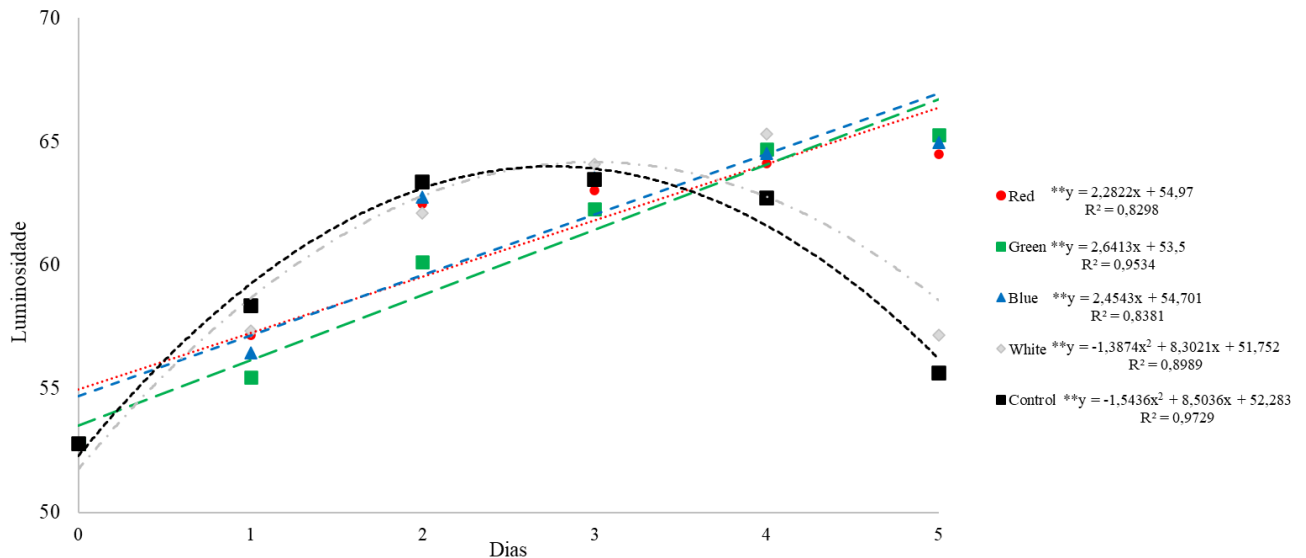
No que se refere a luminosidade da cagaita expostas a luz de LED ao longo de 5 dias de armazenamento, observou-se aumento linear da luminosidade para os tratamentos de luz RGB, luz vermelha (R), verde (G) e azul (B) e uma regressão exponencial para a luz branca e o tratamento controle (Figura 19). Do primeiro ao terceiro dia de análise os tratamentos White e control apresentaram os maiores valores, com posterior queda até o fim do armazenamento, ao final do experimento os tratamentos RGB apresentaram as maiores luminosidades das cagaitas.

Considerando que quanto maior o valor de L mais clara é a cor ou mais brilhosa (CASTRICINI *et al.*, 2018) observou-se que os tratamentos com LEDs coloridos foram responsáveis pela maior elevação dos frutos analisados, apresentando valores médios de 64,48, 65,28 e 64,96 para os tratamentos de luz vermelha, verde e azul, respectivamente, no último dia de análise. Silva *et al.* (2014) relataram que o escurecimento que ocorre durante o período de armazenamento é consequência natural do amadurecimento dos frutos, o que indica que frutos armazenados nos tratamentos RGB mantiveram a cor e tiveram menor deterioração visual dos frutos ao longo do armazenamento.

O efeito positivo de LEDs coloridos na manutenção da luminosidade em frutas também foi observado por Dhakal e Baek (2014) em seu estudo com tomates armazenados por 7 dias sob exposição de luz LED azul e vermelha e tratamento controle sem exposição de luz, os quais

registraram maior manutenção na luminosidade no armazenamento com luz azul quando comparado com o tratamento controle, sem aplicação de luz.

Figura 19 - Luminosidade (L) de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



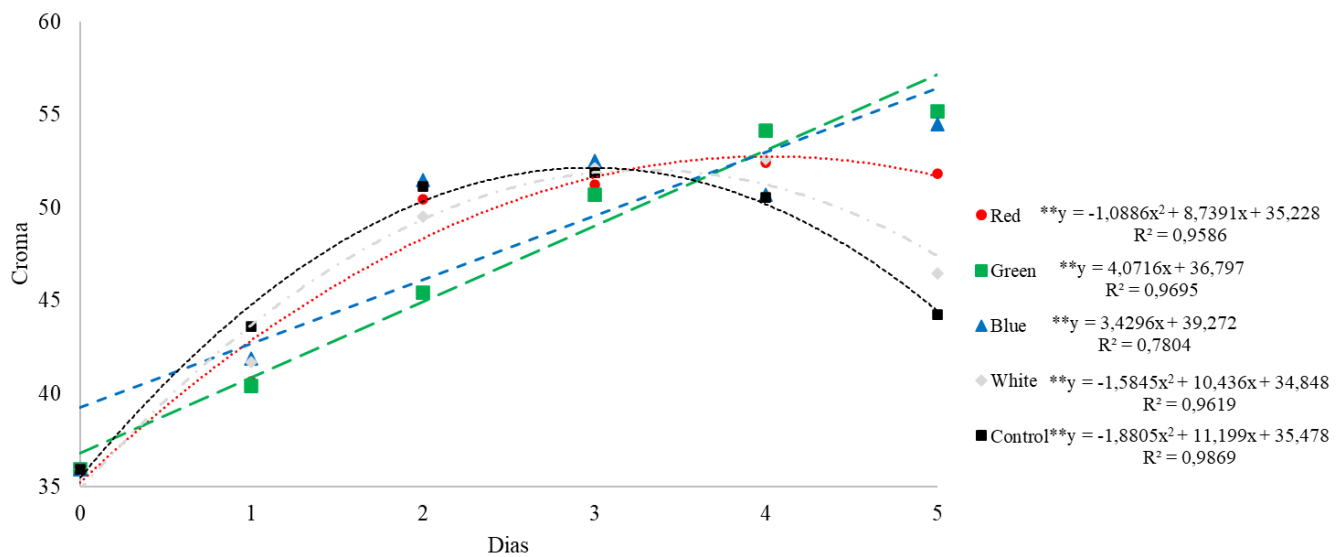
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.8 Croma

A análise de croma expressa a intensidade da cor, ou seja, a cor em termos em saturação de pigmentos, sendo 0 – cor impura e 60 – cor pura (RINALDI *et al.*, 2017). O tratamento com LED verde apresentou cores mais vívidas no final do armazenamento em relação aos tratamentos com LED vermelho e branco e tratamento controle (Figura 20). Foi constatado elevação linear nos valores de croma para os tratamentos verde e azul, enquanto os LED's vermelho e branco e o controle apresentaram redução exponencial quadrática, principalmente a partir do terceiro dia de análise.

A luz é um dos fatores externos importantes que estimulam a taxa de processos biológicos e o desenvolvimento de pigmentos nas frutas (D'SOUZA *et al.*, 2015). Pola *et al.* (2020) em seu estudo com pimenta (*Capsicum annuum* L.) expostas a LED vermelho e azul observaram elevação nos valores de croma nas pimentas expostas a esses LED's comparado ao tratamento controle (escuro), comportamento semelhante ao ocorrido nesse estudo.

Figura 20- Croma de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



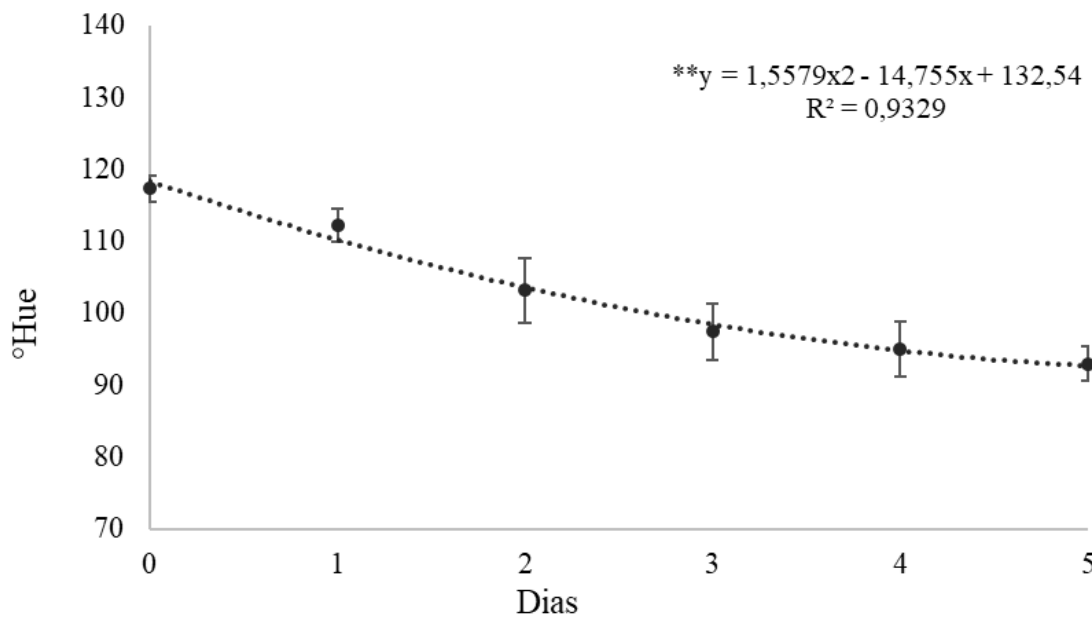
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.9 °Hue

O ângulo °Hue, que define a tonalidade da cor, expressa as diferenças na coloração da casca, variando de 0 a 360°, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul (CREMASCO *et al.*, 2016). O ângulo da tonalidade pode indicar o grau de maturação dos frutos, pois valores próximos à 90° indicam frutos amarelos (RINALDI *et al.*, 2021) ou seja, para a cagaita indica frutos maduros. Durante o desenvolvimento da cagaita, ocorre a diminuição do teor de clorofila total e o incremento dos teores de carotenoides, indicando o possível amadurecimento do fruto (SILVA, 2016).

Dessa maneira, observou-se que as cagaitas apresentaram valor médio de 117,4° no início do armazenamento, o que caracteriza a coloração verde-amarelo dos frutos no início do seu amadurecimento (Figura 21) e 92,94° no último dia de análise indicando frutos amarelos no fim do armazenamento. Araujo *et al.* (2022) em seu estudo com armazenamento de cagaitas submetidas a radiação UV-C, observaram redução do °Hue para todos os tratamentos aplicados, até o final do armazenamento, e as médias variaram de 106,5° a 90,75°, comportamento e resultados próximos aos verificados nesse estudo.

Figura 21 - °Hue de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.10 Vitamina C (Ácido ascórbico)

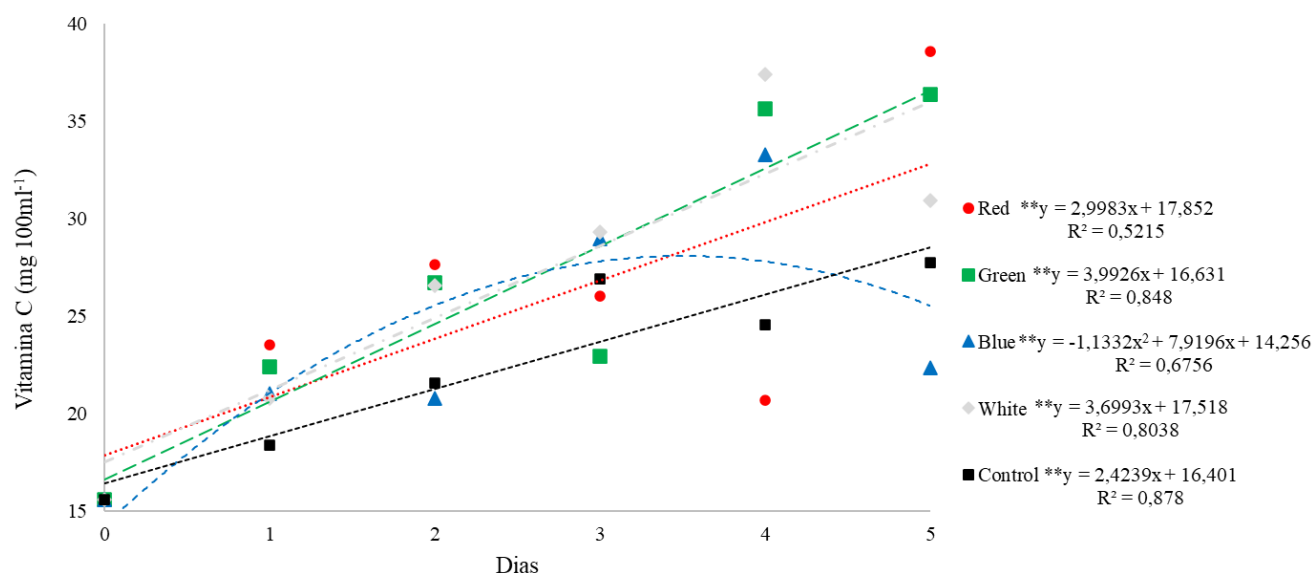
Os teores de ácido ascórbico (Figura 22) demonstraram aumento linear para todos os tratamentos, com exceção do LED azul que apresentou aumento exponencial quadrático, principalmente, até o terceiro dia de armazenamento. Constatase que a partir do quarto dia de análise (3º dia de armazenamento) mas principalmente no último dia, as cagaitas armazenadas e expostas ao LED verde ficaram com os teores mais altos de ácido ascórbico, seguido pelo LED branco. O controle apresentou os menores valores de vitamina C para a cagaita até o penúltimo dia de armazenamento.

Kim *et al.* (2011), trabalhando com morangos imaturos sob exposição de LED's de diferentes comprimentos de onda armazenados à 5°C, encontraram resultados parecidos, embora houvesse ligeira diferença entre as faixas de comprimento de onda, sendo que o conteúdo de vitamina C foi relativamente maior nas faixas de 470 e 525 nm, caracterizados pelas cores azul e verde, respectivamente.

O ácido ascórbico está associado à defesa ao estresse oxidativo dos frutos, portanto, a elevação do teor deste ácido, constatada neste experimento, no armazenamento pode estar relacionada a processos oxidativos que induzem sua síntese (GARCÍA-BETANZOS *et al.*, 2017) fato que ocorre também com outros processos de irradiação como UV-C e Gama (SANCHES *et al.*, 2017; MARQUES, 2015). Aumento nesses teores também foram observados em vários frutos do cerrado, em que Silva *et al.* (2009), avaliando o teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado, relataram maior vitamina C para o araticum, cagaita, cajuí, gabirola, lobeira, mangaba e pequi nos frutos maduros em comparação aos frutos verdes.

No último dia de armazenamento, as cagaitas apresentaram teor de vitamina C entre 22,38 e 38,6 mg 100ml⁻¹, valores condizentes aos encontrados por Cardoso et al. (2011) que apresentaram para a cagaita in natura teores de vitamina C de 34,11 mg 100ml⁻¹.

Figura 22 - Vitamina C (mg 100ml⁻¹) de cagaitas expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red – vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

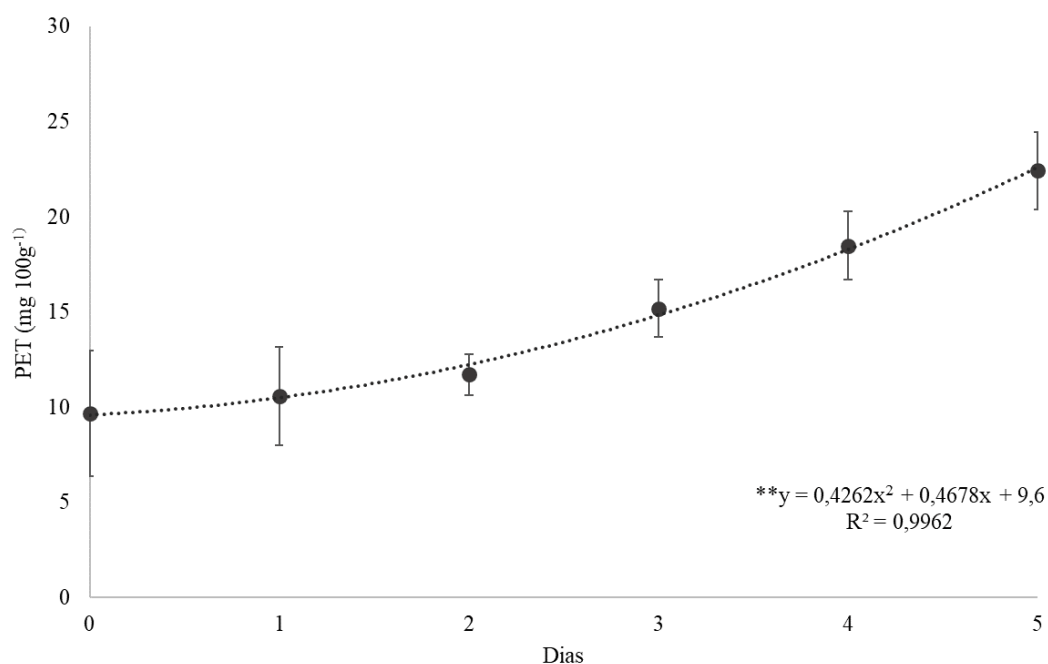
4.1.11 Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

Para a análise de polifenóis extraíveis totais (PET) obteve-se resultados significativos ($P < 0,05$) apenas para o fator dias (Figura 23). Houve acréscimo exponencial quadrático nos valores de PET ao longo do armazenamento, variando os valores médios de 9,68, no primeiro dia, a 22,42 mg 100mg⁻¹, no último dia de armazenamento. Estes resultados podem ser decorrentes da influência da evolução da maturação sobre a expressão e consequente atividade antioxidante do fruto, uma vez que, a mudança de transição da coloração verde para início de pigmentação amarela requer maior quantidade de energia para suportar o dinamismo dos processos fisiológicos da célula (OGAWA *et al.*, 2018), o que aconteceu nesse estudo caracterizado pelo °Hue (Figura 21) e atividade antioxidante (Figuras 24 e 25).

Com base na classificação proposta por Vasco *et al.* (2008), pode-se classificar os polifenóis em baixo (< 1 mg 100g⁻¹), médio (1-5 mg 100g⁻¹) e alto (> 5 mg 100g⁻¹) teor. De acordo com essa classificação pode-se inferir que as cagaitas estudadas neste trabalho apresentam elevada concentração de fenóis, semelhante aos resultados de Araújo *et al.* (2022), que em seu estudo armazenando cagaitas tratadas com radiação UV-C apresentaram valores de polifenóis extraíveis totais, variando de 11,61 a 27,42 mg 100g⁻¹. Este resultado é considerado

benéfico, pois, segundo Armesto *et al.* (2019), em seu estudo revisando literatura disponível sobre métodos de avaliação de compostos fenólicos, concluíram que a ingestão continuada de alimentos ricos nesses compostos está associada à prevenção de diversas doenças degenerativas.

Figura 23 - Polifenóis extraíveis totais (PET, mg 100g⁻¹) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

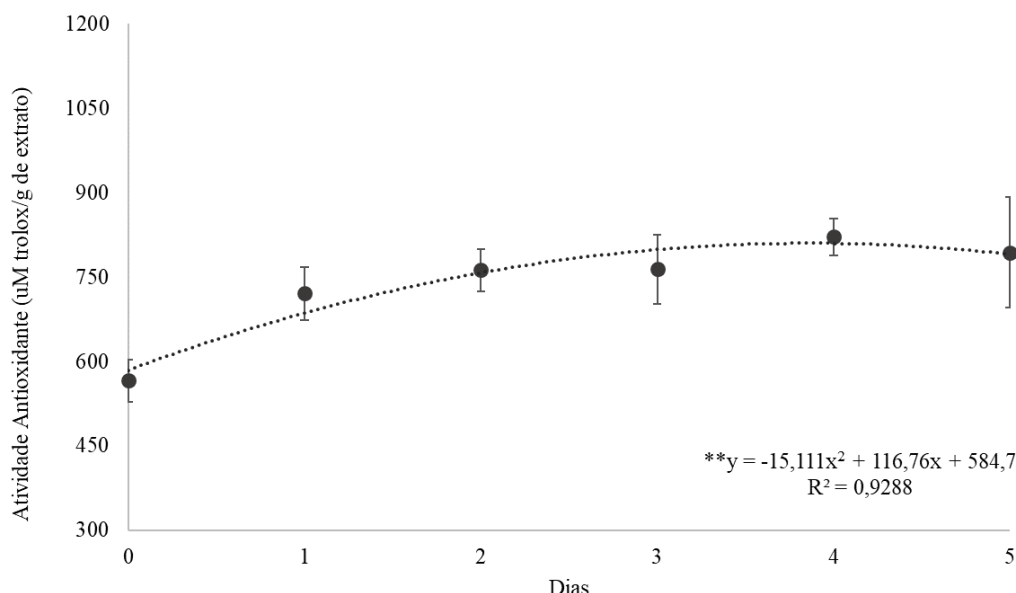
4.1.12 Atividade Antioxidante (ABTS)

Para a análise de atividade antioxidante pelo método ABTS observou-se apenas resultado significativo ($P < 0,05$) para o fator dias. Nesse aspecto, foi observado que houve aumento exponencial quadrático da atividade antioxidante da cagaita até o quarto dia de armazenamento (Figura 24). Araújo *et al.* (2020) em seu estudo da caracterização pós-colheita de cagaitas submetidas a radiação UV-C também observaram um aumento na atividade antioxidante da cagaita ao longo dos dias de armazenamento, diferindo somente no último dia de análise nas condições do presente estudo.

Essa capacidade antioxidante provavelmente se deve aos compostos fenólicos que são importantes antioxidantes (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Da mesma forma que os compostos fenólicos aumentam, com o decorrer do tempo, é esperado que haja aumento de atividade antioxidante também, pois, conforme Neves *et al.* (2015), foi o que aconteceu nesse estudo, onde, a quantidade de compostos fenólicos também aumentou ao longo dos 5 dias de armazenamento (Figura 23). A atividade antioxidante em vegetais é devida a ação de uma

grande variedade de compostos antioxidantes, que são degradados ou sintetizados de acordo com o estágio fisiológico e com os níveis de estresses abióticos e bióticos sofridos durante o armazenamento (ROTILI *et al.*, 2013).

Figura 24 - Atividade antioxidante (ABTS, μM trolox/g de extrato) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.1.13 Atividade Antioxidante (DPPH)

Em relação à atividade antioxidante, pelo método DPPH, obteve-se resultados significativos ($P < 0,05$) para os tratamentos e dias de forma isolada (Figura 25), sem interação significativa. O LED verde apresentou o menor valor de EC_{50} DPPH diferindo estatisticamente dos tratamentos em LED azul, branco e controle, sendo este último o tratamento que demonstrou os maiores valores.

Os antioxidantes podem ser de grande benefício para a melhoria da qualidade de vida, já que eles têm a capacidade de proteger um organismo dos danos causados pelos radicais livres. O método de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) é baseado no descolorimento de uma solução composta por radicais estáveis do reagente DPPH de cor violeta em solução em metanol. Substâncias antioxidantes podem doar um átomo de hidrogênio ou transferir um elétron para molécula de DPPH, se tornando uma molécula estável e fazendo a mudança de cor para amarelo pálido, resultando na diminuição da absorbância do radical DPPH (OLIVEIRA, 2019) indicando que quanto menor os valores de EC_{50} DPPH, maior a atividade antioxidante do fruto.

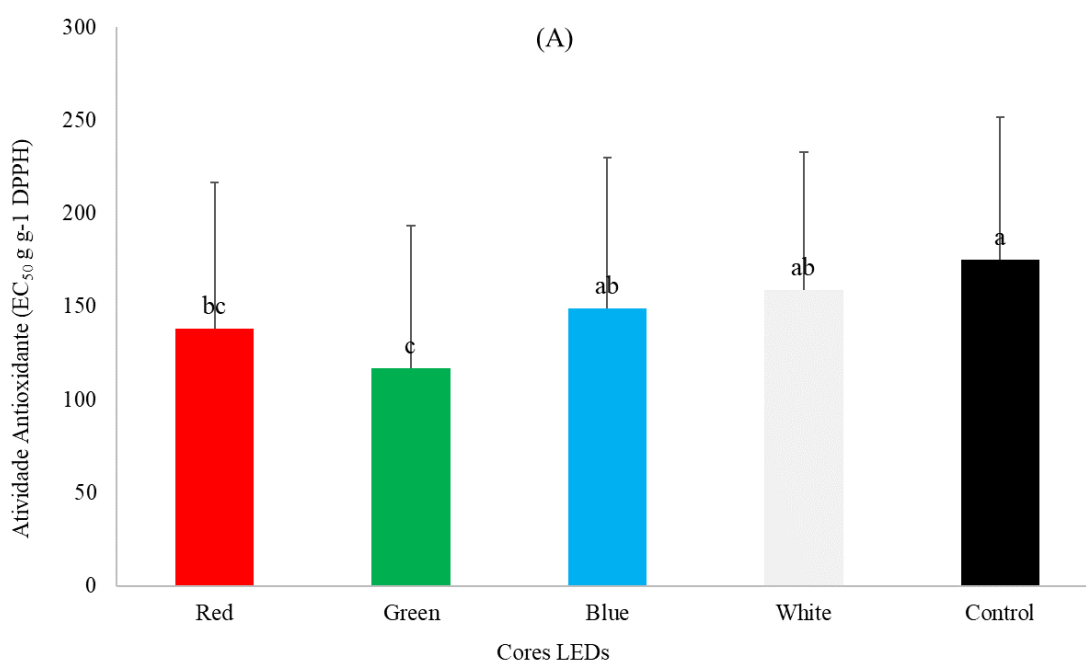
Na Figura 25A, o tratamento com LED verde obteve menor valor (116,96 EC_{50} g g^{-1} DPPH), ou seja, foi necessária menor quantidade de amostra para reduzir a concentração inicial

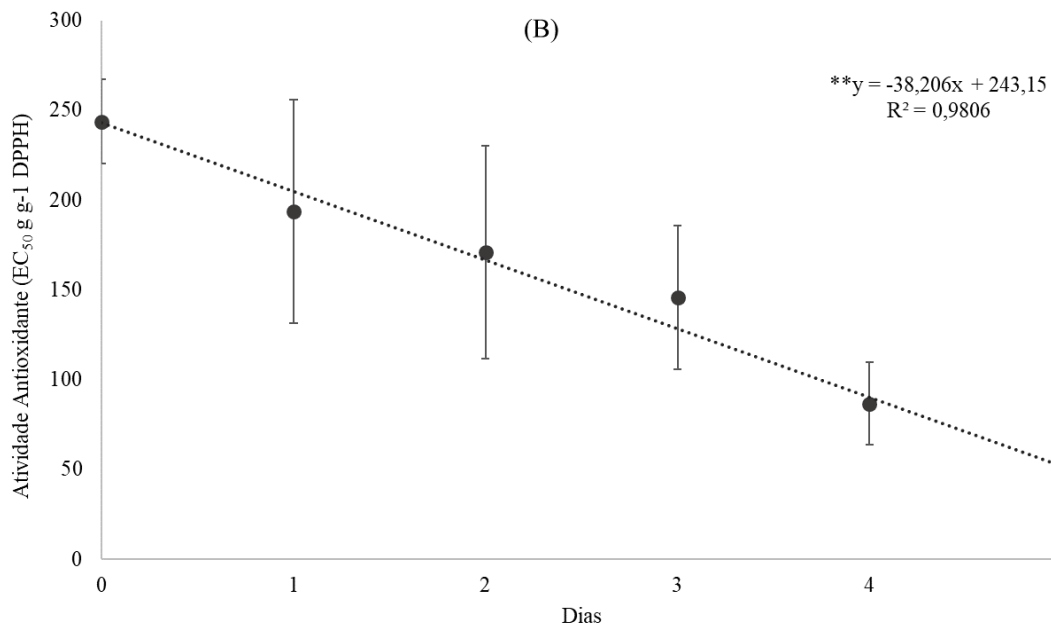
do radical DPPH em 50%, dessa forma foi o tratamento que apresentou maior atividade antioxidante, seguido dos tratamentos com exposição de luz LED vermelho (138,17 $\text{EC}_{50} \text{ g g}^{-1}$ DPPH), azul (149,21 $\text{EC}_{50} \text{ g g}^{-1}$ DPPH) e branco (158,71 $\text{EC}_{50} \text{ g g}^{-1}$ DPPH) O tratamento controle obteve média de 175,12 $\text{EC}_{50} \text{ g g}^{-1}$ DPPH, sendo o tratamento que precisou de mais polpa para inativar com 50% do radical.

A capacidade dos LEDs RGB em elevar a atividade antioxidante no armazenamento de frutas também foi observada por Xu *et al.* (2014), que, em seu trabalho armazenando morangos por 14 dias sob exposição de luz LED azul e sem exposição de luz, verificaram maior atividade antioxidante pelo método DDPH nos morangos armazenados com exposição de luz LED azul quando comparado ao tratamento controle, sem exposição de luz.

A atividade antioxidante das cagaitas pelo método DPPH aumentou durante o armazenamento pós-colheita (Figura 25B), e essa elevação também foi observada por Silva (2016) em seu estudo sobre o desenvolvimento fisiológico da cagaita. Essa capacidade é benéfica, uma vez que o consumo desses alimentos proporciona vantagens à saúde do consumidor devido às propriedades antioxidantes, prevenindo doenças degenerativas que possuem alta ocorrência na população (ACHKAR *et al.*, 2014).

Figura 25 - Atividade antioxidante (DPPH, $\text{EC}_{50} \text{ g g}^{-1}$ DPPH) de cagaitas (A) expostas à luz LED de diferentes comprimentos de onda (Red - vermelha, Green – verde, Blue – azul, White – branca) e sem exposição de luz (Control) durante 5 dias de armazenamento e (B) expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).





**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2 Segundo experimento: Diferentes tempos de exposição diária – LED verde

4.2.1 Perda de massa

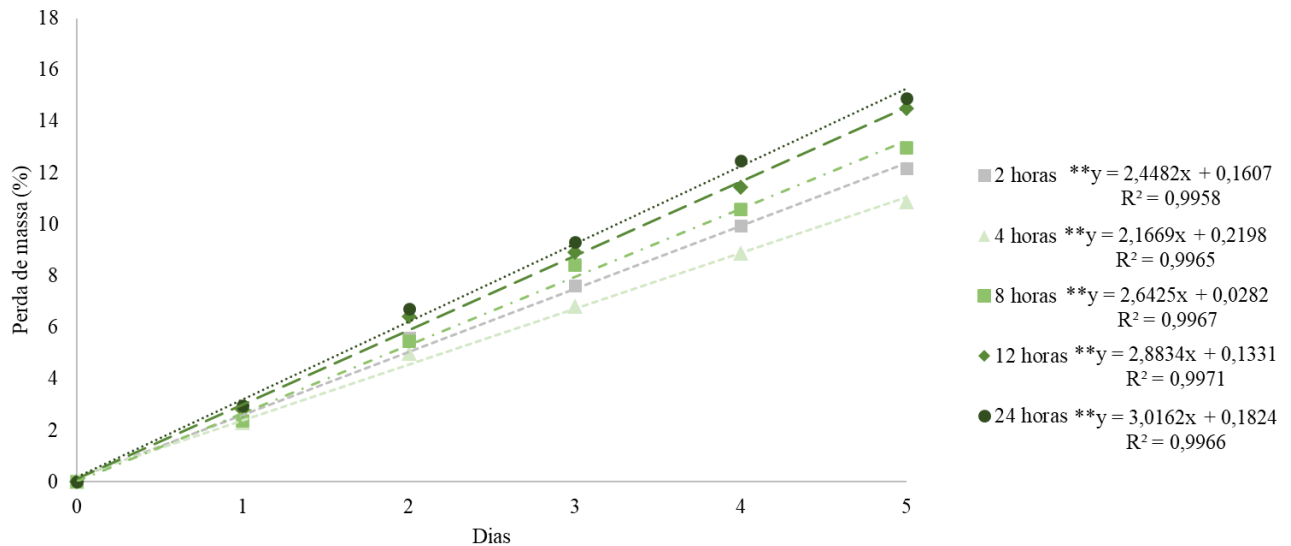
Para o parâmetro de perda de massa das cagaitas em diferentes tempos de exposição à luz LED verde observou-se aumento linear para todos os tempos ao longo do armazenamento (Figura 26). Para os frutos em exposição por 4 horas diárias verificou-se menor perda de massa, seguido pelos frutos expostos por 2 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas, respectivamente.

A partir do terceiro dia de análise ficou mais notório a diferença da perda de massa entre os tratamentos, contudo, no segundo dia de análise o comportamento dos frutos expostos à luz LED por quatro horas diárias já mostrava menor perda de massa em relação aos outros tratamentos. Os tratamentos 4 e 2 horas de exposição resultaram em maior manutenção da massa nos frutos, constatando que após essas horas de exposição quanto maior o tempo maior foi a perda.

Martínez-Zamora *et al.* (2022) em seu trabalho com tomates cereja armazenados com refrigeração a 5°C e diferentes comprimentos de onda de luzes LED observaram que os tratamentos com luz aumentaram as perdas de massa em comparação com as condições de escuridão, sem diferenças relevantes entre eles. Os autores ainda explicaram que essas maiores perdas de massa podem ter sido estimuladas pelo estresse oxidativo abiótico induzido durante a iluminação contínua e pelo calor transmitido pela iluminação, embora este seja muito inferior ao transmitido pelas lâmpadas fluorescentes.

Assim, os frutos com maiores tempos de exposição (8, 12 e 24 horas) à luz LED induziram aumentos significativos na perda de massa, com diminuição percentual da biomassa, o que tem sido associado à retenção da atividade fotossintética dos tecidos vegetais resultando em maior perda de água por transpiração (PENNISI *et al.*, 2021).

Figura 26 - Perda de massa (%) de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



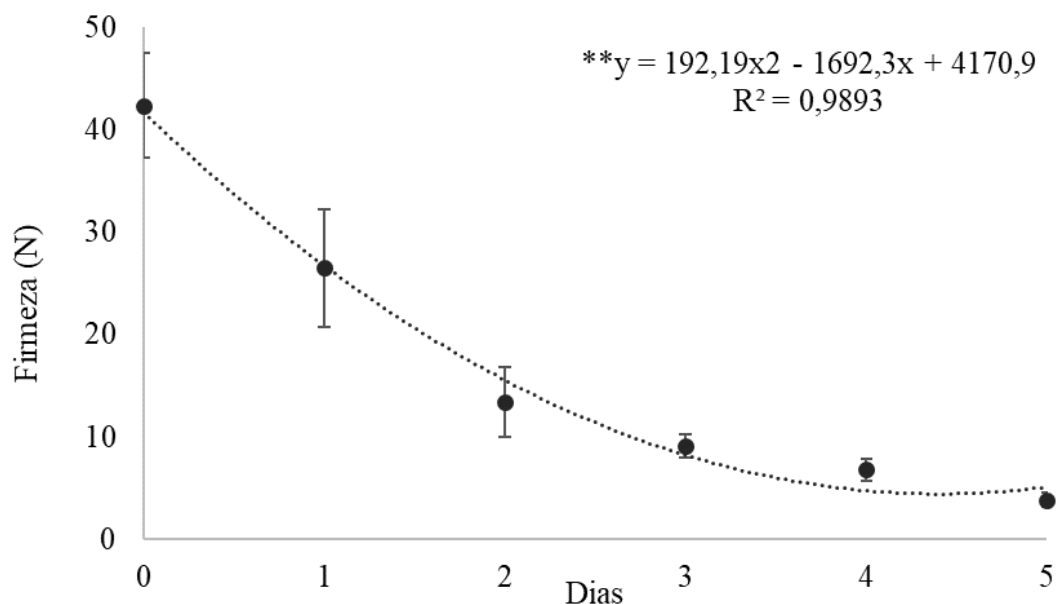
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.2 Firmeza

Os resultados para este parâmetro foram significativos ($P < 0,05$) apenas para a variável dias (Figura 27) e demonstraram comportamento de redução exponencial até o quarto dia com posterior manutenção. A firmeza é um atributo de qualidade muito importante em frutos na pós-colheita. A luz e a temperatura são os principais fatores ambientais que podem induzir alterações internas na parede celular e nos componentes da membrana celular, causando essa perda de turgor (MARTÍNEZ-ZAMORA *et al.* 2022).

Os frutos de cagaitas tiveram declínio de aproximadamente 90% do seu estágio inicial (42,4 N) até o último dia de análise, com firmeza média chegando a 3,9 N. A perda de água devido ao processo fisiológico do fruto, e o déficit de pressão de vapor entre os tecidos do fruto e o meio ambiente, observado neste estudo (Figura 26), é um dos principais sintomas dos processos de senescência que levam à perda de consistência e firmeza do fruto (NTAGKAS, 2020), que ficou evidente principalmente nos últimos dias de armazenamento.

Figura 27 - Firmeza (N) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



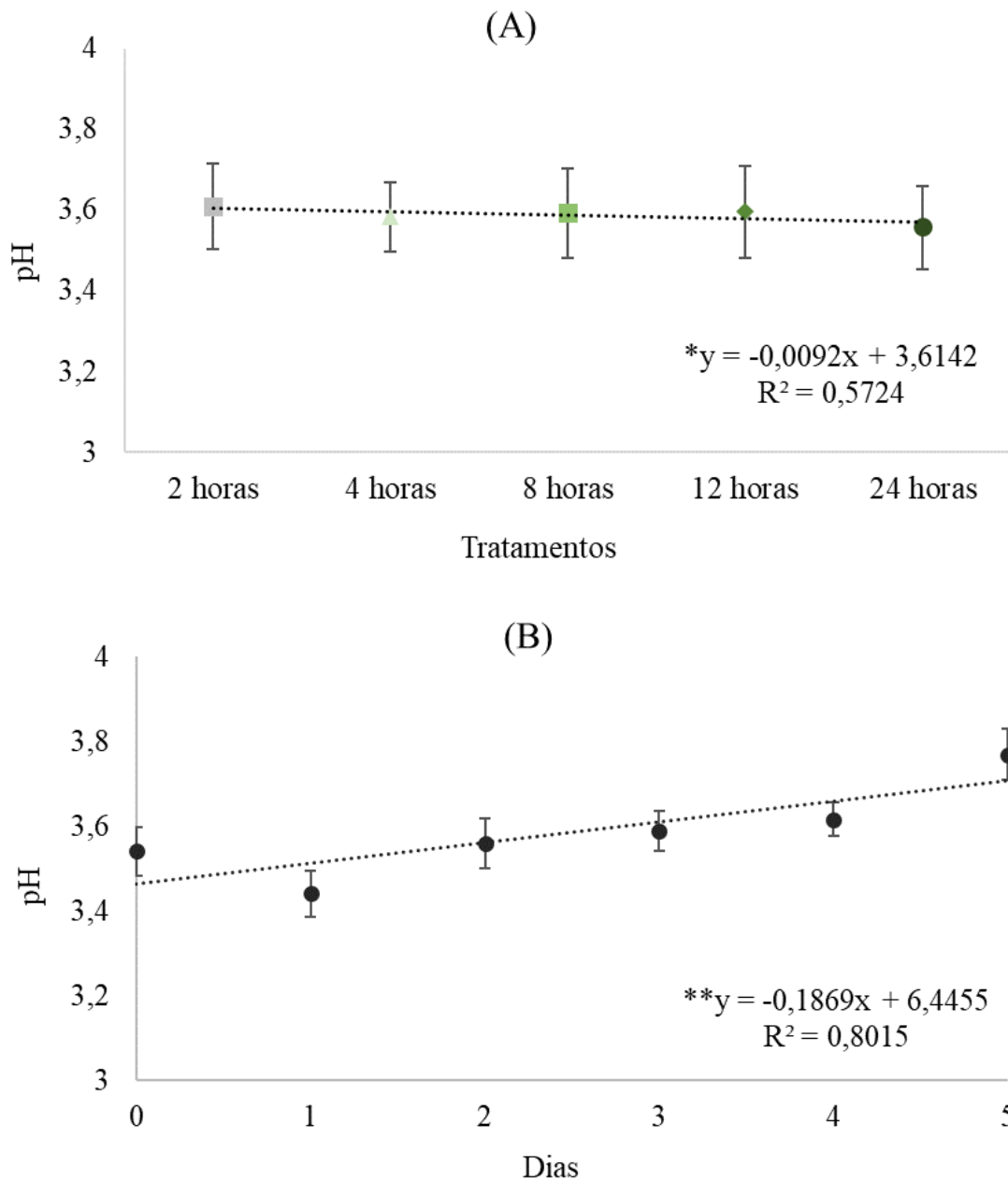
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a análise de pH obteve-se resultados significativos ($P < 0,05$) para tempos de exposição e dias de forma isolada (Figura 28). Para o parâmetro tempos de exposição à luz LED verde (Figura 28A) observou-se ligeira redução linear do pH conforme aumentou o tempo de incidência da luz LED verde. Menores valores de pH representam acidez mais elevada nas frutas, no qual foi constatado nos tratamentos com maiores tempos de exposição diária, principalmente para a aplicação contínua do LED verde, resultado interessante pois a manutenção dos valores em níveis baixos ou estáveis possibilitam maior período de comercialização (GONDIM *et al.*, 2013).

Em relação aos dias (Figura 28B), evidenciou-se aumento linear nos valores de pH dos frutos expostos à luz LED verde do início ($3,54 \pm 0,06$), ao fim do armazenamento ($3,77 \pm 0,06$), proporcionando incremento de aproximadamente 6,1%, comportamento também observado por Terán-Ortiz *et al.* (2013) em seu estudo da avaliação pós-colheita da cagaita. Os valores de pH encontrados neste experimento ficaram entre os encontrados por Camilo (2012) e por Carneiro e Mapeli (2015), que obtiveram valores médios para esse parâmetro de 2,73 e 4,18 respectivamente. O aumento do pH está diretamente relacionado com o decréscimo da acidez, observado no presente estudo (Figura 29), ocorrido com o avanço da maturação dos frutos aumentando, assim, a aceitação do produto (CARNEIRO e MAPELI, 2015).

Figura 28 - Potencial hidrogeniônico (pH) de cagaitas expostas à luz LED verde (A) com diferentes tempos de exposição (2 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) e (B) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



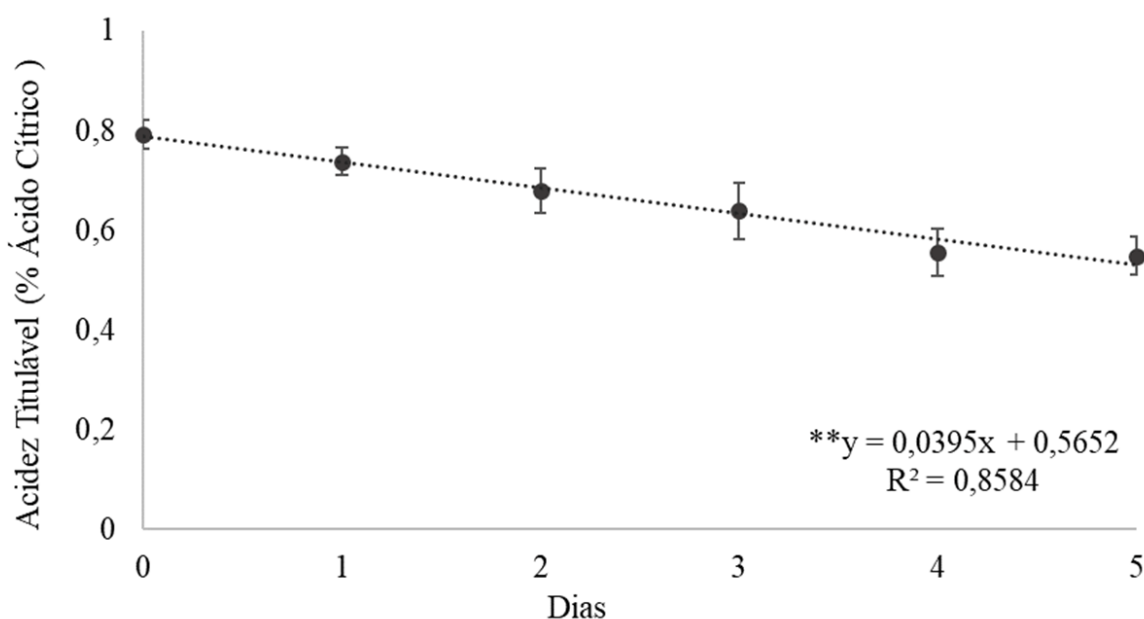
*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.4 Acidez titulável (% ácido cítrico)

No caso da acidez titulável (Figura 29), verificou-se resultado significativo ($P < 0,05$) apenas para a variável dias, notando-se diminuição linear dos valores de acidez titulável ao longo dos 5 dias de armazenamento. Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares, fundamentais para as características de sabor e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis.

Os frutos na colheita (dia 0) apresentaram valor médio de $0,79 \pm 0,03\%$ ácido cítrico, reduzindo cerca de 30,7% até o fim do armazenamento, em que o valor médio de acidez titulável encontrado foi de $0,55 \pm 0,04\%$ ácido cítrico. De acordo com Amancio (2020), a acidez titulável é caracterizada como ácidos livres que estão presentes nos tecidos de frutas e hortaliças, e com a maturação dos frutos há redução da acidez, fato evidenciado para as cagaitas deste experimento.

Figura 29 – Acidez titulável (% ácido cítrico) de cagaitas expostas à luz LED, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.5 Sólidos solúveis (°Brix)

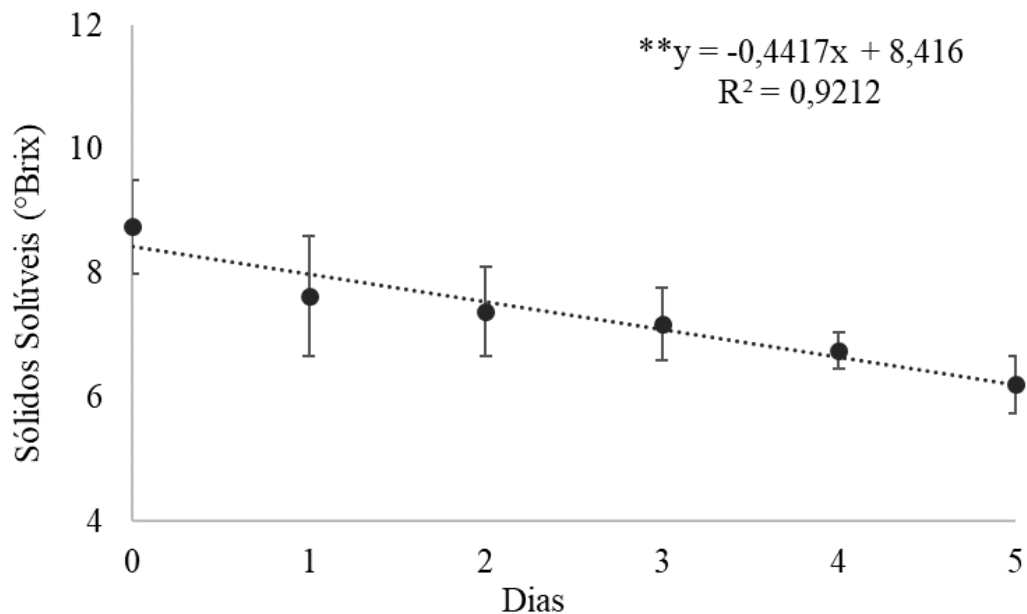
Em relação à análise de sólidos solúveis, obteve-se resultado significativo ($P < 0,05$) apenas para variável dias (Figura 30), onde verificou-se regressão linear dos valores de sólidos solúveis ao longo do armazenamento. Os frutos apresentaram valor médio de $8,75 \pm 0,75$ °Brix no dia inicial e contou com decréscimo aproximado de 30%, finalizando o armazenamento com valor médio de $6,20 \pm 0,46$ °Brix.

A redução do teor de sólidos solúveis é um indicativo do fator de perda de qualidade dos frutos quanto ao sabor, e tal redução pode ser atribuída, em parte à mobilização de sólidos solúveis para a respiração, constituídos principalmente pelos açúcares (glicose, frutose e sacarose), ácidos orgânicos e pectinas solúveis (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2016). Essa redução dada pelo amadurecimento dos frutos foi observada ao longo de todo o armazenamento.

Terán-ortiz *et al.* (2013), em seu estudo avaliando a pós-colheita de cagaitas armazenadas em diferentes embalagens e temperaturas, notaram diminuição nos valores de sólidos solúveis para todos os tratamentos ao longo do experimento. Os valores médios

encontrados pelos autores corroboram com os resultados do presente estudo, onde, o valor médio inicial encontrado foi de 8,60 °Brix e o valor médio no último dia de análise foi de 7,10°Brix.

Figura 30 - Sólidos solúveis (°Brix) de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



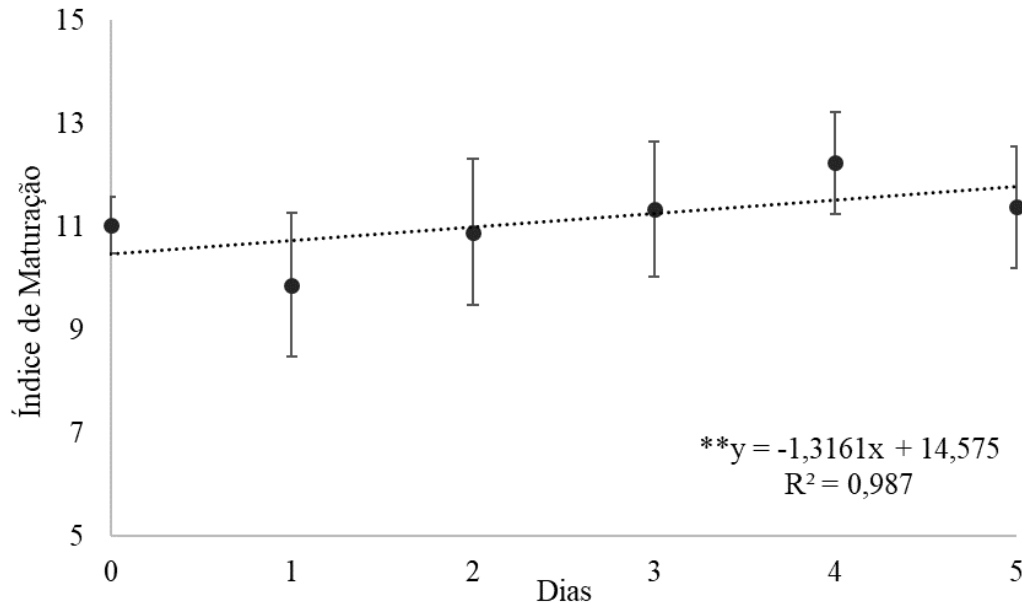
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.6 Índice de maturação

O índice de maturação, definido pela relação sólidos solúveis e acidez titulável é um importante parâmetro de avaliação da qualidade dos frutos, visto que, expressa a boa relação entre os açúcares e ácidos presentes na polpa dos frutos, utilizado como indicador do estágio de maturação, e quanto maior essa relação, maior será sua maturação e melhor seu sabor pelo balanço entre o doce e o ácido (SANCHES *et al.*, 2017). Para os frutos de cagaitas observou esse aumento do índice de maturação (Figura 31) ao longo dos dias de armazenamento. Em relação aos tempos de exposição à luz LED verde e interação dos fatores não se obteve resultados significativos estatisticamente ($P > 0,05$).

No primeiro dia de análise o valor médio encontrado para a relação SS/AT foi de $11,03 \pm 0,55$ e constatou-se aumento linear nos resultados dessa análise, principalmente até o quinto dia de armazenamento (6º dia de análise), em que, o valor médio encontrado foi de $12,23 \pm 0,98$. Esses valores foram superiores ao relatado por Sobral (2023), que em seu estudo de caracterização pós-colheita de frutas do cerrado encontrou valor médio de 7,32 para essa análise.

Figura 31 - Índice de maturação de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.7 Luminosidade

Para a análise de luminosidade encontrou-se resultados significativos ($P < 0,05$) na interação dias e tempos de exposição (Figura 32), sendo verificado aumento linear para todos os tratamentos ao longo do armazenamento, visto que as cagaitas armazenadas em maiores tempos de exposição ao LED verde (8, 12 e 24 horas) tiveram os maiores valores e tendência similar do início ao fim do experimento. O valor inicial observado para esse parâmetro foi de $49,89 \pm 1,60$ e as diferenças entre os tratamentos foram mais visíveis após o terceiro dia de armazenamento, principalmente para os maiores tempos (8, 12 e 24 horas de exposição), finalizando com valores médios de $63,04 \pm 1,44$, $63,48 \pm 5,42$ e $64,07 \pm 1,80$, respectivamente.

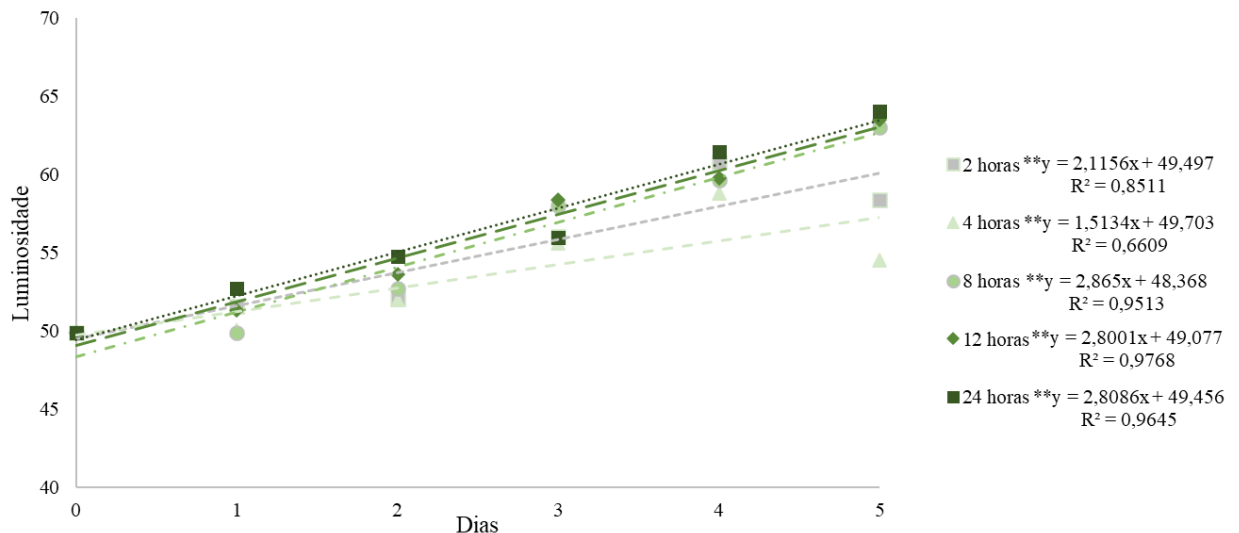
Frutos armazenados em 4 e 2 horas de exposição finalizaram o armazenamento com valores médios de $54,33 \pm 0,44$ e $58,40 \pm 1,44$, respectivamente, sendo os tempos com menores acréscimos de luminosidade, principalmente o tratamento de 4 horas, com apenas 8% de elevação, contra os 14% de acréscimo obtido pelos frutos expostos a 24 horas.

Kolaji *et al.* (2019) em seu trabalho com cerejas armazenadas sob exposição de luz LED não encontraram resultados interessantes para exposição contínua, apresentando menores ganhos em relação aos demais tratamentos. Já Büchert *et al.* (2011), em seu estudo com brócolis observaram maior manutenção da luminosidade dos brócolis armazenados em exposição contínua de luz LED em relação aos brócolis mantidos no escuro.

A aparência visual das frutas é um dos atributos mais importantes para comercialização, considerando que a luminosidade é um indicativo da intensidade das cores correspondendo ao

claro (valores próximos de 100) e escuro (valores próximos de 0) e está associada ao frescor da fruta (SCHIAVON *et al.*, 2021), entende-se que os tratamentos com maiores tempos de exposição tiveram influência positiva no armazenamento de cagaitas para esse parâmetro.

Figura 32 - Luminosidade de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



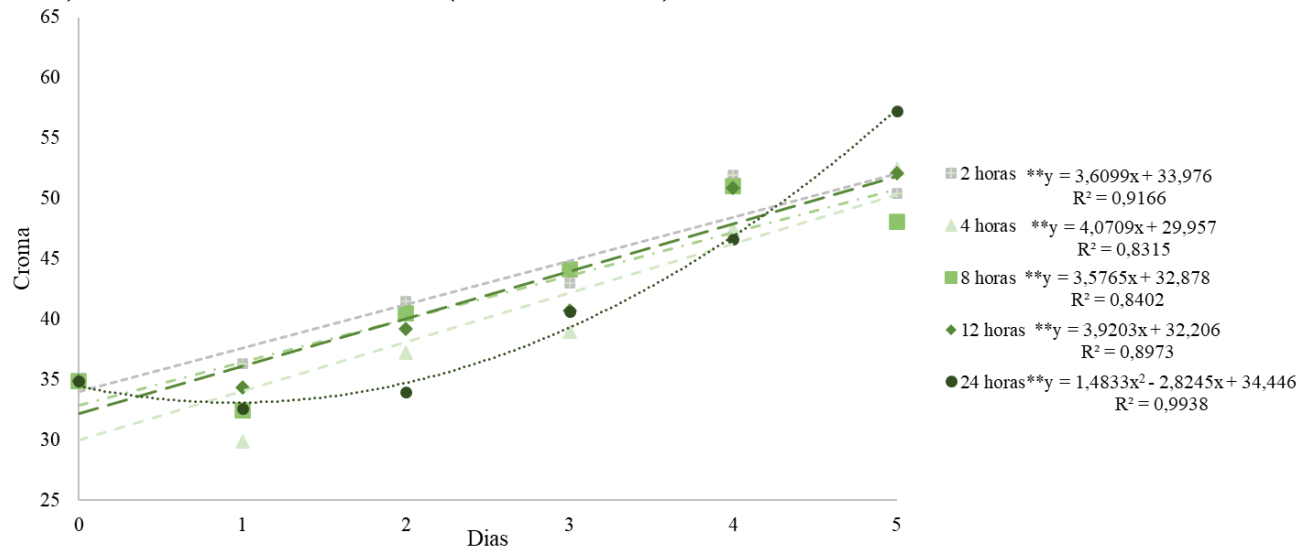
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023)

4.2.8 Croma

Em relação ao croma obteve-se resultados significativos ($P < 0,05$) na interação dos fatores tempos de exposição e dias (Figura 33), sendo que essa variável representa a saturação das cores, quanto maior o valor, mais pura é a cor (SCHIAVON *et al.*, 2021). Resultado este evidenciado no experimento ao longo do armazenamento, para todos os tratamentos, sendo que os tempos de 2, 4, 8 e 12 horas de exposição obtiveram comportamento linear e similar, e apenas a exposição contínua à luz LED verde apresentou aumento exponencial nesse parâmetro, principalmente a partir do 3º dia de análise.

Conforme a literatura, o aumento nos valores de croma indica incremento na tonalidade de cor do fruto (KOLAJI *et al.*, 2019, RINALDI *et al.*, 2017), neste aspecto o valor médio inicial para essa análise foi de $34,86 \pm 2,44$, nas condições deste experimento, enquanto o tempo de 24 horas de exposição apresentou maior elevação dessa variável, finalizando o armazenamento com croma médio de $57,25 \pm 1,84$. Os valores obtidos de croma, nesse experimento, corroboram com o estudo de Souza *et al.* (2020), armazenando cagaitas submetidas à radiação UV-C, que encontraram valores entre 40 e 60 durante todo o armazenamento.

Figura 33 - Croma de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



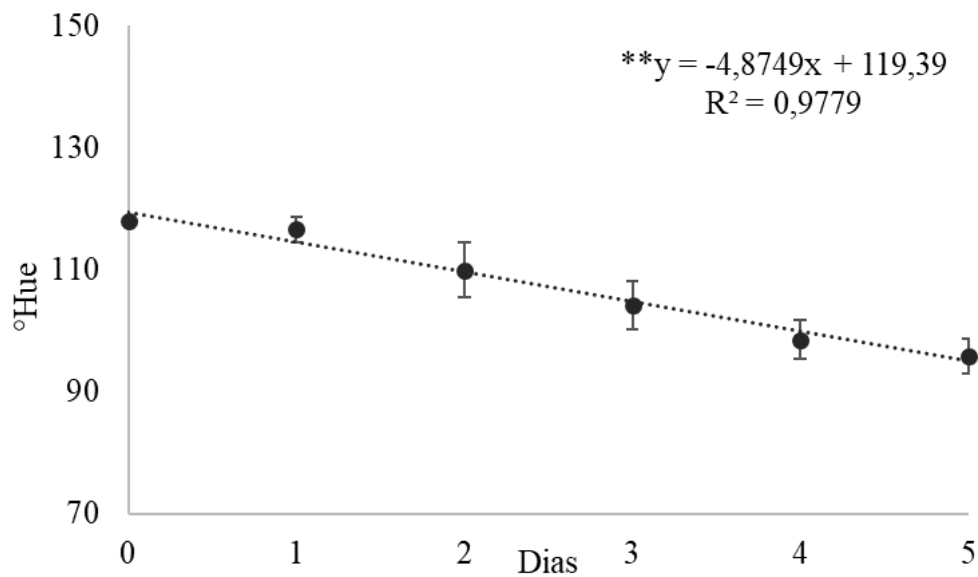
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2.9 °Hue

Para o parâmetro °Hue encontrou-se resultados significativos ($P < 0,05$) apenas para variável dias (Figura 34). Notou-se que no começo do experimento o valor médio foi de $117,97 \pm 1,04$ °Hue e ao longo do armazenamento observou-se regressão linear nos valores, onde, no último dia de análise as cagaitas apresentaram valor médio de $95,84 \pm 2,85$ °Hue, sendo que maiores valores de °Hue indicam coloração esverdeada da epiderme, e, quanto mais próximo de 90° mais amarelo está a cor aparente do fruto conforme relatado por Ferreira e Spricigo (2017).

A redução nos valores do °Hue das cagaitas se deu pelo fato dos frutos terem sido colhidos em seu estágio de maturação fisiológica caracterizado pela cor verde claro, e finalizando seu armazenamento com cor amarelo, as alterações na cor do fruto se dá pela perda de clorofila nos cloroplastos, manifestando carotenoides de coloração amarela, quando o fruto atingiu seu amadurecimento (SILVA, 2016).

Figura 34 - °Hue de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



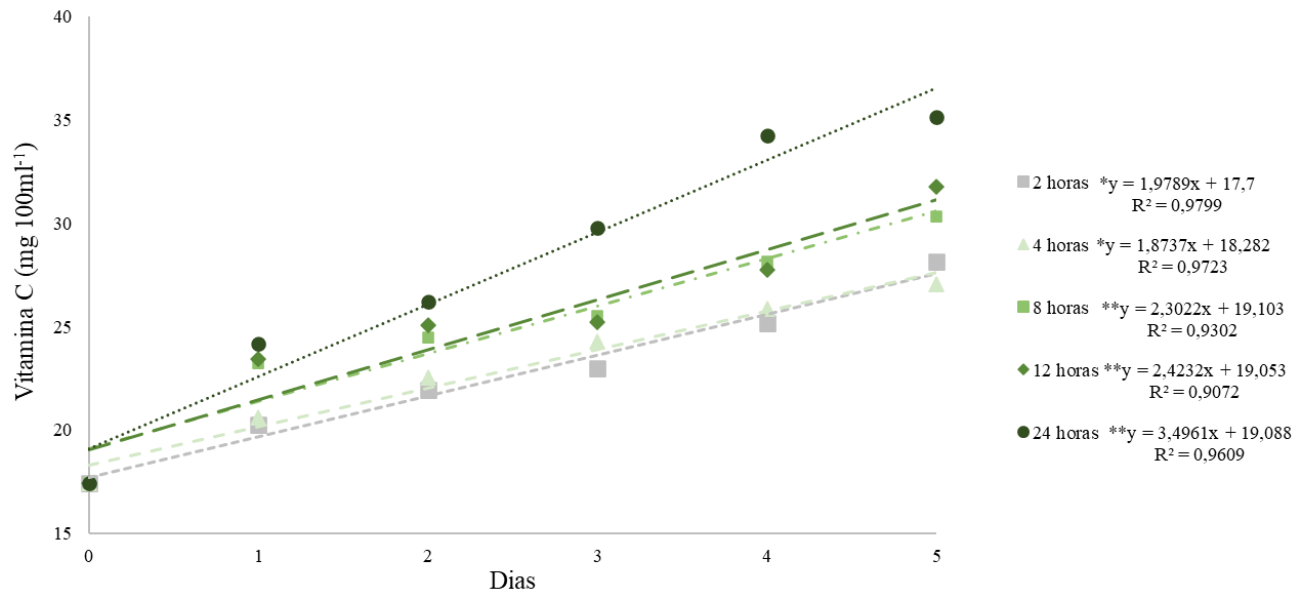
**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2.10 Vitamina C (ácido ascórbico)

Em relação à análise de vitamina C, obteve-se resultados significativos para interação dos fatores tempo de exposição dias (Figura 35), em que, observou-se aumento linear neste teor até o quinto dia de armazenamento para todos os tratamentos, ocorrendo elevação junto com o amadurecimento da cagaita e conforme o aumento do tempo de exposição, sendo que, os maiores teores foram observados para exposição contínua de luz LED verde. Da mesma forma, Huang *et al.* (2018) em seu trabalho com armazenamento de bananas sob diferentes cores de luzes de LED ressaltaram que os acúmulos de ácido ascórbico foram aumentados pela exposição à luz LED, e que, além disso, a iluminação pode evocar alterações fotooxidativas, o que levou ao aumento do teor de ácido ascórbico.

O valor médio inicial de ácido ascórbico foi de $17,42 \pm 0,60$ mg 100ml⁻¹ para os frutos armazenados em exposição contínua de luz LED verde (24 horas) que apresentaram elevação desde 1º dia de armazenamento e apresentou ao final do experimento $35,15 \pm 2,82$ mg 100ml⁻¹ de vitamina C. Kim *et al.* (2011) em seu estudo com morangos armazenados com iluminação de LED relataram que o teor de vitamina C foi de 54,28 mg 100 g⁻¹ imediatamente após a colheita e em 4 dias de armazenamento foi de 78,70 mg 100g⁻¹ para os frutos armazenados e expostos a luz LED, superior ao grupo de controle (escuro) com 71,64 mg100g⁻¹.

Figura 35 – Vitamina C (mg 100⁻¹) de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



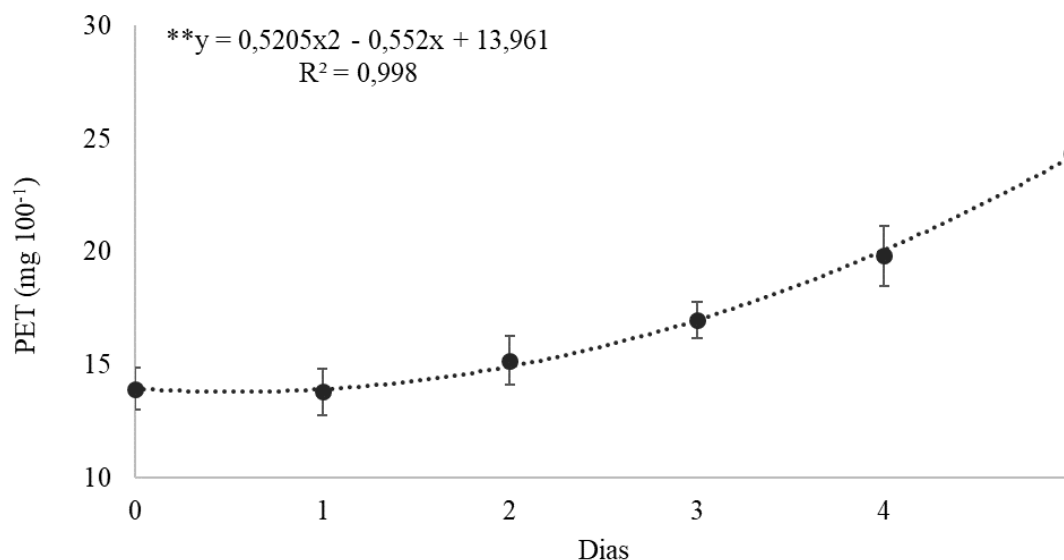
*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2.11 Polifenóis extraíveis totais (PET)

Em relação aos polifenóis extraíveis totais (PET) obteve-se resultado significativo ($P < 0,05$) apenas para dias (Figura 36). Nesse aspecto, verificou-se aumento exponencial dos valores de PET, principalmente a partir do segundo dia de análise. A média inicial para essa análise foi de $13,96 \pm 0,94$ mg 100 g⁻¹ e ocorreu elevação de aproximadamente 43%, terminando o experimento com valor médio de $24,34 \pm 1,48$ mg 100 g⁻¹.

Araújo *et al.* (2022) em seu estudo com armazenamento de cagaitas submetidas à luz UV-C também notaram incremento nos teores de compostos fenólicos e valores médios semelhantes, em que observaram média inicial de $13,48$ mg 100 g⁻¹ e final de $25,51$ mg 100 g⁻¹. O incremento dos teores de PET encontrado é interessante, pois estes compostos são altamente desejáveis uma vez que podem contribuir para prolongar a vida útil e manter a qualidade dos frutos e vegetais (RIBEIRO *et al.*, 2012).

Figura 36 - Polifenóis extraíveis totais (PET, mg 100g⁻¹) de cagaitas expostas à luz LED verde, durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2.12 Atividade antioxidante (ABTS)

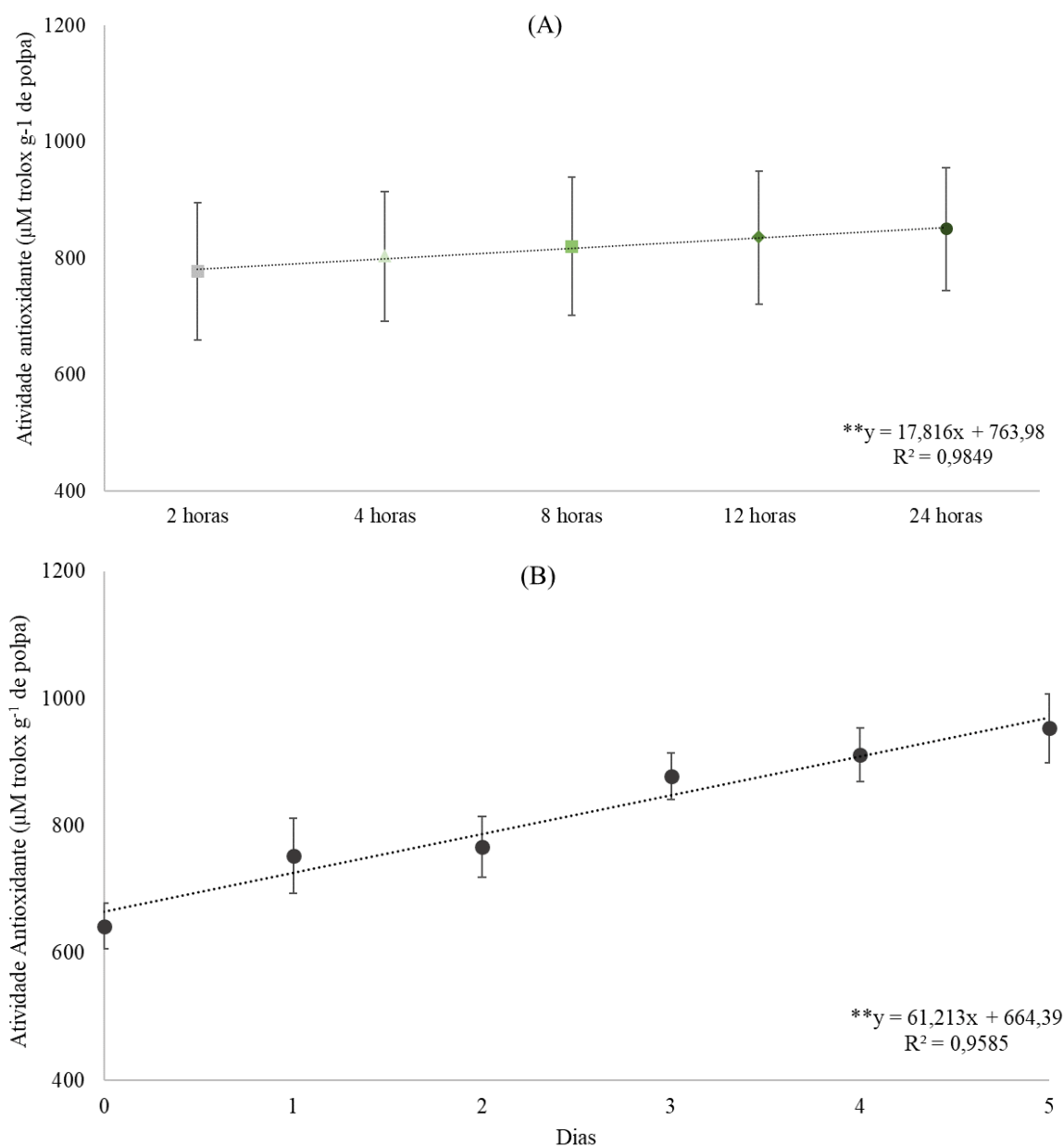
Os resultados para o parâmetro atividade antioxidante pelo método ABTS (Figura 37) apresentaram significância ($P < 0,05$) de forma isolada para os tempos de exposição a luz LED e dias. De acordo com a Figura 37A, verificou-se aumento linear na atividade antioxidante das cagaitas conforme aumentou o tempo de exposição à luz LED verde, sendo que os valores médios de atividade antioxidante encontrados foram de $777,42 \pm 117,22$, $803,54 \pm 111,46$, $820,25 \pm 118,89$, $835,29 \pm 114,71$ e $850,62 \pm 105,50$ μM trolox g^{-1} de polpa para as cagaitas armazenadas e expostas ao LED por 2, 4, 8, 12 e 24 horas, respectivamente. Assim, constatou-se diferença de 8,61% entre os tratamentos com exposição por 2 horas e 24 horas.

Castillejo *et al.* (2021), em seu trabalho com brócolis minimamente processado armazenados sob diferentes comprimentos de onda de LED observaram que a exposição contínua ao LED, independente do comprimento de onda, resultou em incremento da atividade antioxidante (ABTS). De acordo com Rotili *et al.* (2013), a atividade antioxidante em frutos é decorrente da ação de uma variedade de compostos que são degradados ou sintetizados durante o armazenamento, em resposta a estresses bióticos e abióticos, e nas condições deste experimento, além dos dias de armazenamento, essa ação foi influenciada pelo tempo de exposição das cagaitas ao LED, quanto maior o tempo de exposição maior a atividade antioxidante.

Em relação a Figura 37B, as cagaitas apresentaram aumento linear da atividade antioxidante pelo método ABTS ao longo dos 5 dias de armazenamento. O valor médio inicial de atividade antioxidante foi de $642,5 \pm 35,70$ μM trolox g^{-1} de polpa e observou-se aumento de

32,60% até o último dia de análise, em que encontrou-se valor médio de $953,30 \pm 54,45 \mu\text{M}$ trolox g^{-1} de polpa. Esse aumento da atividade antioxidante foi concordante com a elevação encontrada na variável de polifenóis extraíveis totais (Figura 33), devido aos compostos fenólicos serem conhecidos por sua grande capacidade antioxidativa (SANTOS *et al.*, 2018).

Figura 37 – Atividade antioxidante (ABTS, μM trolox g^{-1}) de cagaitas expostas à luz LED verde (A) com diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) e (B) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

4.2.13 Atividade antioxidante (DPPH)

A Figura 38 demonstra redução linear para a atividade antioxidante pelo método DPPH para todos os tempos de exposição em relação ao dia inicial. O valor médio inicial encontrado

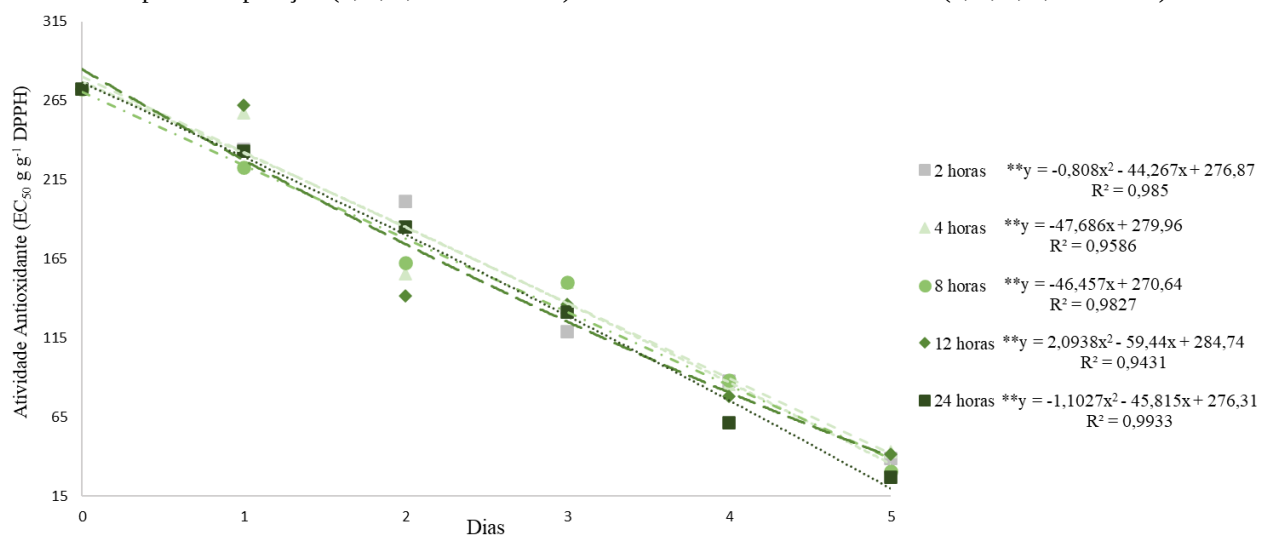
foi de $272,5 \pm 20,91$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH e todos os tratamentos apresentaram mais de 84% de redução nos valores dessa análise.

O radical DPPH é um radical livre estável por apresentar um elétron livre em sua molécula, quando o DPPH interage com os antioxidantes acabam neutralizando-se, devido à transferência de átomos de hidrogênio ou elétrons para o radical (NAIK *et al.*, 2003). Dessa forma, verificou-se que a exposição contínua de luz foi mais eficiente que os demais tempos de exposição na neutralização de 50% do radical DPPH e apresentaram maior atividade antioxidante no final do armazenamento, com valor de $27,00 \pm 6,68$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH.

Resultado este importante e quando comparado com outras frutas, submetidas a análise de atividade antioxidante pelo método DPPH, apresentou maior atividade antioxidante que o vacuum ($160,36 \pm 39,28$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH), pitanga ($159,26 \pm 32,83$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH), cereja ($40,51 \pm 1,56$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH), morango ($35,15 \pm 0,66$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH) e amora ($58,10 \pm 3,75$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH) e também menor atividade antioxidante que o mirtilo ($12,80 \pm 0,28$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH), abacaxi ($12,38 \pm 0,05$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH) e jabuticaba ($13,05 \pm 0,11$ EC₅₀ g g⁻¹ DPPH) (COLPO, 2015; FRITSCH *et al.*, 2015; BORGES *et al.*, 2020).

Estudos mostram resultados parecidos em relação ao comportamento encontrado neste trabalho, em que morangos armazenados sob exposição de luz verde, obtiveram maior aumento da atividade antioxidante (KANAZAWA *et al.* 2014), pimentas armazenadas com luz LED vermelho e azul, apresentaram aumento na atividade antioxidante em relação ao tratamento controle (PÉREZ-AMBROCIO *et al.*, 2018) e comportamentos semelhantes foram relatados para brócolis minimamente processados usando tratamento com luz verde (JIN *et al.* 2015) e morangos com luz azul (XU *et al.*, 2014).

Figura 38 – Atividade antioxidante (DPPH, EC₅₀ g g⁻¹ DPPH) de cagaitas expostas à luz LED verde em diferentes tempos de exposição (2, 4, 8, 12 e 24 horas) durante 5 dias de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias).



**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Fonte: Autor (2023).

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que para o primeiro experimento que a luz LED verde promoveu maior elevação nas variáveis sólidos solúveis, luminosidade, croma, vitamina C e atividade antioxidante pelo método DPPH, além de ter ocasionado a maior manutenção no parâmetro pH no período avaliado, promovendo efeitos benéficos nas características físicas, físico-químicas e bioativas da cagaita.

Em relação a conservação pós-colheita verificou-se que até o quinto dia os frutos mantiveram as características adequadas após a colheita, independente dos tratamentos aplicados.

E no caso do segundo experimento foi comprovado que o maior tempo de exposição (exposição contínua a luz LED) ocasionou maior elevação nos parâmetros luminosidade, croma, vitamina C e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH.

Ademais, vale ressaltar que ainda é escasso os estudos sobre o armazenamento pós-colheita de frutas do cerrado, além de que a utilização do LED no armazenamento de frutas no geral é um estudo recente. Dessa forma os resultados destes experimentos são os primeiros passos para outras pesquisas futuras com a cagaita associada a essa técnica onde várias condições podem ser estudadas e otimizadas.

REFERÊNCIAS

- ACHKAR, Marina Teixeira; NOVAES, Gabriela Machado; SILVA, Marcelo José Dias; VILEGAS, Wagner. **Propriedade antioxidante de compostos fenólicos: Importância na dieta e na conservação de alimentos**. Três corações: Revista da Universidade Vale do Rio Verde, 2013. 9p.
- ALMEIDA, Edivaldo Barbosa; CHAVES, Lázaro José; SOARES, Thaynara Nascimento. **Caracterização genética de uma coleção de germoplasma de cagaiteira, uma espécie nativa do cerrado**. Campinas: Bragantia, 2014. 7p.
- AMANCIO, Diana Ferreira. **Efeito da aplicação de coberturas comestíveis na conservação de tomates italianos (*Solanum lycopersicum* L.) 'Ravena' in natura**. 2020. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.
- ANDRADE JÚNIOR, Valter C.; GUIMARÃES, Amanda; AZEVEDO, Alcinei; PINTO, Nísia; FERREIRA, Marcos. **Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento**. Brasília: Horticultura Brasileira, 2016. 7 p.
- ARAÚJO, Kari Katiely Souza; MORGADO, Cristiane Maria Ascari; VESPUCCI, Igor Leonardo; SILVA, Flávio Alves; CAMPOS, André José. **Caracterização pós-colheita de cagaitas submetidas a radiação UV-C**. Concilium, 2022. 15 p.
- ARMESTO, Jorge; GÓMEZ-LIMIA, Lúcia; CARBALLO, Javier; MARTÍNEZ, Sidonia. **Effects of different cooking methods on the antioxidant capacity and flavonoid, organic acid and mineral contents of Galega Kale (*Brassica oleracea* var. *acephalacv.* Galega)**. International Journal of Food Sciences and Nutriti, 2019. 14 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington: AOAC, 2016. 20 ed.
- AZUMA, Akifumi; YAKUSHIJI, Hiroshi; SATO, Akihiko. **Postharvest light irradiation and appropriate temperature treatment increase anthocyanin accumulation in grape berry skin**. Japão: Postharvest Biology and Technology, 2019. 11p.
- BANTIS, Filippou; SMIRNAKOU, Smirnakou; OUZOUNIS, Theoharis; KOUKOUNARAS, Athanasios; NTAGKAS, Ntagkas; RADOGLIOU, Kalliopi. **Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs)**. Scientia Horticulturae, 2018. 15p.
- BENASSI, Marta de Toledo.; ANTUNES, Aloísio José. **A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables**. Curitiba: Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 1998. 7p.
- BRAGA-FILHO, Juracy Rocha; NAVES, Ronaldo Veloso; CHAVES, Lázaro José; SOUZA, Eli Regina Barboza; MAZON, Luciene Teixeira; SILVA, Luciana Borges. **Germinação de Sementes e emergência de plântulas de araticum oriundos do cerrado de Goiás**. Uberlândia: Revista Bioscience Journal, 2014. 5p.

BRANAS, Christian; AZCONDO, Francisco; ALONSO, Marcos. **Solid-state lighting: A system review**. Industrial Electronic Magazine, 2013. 9p.

BRAZ, Aline Jordane; NASCENTE, Letícia de Paula; CORRÊA, Nayara Canedo; ROCHA, Rodrigo de Almeida; SOUZA, Eli Regina Barboza; SIQUEIRA, Ana Paula Silva. **Influence of coverage based on biopolymers on the maturation of cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Cassilândia: Revista de Agricultura Neotropical, 2020. 4p.

BRITO, Maria Aparecida; PEREIRA, Elaine; PEREIRA, Ailton; RIBEIRO, José Felipe. **Cagaita: biologia e manejo**. 1.ed. Planaltina: Embrapa, 2003. 80p.

CAMILO, Yanuzi Mara Vargas. **Avaliação de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.) cultivadas no município de Goiânia, GO**. 2015. 158f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

CAMILO, Yanuzi Mara Vargas; SOUZA, Eli Regina Barboza de; VERA, Rosângela; NAVES, Ronaldo Veloso. **Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Dracena: Científica. 2014. 10p.

CAMILO, Yanuzi Mara Vargas; SOUZA, Eli Regina Barboza; VERA, Rosângela; NAVES, Ronaldo Veloso. **Fenologia, produção e precocidade de plantas de *Eugenia dysenterica* visando melhoramento genético**. Lisboa: Revista de Ciências Agrárias, 2013. 7 p.

CARDOSO, Leandro de Moraes; MARTINO, Hércia Stampini Duarte; MOREIRA, Ana Vlândia Bandeira; RIBEIRO, Sônia Machado Rocha; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria Pinheiro. **Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins**. Essex: Food Research International, 2011. 4p.

CASTILLEJO, Noelia; MARTÍNEZ-ZAMORA, Lorena; GÓMEZ, Perla A.; PENNISI, Giuseppina; CREPALDI, Andrea; FERNANDÉZ, Juan A.; ORSINI, Francesco; ARTÉS-HERNÁNDEZ, Francisco. **Postharvest LED lighting: effect of red, blue and far red on quality minimally processed broccoli sprouts**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020. 10p.

CASTRICINI, Adriane; OLIVEIRA, Polyanna Mara; COELHO, Eugenio Ferreira; SANTOS, Miquéias Gomes; RODRIGUES, Maria Giralda Vilela; MARTINELLI, Maristella. **Manejo da irrigação na qualidade pós-colheita de bananas tipo prata**. Atenas: Water Resources and Irrigation Management, 2018. 13p.

COUTO, Meylene Aparecida Luzia; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin. **Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas**. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2010. 5p.

DHAKAL, Radhika; BAEK, Kwang-Hyun. **Metabolic alternation in the accumulation of free amino acids and γ - aminobutyric acid in postharvest mature green tomatoes following irradiation with blue light**. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2014. 6p.

DIAS, Tatiane Cristelli; MOTA, Wagner Ferreira; OTONI, Bruno da Silva; MIZOBUTSI, Gisele Polete; SANTOS, Marcos Gleidson Pereira. **Conservação pós-colheita de mamão Formosa com filme de PVC e refrigeração**. Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2011. 5p.

D'SOUZA, Craig; YUK, Hyun-Gyun; KHOO, Gek Hoon; ZHOU, Weibiao. **Application of Light-Emitting Diodes in Food Production, Postharvest Preservation, and Microbiological Food Safety**. Chicago: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2015. 22p.

DURIGAN, José Fernando. **Pós-colheita de frutas**. Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2013. 1p.

DZAKOVICH, Michal P.; GÓMEZ, Celina; MITCHELL, Cary A. **Tomatoes Grown with Light-emitting Diodes or High-pressure Sodium Supplemental Lights have Similar Fruit-quality Attributes**. HortScience horts, 2015. 5p.

FERREIRA, Danielle Cristine Mota; MOLINA, Gustavo.; PELISSARI, Franciele Maria. **Efeito de Revestimento comestível de amido de mandioca e farinha de babaçu (*Orbignya phalerata*) na qualidade de frutos do Cerrado brasileiro**. Nova Iorque: Food and Bioprocess Technology, 2020. 8p.

FRAGA, Layane Nascimento. **Compostos bioativos, capacidade antioxidante e citotoxicidade da casca e polpa da pitomba (*Talisia esculenta* (ST. HIL.) RALDK)**. 2018. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

GARCÍA-BETANZOS, Claudia Idalid; HERNÁNDEZ-SANCHEZ, Humberto; BERNAL-COUOH, Tanía Florencia; QUINTANAR-GUERRERO, David; ZAMBRANO-ZARAGOZA, María de la Luz. **Physicochemical, total phenols and pectin methylesterase changes on quality maintenance on guava fruit (*Psidium guajava* L.) coated with candeuba wax solid lipid nanoparticles-xanthan gum**. Food Research International, 2017. 44p.

GUPTA, S. Dutta; JATOTHU, B. **Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis**. Plant Biotechnology Reports, 2013. 10p.

HU, Linping; YANG, Can; ZHANG, Lina; FENG, Jing; XI, Wanpeng. **Effect of Light Emitting Diodes and Ultraviolet Irradiation on the Soluble Sugar, Organic Acid, and Carotenoid Content of Postharvest Sweet Oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)**. Bethesda: Moléculas, 2019. 15p.

HUANG, J. Y.; XU, F.; ZHOU, W. **Effect of LED irradiation on the ripening and nutritional quality of postharvest banana fruit**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018. 8p.

JACOMINO, Angelo Pedro; GALLON, Camilla Zanotti; DIAS, Ianesmara Soares; PEREIRA, Walter Sergio Pinto. **Characterization and occurrence of early softening disorder in 'golden' papaya fruits**. Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2010. 6p.

KIM, Byeong Sam; LEE, Hye Ok; KIM, Ji Young; KWON, Ki Hyun; CHA, Hwan Soo; KIM, Jong Hoon. **An effect of light emitting diode (LED) irradiation treatment on the amplification of functional components of immature strawberry.** Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2011. 5p.

KIM, Y.H; PARK, H. S.; **Graft-taking characteristics of watermelon grafted seedlings as affected by blue, red and far-red lightemitting diodes.** Jeonju: Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, 2003. 6p.

LAND, Lucas Ribeiro Braz; BORGES, Florença Maria; BORGES, Danielle Oliveira; PASCOAL, Grazieli Beneditti. **Proximate composition, bioactive compounds and physico-chemical parameters of mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc) from Cerrado Mineiro.** Rio de Janeiro: Demetra: food, nutrition & health, 2017. 10p.

LOI, Martina; VILLANI, Alessandra; PACIOLLA, Francesco; MULÉ, Giuseppina; PACIOLLA, Constantino. **Challenges and Opportunities of Light-Emitting Diode (LED) as key to modulate antioxidant compounds in plants.** A review. Antioxidants, 2021. 35p.

MANDAL, Debashis; LALRINCHHANI. **Light emitting diode and its application in pre and postharvest horticulture: A Review.** India: Crop Research, 2021. 15p.

MARTINS, Heberth Diego; PERFEITO, Danielle Godinho de Araújo; SILVA, Anderson Rodrigo; PEIXOTO, Nei. **Caracterização e estudo da estabilidade física de suco adoçado de mangaba e cagaita.** Cassilândia: Revista de Agricultura Neotropical, 2017. 7p.

MARINOTTO, Cristiano; PAIVA, Renato; SOARES, Fernanda Pereira; SANTOS, Breno Régis; NOGUEIRA, Raírys Nogueira. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.).** 2008. Boletim Técnico (Departamento de Biologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARTINOTTO, Cristiano. **Cultivo in vitro e aspectos morfofisiológicos de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.).** 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MARTINOTTO, Cristiano; PAIVA, Renato; SOARES, Fernanda Pereira; SANTOS, Breno Régis; NOGUEIRA, Raírys Cravo. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.).** Lavras: Editora UFLA, 2008. 22p.

MAROGA, Gludia; SOUNDY, Puffy; SIVAKUMAR, Dharini. **Different postharvest responses of fresh-cut sweet peppers related to quality and antioxidant and phenylalanine ammonia lyase activities during exposure to light-emitting diode treatments.** África do Sul: Foods, 2019. 17p.

MITCHELL, N.; ELJACH, C.; LODGE, B.; SHARP, J. L.; DESJARDINS, M. S.; KENNEDY, M. S.; **Single and reciprocal friction testing of micropatterned surfaces for orthopedic device design.** Massachusetts: Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2011. 10p.

MORZELLE, Maressa Caldeira; BACHIEGA, Patricia; SOUZA, Ellen Cristina; VILAS BOAS, Eduardo Valério de Barros; LAMOUNIER, Marina Leopoldina. **Caracterização**

química e física de frutos de Curriola, Gabiroba e Murici provenientes do Cerrado brasileiro. Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2015. 8p.

NARDELLI, Andrei; DEUSCHLE, Eduardo; AZEVEDO, Letícia Dalpaz; PESSOA, João Lourenço Novaes; GHISI, Enedir. **Assessment of Light Emitting Diodes technology for general lighting: A critical review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. 12p.

NASSAWARA, Sanusi Shamsudeen; ABDELSHAFY, Asem Mahmoud; XU, Yanqun; LI, Li; LUO, Zischeng. **Effect os Light-Emitting Diodes (LEDs) on the Quality of Fruits and Vegetables During Postharvest Period: a Review.** Nova Iorque: Food and Bioprocess Technology, 2020. 27p.

NAVES, Ronaldo Veloso; BORGES, Jácomo Divino; CHAVES, Lázaro Chaves. **A Cagaiteira.** Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2002. 8p.

NEVES, Leandro Camargo; TOSIN, Jéssica Milanez; BENEDETTE, Ronaldo Moreno; CISNEROS-ZEVALOOS, Luis. **Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region.** Food Chemistry, 2015. 9p.

NOLETO, Adrielly Rodrigues; GUIMARÃES, Ana Paula Nogueira; MENDONÇA, Mariana Caetano; GONÇALVES, Maria Assima Bittar; SILVEIRA, Miriam Fontes Araújo; SOUZA, Adriana Regia Marques. **Conhecimento da população sobre frutos nativos do Cerrado brasileiro.** Research, Society and Development, 2022. 9p.

NTAGKAS, Nikolaos; VOS, Ric; WOLTERING, Ernst; NICOLE, Celine; LABRIE, Caroline; MARCELIS, Leo. **Modulation of the tomato fruit metabolome by LED light.** Metabolites, 2020. 19p.

ONIAS, Elny Alves; ARAÚJO, Railane Hérica Carlos Rocha; FERREIRA, Ana Paula Nunes; OLIVEIRA, Agda Malany Forte; TEODOSIO, Albert Einstein Mathias Medeiros; SARMENTO, Diogenes Henrique Abrantes; ALVES, Kalinny Araújo; QUEIROGA, Thais Batista. **Genotype characterization of pomegranate trees grown in Tabuleiro de Russas – CE.** Curitiba: Brazilian Journal of Development, 2021. 15p.

OSHIRO, Ayd Mary; DRESCH, Daiane Mugnol; SCALON, Silvana de Paula Quintão. **Preservação de goiabas Pedro Sato armazenadas sob atmosfera modificada em refrigeração.** Lisboa: Revista de Ciências Agrárias, 2012. 8p.

PAIK, Inyup; HUQ, Enamul. **Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks.** Seminars in Cell & Development Biology, 2019. 8p.

PEDROCHI, Franciana; SILVA, Hellen Barros Lopes; SANTOS, Leonardo Hunaldo; NETO, Otávio Cândido da Silva; HUNALDO, Virlane Kelly Lima. **Estudo do amadurecimento de Carica Papaya utilizando lâmpadas de cultivo.** São José dos Pinhais: Brazilian Journal of Development, 2023. 22p.

PENNISI, Giuseppina; ORSINI, Francesco; CASTILLEJO, Noelia; GÓMEZ, Perla A.; CREPALDI, Andrea; FERNANDÉZ, Juan A.; EGEA-GILABERT, Catalina; ARTÉS-HERNANDEZ, Francisco; GIANGUINTO, Giorgio. **Spectral composition from led**

lighting during storage affects nutraceuticals and safety attributes of fresh-cut red chard (*Beta vulgaris*) and rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) leaves. Postharvest Biology and Technology, 2021. 13p.

POONIA, Amrita; PANDEY, Surabhi; VASUNDHARA. **Application of light emitting diodes (LEDs) for food preservation, post-harvest losses and production of bioactive compounds: a review.** Varanasi: Food Production, Processing and Nutrition, 2022. 10p.

RIBEIRO, Carlos; CANADA, João; ALVARENGA, Bartolomeu. **Prospects of UV radiation for application in post-harvest technology.** Emirados Árabes: Emirates Journal of Food and Agriculture, 2012. 12p.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento.** v.20. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, 2017. 12p.

ROTILI, Maria Cristina Copello; COUTRO, Sidiane; CELANT, Viviane Marcela; VORPAGEL, Jéssica Ariane; BARP, Fabiane Karine; SALIBE, Ariane Busch; BRAGA, Gilberto Costa. **Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento.** Londrina: Sêmia: Ciências Agrárias, 2013. 15p.

RUFINO, Maria do Socorro Moura; ALVES, Ricardo Elesbão; BRITO, Edy Sousa; MORAIS, Selene Maria; SAMPAIO, Caroline de Goes; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio Diego. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH.** Fortaleza: Comunicado Técnico Online, 2007. 4p.

RUFINO, Maria do Socorro Moura; ALVES, Ricardo Elesbão; BRITO, Edy Souza; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio; MANCINI-FILHO, Jorge. **Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non tradicional tropical fruits from Brazil.** Barking: Food Chemistry, 2010. 7p.

SANCHES, Alex Guimarães; SILVA, Marylle Barros; MOREIRA, Elaine Gleice Silva; SANTOS, Edmarcos Xavier; TRIPOLONI Fernando Maia. **Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio.** Cascavel: Acta Iguazu, 2017. 14p.

SANTANA, Lidiane Ferreira. **Efeitos do Extrato Etanólico das Folhas de Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) em Camundongos Diabéticos Induzidos por Estreptozotocina.** 2018. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.

SANTOS, Priscila Rossini Gomes; CARDOSO, Leandro de Moraes; BEDETTI, Sabrina de Freitas; HAMCEK, Fabiana Rossi; MOREIRA, Ana Vlândia Bandeira; MARTINO, Hércia Stampini Duarte; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. **Geleia de cagaíta: desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade.** São Paulo: Revista Instituto AdolfoLutz, 2012. 10p.

SARRA, Sheila Regina; PIRRÓ, Lúcia Fernanda de Souza; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; KAWASAKI, Juliana Iwashita. **Iluminação com LEDs para amadurecimento de peras após a colheita.** Curitiba: Brazilian Journal of Development, 2015. 19p.

SCALON, Silvana de Paula Quintão; OSHIRO, Ayd Mary; DRESCH, Daiane Mugnol. **Postharvest conservation of guavira (*campomanesia adamantium* camb.) under different coating and temperatures of storage.** Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2012. 8p.

SILVA, Gláucia Michelle Cosme; BIAZATTI, Marlon Altoé; SILVA, Mírian Peixoto Soares; CORDEIRO, Maria Helena Menezes; MIZOBUTSI, Gisele Polete. **Preservação dos atributos físicos de frutos de atemoia cv. Gefner com o uso de 1-MCP e atmosfera modificada.** Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2014. 7p.

SILVA, Adélia Maria Lima; MARTINS, Bruno de Andrade; DEUS, Tatiana Nogueira de. **Avaliação do teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado durante o amadurecimento e congelamento.** Goiânia: Estudos, 2009. 11p.

SILVA, Monik Maryelle Moreira. **Estudo do desenvolvimento fisiológico da cagaita (*Eugenia dysenterica*).** 2016. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

SILVA, Rossana Serrato Mendonça; CHAVES, Lázaro José; NAVES, Ronaldo Veloso. **Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil.** Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2001. 5p.

SILVA, Sandra Márcia Mazuti; SILVA, Cristian Aldemar Gasca; FONSECA-BAZZO, Yris Maria; MAGALHÃES, Pérola Oliveira; SILVEIRA, Dâmaris. ***Eugenia dysenterica* Mart. Ex DC. (cagaita): planta brasileira com potencial terapêutico.** Brasília: Revista Infarma, Ciências Farmacêuticas, 2015. 56p.

SILVA, Sandra Márcia Mazuti; SILVA, Cristian Aldemar Gasca; FONSECA-BAZZO, Yris Maria; MAGALHÃES, Pérola Oliveira; SILVEIRA, Dâmaris. ***Eugenia dysenterica* Mart. Ex DC. (cagaita): Planta brasileira com potencial terapêutico.** Brasília: Infarma Ciências Farmacêuticas, 2015. 47p.

SOARES, L. V., MELO, Regiane; OLIVEIRA, Wellington; SOUZA, Poliana Mendes; SCHMIELE, Marcio. **Brazilian Cerrado fruits and their potential use in bakery products.** Nova Iorque: Bread: Consumption, cultural significance and health effects, 2017. 36p.

SOUZA, Angela Vacaro de. **Pós-colheita e processamento de amora-preta Tupy.** 2013. 98f. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

SOUZA, Eli Regina Barboza de; NAVES, Ronaldo Veloso; OLIVEIRA, Marcos Fernandes. **Ínio da Produção de Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) Implantada em Goiânia, Goiás.** Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 2013. 4 p.

SOUZA, Eli Regina Barboza; **Fenologia, dados biométricos, nutrição de plantas e qualidade de frutos de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) no Estado de Goiás.** 2006. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

STEFANEL, Charlene Moro; REINIGER, Lia Rejane Silveira; SILVA, Leandro Dutra; RABAIOLLI, Silvia Machado dos Santos; SILVA, Karol Buron. **Diodos emissores de luz (LEDs) no cultivo in vitro de *Eugenia involucrata***. Santa Maria: Pesquisa Florestal Brasileira, 2020. 5p.

TERÁN-ORTIZ, G. P.; SILVA, M. G.; LIMA, H. C.; PACIULLI, S. O. D.; SILVA, V. A. TRESSLER, D.K.; JOSLYN, M.A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. 1.ed. Westport, 1961. 1028p.

VASCO, Catalina; RUALES, Jenny; KAMAL-ELDIN, Afaf. **Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador**. Food Chemistry, 2008. 8p.

VIEIRA, Roberto Fontes; AGOSTINI-COSTA, Tânia da Silveira; SILVA, Dijalma Barbosa; SANO, Sueli Matiko; FERREIRA, Francisco Ricardo. **Futas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2010. 322p

WAKABAYASHI, Kazuyuki; HOSON, Takayuki; HUBER, Donald J. **Methyl de-esterification as a major factor regulating the extent of pectin depolymerization during fruit ripening: A comparison of the action of avocado (*Persea americana*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) polygalacturonase**. Journal of Plant Physiology, 2003. 7p.

XU, Feng; SHI, Liyu; CHEN, Wei; CAO, Shifeng; SU, Xinguo; YANG, Zhenfeng. **Effect of blue light treatment on fruit quality antioxidant enzymes and radical scavenging activity in strawberry fruit**. Scientia Horticulturae, 2014. 7p.

YEH, Naichia; CHUNG, Jen-Ping. **High-brightness LEDs-Energy-efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009. 5p.

ZHOU, Fuhui; ZUO, Jinhua; Gao, Lipu; SUI, Yuan; WANG, Qing; JIANG, Aili; SHI, Junyan. **An untargeted metabolomic approach reveals significant postharvest alterations in vitamin metabolism in response to LED irradiation in pak-choi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino var. *communis* Tsen et Lee)**. Beijing: Metabolomics, 2019. 11p.