



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS
CAMPUS POMBAL

JÉSSICA LEITE DA SILVA

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM
FRUTOS DE JUAZEIRO ARMAZENADOS SOB TEMPERATURA
CONTROLADA**

Pombal - PB

2017

JESSICA LEITE DA SILVA

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM
FRUTOS DE JUAZEIRO ARMAZENADOS SOB TEMPERATURA
CONTROLADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais (PPGSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre. Linha de pesquisa: Sistemas Agroalimentares.

Orientador: Prof. D.Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa

Pombal - PB

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586c Silva, Jéssica Leite da.
Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada / Jéssica Leite da Silva. – Campina Grande, 2017.
75f. : il. color.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa".

1. *Ziziphus joazeiro* Mart. 2. Compostos bioativos. 3. Compostos fenólicos. I. Costa, Franciscleudo Bezerra da. II. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB). III. Título.

CDU 634.662(043)

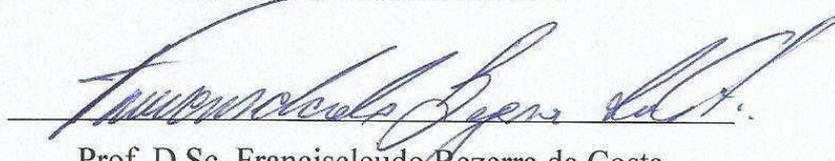
JESSICA LEITE DA SILVA

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM
FRUTOS DE JUAZEIRO ARMAZENADOS SOB TEMPERATURA
CONTROLADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais (PPGSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre. Linha de pesquisa: Sistemas Agroalimentares.

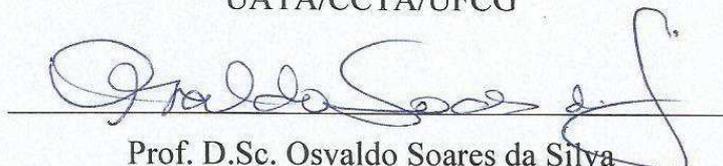
Aprovado em 09 de março de 2017

BANCA EXAMINADORA



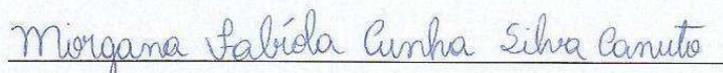
Prof. D.Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa
Orientador

Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos
UATA/CCTA/UFCG



Prof. D.Sc. Osvaldo Soares da Silva
Examinador Interno

Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos
UATA/CCTA/UFCG



Prof.ª D.Sc. Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto
Examinadora Externa

Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos
UATA/CCTA/UFCG

A meus pais, meus irmãos, meu esposo e a minha filha, que antes mesmo de nascer já é possuidora de todo meu amor. E a todos os que contribuíram para a minha trajetória de sucesso até aqui.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em todos os dias de minha vida me deu forças para nunca desistir.

A minha família, especialmente ao meu esposo Rogério Elias, pelo apoio, atenção, amor e compreensão nos momentos de ausência. Aos meus pais, José Vicente e Lucineide Leite, e aos meus irmãos, Gildevan Leite e Jocerlan Leite, por todo apoio e carinho. A minha pequena Helena que vem a caminho e que por vezes não parou quieta em meu ventre enquanto escrevia esta dissertação.

Ao meu orientador Franciscleudo Bezerra, pela confiança, paciência, incentivo, amizade e excelente orientação.

A minha querida amiga parceira Ana Marinho, por todo o apoio, amizade, companheirismo e generosidade. Uma pessoa maravilhosa, simples e que sempre comemorou comigo minhas vitórias, como também me ajudou nos momentos de angústia e aflição.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos, em especial as minhas amigas que colaboraram na realização das análises: Ana Marinho, Angélica Farias, Chintia Rodrigues, Kaline Passos, Mahyara Mélo, Malba Sousa.

Aos amigos do PPGSA que compartilharam comigo os momentos de aprendizado, especialmente a Ana Marinho e Mônica Guedes. Rimos, sofremos e nos ajudamos mutuamente.

As amigas da graduação Rafaela Rodrigues, Andressa Gonçalves, Zélia Maia, Milena Nascimento e Fabíola Diniz, que mesmo seguindo caminhos diversos, sempre se fizeram presentes com mensagens, ligações, palavras de encorajamento e amor.

Aos professores do PPGSA, pelo ensinamento e pela amizade, em especial aos professores Franciscleudo Bezerra, Adriana Ferreira, Roberlúcia Araújo e Osvaldo Soares.

Aos professores que compuseram a banca examinadora de qualificação e defesa, pela contribuição.

Aos familiares, mestres e amigos de verdade (novos e antigos), que me incentivaram e ajudaram, direta ou indiretamente, contribuindo assim, para que eu pudesse crescer.

Muito obrigada!

SILVA, J. L. **Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada.** 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

RESUMO

Os frutos de juazeiro são conhecidos especialmente pelo seu elevado teor de vitamina C. No entanto, estudos recentes apontam a presença de substâncias bioativas em sua composição. Essas substâncias atuam na prevenção de doenças, fato que pode motivar o consumo e industrialização dos frutos de juazeiro. Este trabalho teve por objetivo avaliar os compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada. Os frutos foram colhidos de uma planta localizada na Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal/PB. Após a seleção, classificação, remoção de sujidades, retirada do pedúnculo e embalagem, os frutos foram submetidos ao armazenamento em temperatura ambiente controlada ($24,5 \pm 0,5$ °C e $33,5 \pm 0,5$ % UR), durante 4 dias. Em todos os dias de armazenamento, realizaram-se análise de características físicas (perda de massa, massa fresca, comprimento, espessura, rendimento, firmeza, coloração e umidade), físico-químicas (acidez titulável, pH, sólidos solúveis, razão sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares solúveis totais e redutores), compostos bioativos (clorofila, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e ácido ascórbico), e capacidade antioxidante (capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS^{•+}). O armazenamento não afetou a maioria das características estudadas nesta pesquisa. Os frutos de juazeiro apresentam alta quantidade de compostos bioativos e elevada capacidade antioxidante, demonstrando que, além de saciar a fome, os frutos podem trazer benefícios à saúde, como a prevenção de inúmeras doenças, tornando importante sua participação na dieta humana, seja na forma *in natura* ou industrializada.

Palavras-chave: *Ziziphus joazeiro* Mart., Compostos fenólicos, Espécie nativa.

SILVA, J. L. **Bioactive compounds and antioxidant capacity in juazeiro fruits stored under controlled temperature.** 2017. 75 f. Dissertation (Master Degree in Agro-industrial Systems) - Federal University of Campina Grande, Pombal, 2017.

ABSTRACT

The fruits of juazeiro are known especially for their high content of vitamin C. However, recent studies indicate the presence of bioactive substances in its composition. These substances act in the prevention of diseases, a fact that can motivate the consumption and industrialization of the fruits of juazeiro. This paper aimed to evaluate the bioactive compounds and antioxidant capacity of juazeiro fruits stored under controlled room temperature. The fruits were harvested from a plant located at the Federal University of Campina Grande, Pombal/PB campus. After selection, classification, soil removal, stem removal and packaging, the fruits were submitted to storage at controlled room temperature (24.5 ± 0.5 °C and $33.5 \pm 0.5\%$ RH) for 4 days. The physical characteristics (loss of mass, fresh mass, length, thickness, yield, firmness, color and humidity), the physical-chemical characteristics (titratable acidity, pH, soluble solids, soluble solids/titratable acidity ratio, total and reducing soluble sugar), bioactive compounds (Chlorophyll, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and ascorbic acid), and antioxidant capacity (antioxidant capacity by capturing ABTS^{•+} free radical) were analyzed in all storage days. The storage did not affect in great proportions the majority of the characteristics studied in this research. The fruits of juazeiro present a high amount of bioactive compounds and high antioxidant capacity, demonstrating that, in addition to satisfying hunger, fruits can bring health benefits, such as the prevention of numerous diseases, making important their participation in the human diet, either *in natural* or industrialized.

Keywords: *Ziziphus joazeiro* Mart., Phenolic compounds, Native species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Planta de <i>Zizyphus joazeiro</i> Mart	18
Figura 2 -	Frutos de <i>Zizyphus joazeiro</i> Mart., (A) fruto íntegro e (B) em diversos ângulos, cortado ao meio e sem semente	19
Figura 3 -	Planta de <i>Zizyphus joazeiro</i> Mart. utilizada no experimento	26
Figura 4 -	Fluxograma de execução do procedimento experimental	26
Figura 5 -	Frutos de juazeiro classificados no IV estágio de maturação	27
Figura 6 -	Acondicionamento de frutos do juazeiro em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com filmes de PVC	28
Figura 7 -	Armazenamento de frutos do juazeiro sob temperatura ambiente controlada	28
Figura 8 -	Processamento de frutos do juazeiro. (A): despulpamento; (B): aferição do volume de água; (C): polpa pronta para o processamento; (D): obtenção do extrato em liquidificador; (E): conservação em potes; (F): armazenamento em freezer	31
Figura 9 -	Perda de massa fresca de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	35
Figura 10 -	Massa fresca do fruto, polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	36
Figura 11 -	Efeito da praga em plantas de juazeiro <i>Zizyphus joazeiro</i> Mart. (A): lagarta responsável pela degradação; (B): folhas danificadas; (C): caule danificado	37
Figura 12 -	Comprimento longitudinal (A) e transversal (B) do fruto, polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	38
Figura 13 -	Rendimento de polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob	

	temperatura ambiente controlada	39
Figura 14 -	Firmeza de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	40
Figura 15 -	Luminosidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	41
Figura 16 -	Coordenada a* de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	41
Figura 17 -	Coordenada b* de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	42
Figura 18 -	Cromaticidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	43
Figura 19 -	Ângulo Hue de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	43
Figura 20 -	Índice de cor de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	44
Figura 21 -	Umidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	45
Figura 22 -	Frutos de juazeiro. (A): frutos utilizados neste experimento, provenientes de plantas atingidas pela praga; (B): frutos provenientes de plantas sadias	45
Figura 23 -	Acidez titulável de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	46
Figura 24 -	pH de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	47
Figura 25 -	Sólidos solúveis de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	48

Figura 26 - Razão sólidos solúveis e acidez titulável de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	49
Figura 27 - Açúcares solúveis totais de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	50
Figura 28 - Açúcares redutores de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	51
Figura 29 - Clorofila total de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	52
Figura 30 - Carotenoides totais de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	53
Figura 31 - Compostos fenólicos totais de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	54
Figura 32 - Flavonoides de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	55
Figura 33 - Antocianinas de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	56
Figura 34 - Ácido ascórbico de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	57
Figura 35 - Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS ^{•+} de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição centesimal da polpa de frutos de juazeiro em cinco estádios de maturação	20
Tabela 2 -	Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físicas relacionadas a peso, comprimento e rendimento de frutos de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada	60
Tabela 3 -	Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físicas relacionadas à firmeza, coloração e umidade de frutos de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada	62
Tabela 4 -	Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físico-químicas de frutos de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada	63
Tabela 5 -	Coeficientes de correlação de Pearson (r) dos compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	18
3.2 Frutos de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	19
3.3 Aspectos físicos, físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos	21
3.3.1 Aspectos físicos de frutos.....	21
3.3.2 Aspectos físico-químicos de frutos	22
3.3.3 Compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos.....	23
3.4 Armazenamento dos frutos	25
4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	26
4.1 Obtenção do material vegetal	26
4.2 Procedimento experimental	26
4.2.1 Colheita	27
4.2.2 Seleção	27
4.2.3 Classificação.....	27
4.2.4 Remoção de sujidades	27
4.2.5 Retirada de pedúnculo	28
4.2.6 Embalagem.....	28
4.2.7 Armazenamento	28
4.2.8 Análises	28
4.3 Delineamento experimental	29
4.4 Análises físicas	29
4.4.1 Perda de massa fresca.....	29
4.4.2 Massa fresca	29
4.4.3 Comprimento e Espessura.....	29
4.4.4 Rendimento	29
4.4.5 Firmeza.....	30
4.4.6 Colorimetria	30
4.4.7 Umidade	30

4.5 Análises físico-químicas	30
4.5.1 Acidez titulável	31
4.5.2 pH.....	31
4.5.3 Sólidos solúveis.....	31
4.5.4 Razão Sólidos solúveis e Acidez titulável.....	32
4.5.5 Açúcares solúveis totais	32
4.5.6 Açúcares redutores	32
4.6 Análises de compostos bioativos	32
4.6.1 Clorofila e Carotenoides totais.....	32
4.6.2 Compostos fenólicos totais	32
4.6.3 Flavonoides e Antocianinas	33
4.6.4 Ácido ascórbico.....	33
4.7 Análise da capacidade antioxidante	33
4.7.1 Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS ^{•+}	33
4.8 Análise estatística	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Análises Físicas	35
5.1.1 Perda de massa fresca.....	35
5.1.2 Massa fresca	36
5.1.3 Comprimento longitudinal e transversal	37
5.1.4 Rendimento	38
5.1.5 Firmeza.....	39
5.1.6 Colorimetria	40
5.1.7 Umidade	44
5.2 Análises Físico-Químicas	46
5.2.1 Acidez Titulável	46
5.2.2 pH.....	46
5.2.3 Sólidos Solúveis	47
5.2.4 Razão Sólidos Solúveis e Acidez Titulável.....	48
5.2.5 Açúcares solúveis totais	49
5.2.6 Açúcares redutores	50
5.3 Análises de Compostos Bioativos	51
5.3.1 Clorofila Total	51
5.3.2 Carotenoides Totais.....	52
5.3.3 Compostos Fenólicos Totais	53

5.3.4 Flavonoides	54
5.3.5 Antocianinas.....	55
5.3.6 Ácido Ascórbico.....	56
5.4 Análise da Capacidade Antioxidante	57
5.4.1 Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS ^{•+}	57
5.5 Coeficientes de Correlação de Pearson	58
5.5.1 Coeficientes da correlação de Pearson entre as características físicas.....	58
5.5.2 Coeficientes da correlação de Pearson entre as características físico-químicas	62
5.5.2 Coeficientes da correlação de Pearson entre os compostos bioativos e capacidade antioxidante	63
6 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE	74

1 INTRODUÇÃO

Típico da região semiárida brasileira, o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) é encontrado naturalmente nas áreas de caatinga e conhecido pelos nativos por joá, enjuá, laranjeira-de-vaqueiro, juá-fruta, juá e juá-espinho (COSTA, 2011). Apresenta uma grande importância econômica e biológica devido, especialmente, a suas propriedades medicinais. Seus frutos apresentam propriedades nutricionais e podem, inclusive, ser utilizados para alimentação humana (DANTAS et al., 2014).

Os frutos de juazeiro apresentam uma polpa de coloração branca e sabor adocicado, possuem forma arredondada e, quando maduros, chamam atenção por sua cor amarelada (ROCHA, 2012). Entre os componentes químicos do juazeiro estão a saponina, os hidratos de carbono, a celulose e a vitamina C (DANTAS et al., 2014).

Os frutos de juazeiro são conhecidos pelo seu elevado valor de vitamina C (LORENZI, 2000; MONIZ, 2002), mas também apresentam características físicas e físico-químicas relevantes, como elevado rendimento e alto conteúdo de sólidos solúveis (SILVA, 2015). Além dos benefícios citados anteriormente, os frutos de juazeiro possuem em sua composição substâncias como os compostos fenólicos (SILVA, 2015), que são componentes antioxidantes.

As substâncias conhecidas como antioxidantes atuam inibindo e /ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres. São importantes, pois atuam no combate aos processos oxidativos, amenizando assim os danos cumulativos que podem desencadear doenças como o câncer, cardiopatias e cataratas (MAIA et al., 2007).

A avaliação de transformações físicas, físico-químicas e químicas dos frutos que ocorrem durante o armazenamento, afetando constituintes como massa fresca, umidade, sólidos solúveis, acidez, açúcares, compostos fenólicos, ácido ascórbico, entre outros, é de grande importância, haja vista que referidas variáveis são atributos de qualidade dos frutos comercializados *in natura*, bem como os destinados ao processamento.

Apesar dos benefícios nutricionais e funcionais encontrados nos frutos de juazeiro, na literatura poucos são os estudos voltados para a avaliação da qualidade pós-colheita e para o armazenamento dos frutos, bem como para a verificação da sua possível utilização para fins alimentícios, motivando assim, o desenvolvimento de pesquisas que avaliem essa cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a influência do armazenamento sob temperatura ambiente controlada nas características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro *Ziziphus joazeiro* Mart.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Estudar o armazenamento de frutos de juazeiro sob temperatura ambiente controlada;
- ✓ Examinar a influência do armazenamento nas características físicas dos frutos de juazeiro;
- ✓ Verificar a influência do armazenamento nas características físico-químicas dos frutos de juazeiro;
- ✓ Observar a influência do armazenamento nos compostos bioativos e capacidade antioxidante dos frutos de juazeiro;
- ✓ Avaliar a correlação existente entre as características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante durante o armazenamento;
- ✓ Avaliar frutos de juazeiro, que são pouco estudados e valorizados na região, visando sua possível inserção na alimentação humana e na industrialização.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Ziziphus joazeiro* Mart.

A família de plantas Rhamnaceae é constituída por cerca de 900 espécies em todo o planeta, sendo que apenas 23 espécies ocorrem na América do Sul. O gênero *Ziziphus* é composto por cerca de 30 espécies (HEALD, 2004), sendo nove encontradas no Brasil (FORZZA; DE JANEIRO, 2010). *Ziziphus joazeiro* é uma árvore que ocorre no bioma brasileiro da caatinga semiárida, onde é popularmente conhecido como "juazeiro" (FERNANDES; ARAÚJO, 2011). A população local usa os frutos do juazeiro para alimentação e extratos de folhas, casca, casca interna e raízes como medicamentos tradicionais para tratar febre, infecção bacteriana, dores em geral, doenças respiratórias e outros.

O *Ziziphus joazeiro* Mart. conhecido popularmente como juá, é uma árvore característica do Nordeste brasileiro, mas também pode ser encontrado em regiões do norte de Minas Gerais (LORENZI, 2009). Caracteriza-se por ser uma espécie endêmica da caatinga, de médio porte, podendo resistir a grandes secas, permanecendo sempre verde.

Ainda que seja uma espécie bastante utilizada pela população do semiárido nordestino, a exploração do juazeiro limita-se ao extrativismo predatório (LOPPES, 2008). A Figura 1 ilustra a planta de *Zizyphus joazeiro* Mart., localizada em Pombal, sertão da Paraíba.

Figura 1. Planta de *Zizyphus joazeiro* Mart.



Fonte: Silva, 2015

Esta espécie possui grande importância econômica e ecológica, sendo utilizada localmente para produção de lenha e carvão, arborização de ruas e jardins, além de possuir frutos comestíveis, os quais são explorados de forma extrativista (LORENZI, 2009). É empregado na fabricação de sabão, dentifrício e na indústria madeireira (LORENZI; MATOS,

2008). Além disso, é uma das espécies do bioma Caatinga bastante utilizada na medicina popular como expectorante, no tratamento de bronquites e de úlceras gástricas; também pode ser utilizada na fabricação de cosméticos e creme dental, além de servir para a alimentação de animais principalmente nos períodos de seca (LORENZI, 2009).

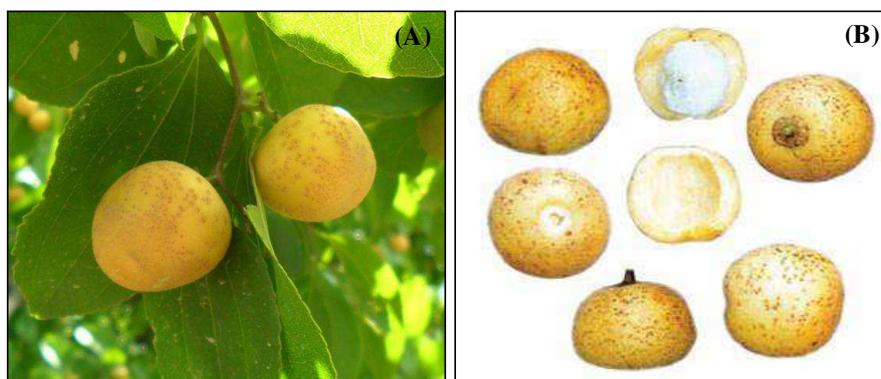
Para Albuquerque *et al.* (2007), a planta apresenta diversos usos: como antisséptico bucal; contra problemas dermatológicos (caspa, sarna, dermatite por seborreia e coceiras); doenças do sistema respiratório (asma, tosse, pneumonia, tuberculose, bronquites, inflamação de garganta e gripe) e do sistema digestório (constipação, estomatite, úlceras gástricas e má-digestão).

3.2 Frutos de *Ziziphus joazeiro* Mart.

O fruto da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart., do ponto de vista botânico, é considerado um núcênio, que apresenta um endocarpo pétreo 2-locular, contendo uma semente por lóculo (MONIZ, 2002). Vários autores classificam o fruto do juazeiro como uma drupa, como é o caso de Lima (2000), Matos (2000) e Mendes (1996).

A polpa do fruto apresenta coloração branca e sabor adocicado, os frutos possuem forma arredondada (Figura 2) e, quando maduros, chamam atenção por sua cor amarelada (ROCHA, 2012). Entre os constituintes químicos do juazeiro estão a saponina, os hidratos de carbono, a celulose e a vitamina C, sendo que esta última se apresenta em grande concentração em seus frutos (DANTAS *et al.*, 2014).

Figura 2. Frutos de *Zizyphus joazeiro* Mart., (A) fruto íntegro e (B) em diversos ângulos, cortado ao meio e sem semente.



Fonte: (A): Silva, 2015; (B): Costa, 2011

A composição centesimal da polpa de frutos de juazeiro *in natura* para cinco estádios de maturação pode ser observada na Tabela 1. Percebe-se que, independentemente de estágio de desenvolvimento, os frutos apresentam em sua constituição maior quantidade de água e carboidratos.

Tabela 1. Composição centesimal da polpa de frutos de juazeiro em cinco estádios de maturação.

Composição centesimal	Estádio de maturação				
	I	II	III	IV	V
Água (%)	87,0	89,4	88,6	86,9	85,6
Minerais (%)	1,3	0,6	0,4	0,6	0,4
Proteínas (%)	1,3	1,8	1,7	1,6	1,3
Lipídeos (%)	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
Carboidratos (%)	10,1	10,3	8,9	10,7	12,5
Valor energético (kcal/100g)	48,5	51,5	45,3	51,3	57,1

Fonte: Silva, 2015.

Silva (2015) relata que o baixo teor de proteína e lipídeos nos frutos de juazeiro pode ser atribuído ao fato de se tratar de um alimento de origem vegetal. A autora destaca, por outro lado, a superioridade do valor energético dos frutos em comparação a diversas frutas consumidas rotineiramente, como por exemplo, acerola (33 kcal/100 g), melão (29 kcal/100 g), mexerica (37 kcal/100 g) e morango (30 kcal/100 g), ressaltando a importância do consumo de frutos de juazeiro para suprir necessidades energéticas diárias.

Os frutos do juazeiro são comestíveis, sendo bastante consumidos ao natural pelo sertanejo do Nordeste (CARVALHO, 2007). Além de consumidos *in natura*, os frutos podem ser processados como doces e geleia. O suco do fruto pode ser utilizado para limpeza e tratamento de pele com acne e também como alimentação para aves e outros animais. A árvore floresce durante os meses de novembro e dezembro e a maturação dos frutos ocorre no período de junho a julho (LOPPES, 2008).

Após a queda, os frutos secos à sombra, tornam-se verdadeiras passas, que são saboreadas por ovinos e caprinos. Com o fruto nesse estado, pode-se preparar um excelente vinho, tipo moscatel (CARVALHO, 2007).

3.3 Aspectos físicos, físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos

3.3.1 Aspectos físicos de frutos

Atributos físicos dos frutos relativos à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca, e as propriedades físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, constituem atributos de qualidade muito importantes para a comercialização e utilização da polpa na elaboração de produtos industrializados (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2005).

A qualidade dos frutos pode ser analisada pelos seus principais aspectos físicos, em especial quanto ao tamanho, peso e forma, rendimento de polpa, firmeza do fruto, coloração da casca e polpa, entre outros.

Para Chitarra e Chitarra (2005), o tamanho e o peso são características físicas que dependem das espécies ou cultivares e são utilizadas como atributos de qualidade para a seleção e classificação dos produtos de acordo com a conveniência do mercado consumidor. E as medições das dimensões físicas dos frutos, como diâmetro longitudinal, transversal ou do comprimento são de grande importância para classificar os produtos destinados ao consumo.

Um parâmetro de qualidade importante para a indústria de produtos concentrados é o rendimento de polpa. Frutos que apresentam alto rendimento de polpa, apresentam maiores rendimentos no processamento dos produtos finais (concentrados), o que pode representar uma maior lucratividade para as indústrias (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Outro importante atributo físico dos frutos é a firmeza, que está relacionada com a solubilização de substâncias pécticas as quais, quando em grande quantidade, conferem textura macia aos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), influenciando na aceitação dos consumidores.

A seleção de muitos produtos em classes ou categorias comerciais é realizada por meio da coloração, que pode ser analisada visualmente por métodos objetivos não destrutivos, utilizando colorímetros. Os colorímetros que funcionam no sistema CIE (L^* , a^* e b^*), determinam parâmetros de coloração, onde, L^* a medida da luminosidade, varia de 0 (preto) para 100 (branco); a^* a coordenada positiva ou negativa, indica intensidade de cor, que varia de verde (-a) a vermelho (+a); e b^* a coordenada positiva ou negativa, relacionada a intensidade de cor amarela (+b) e azul (-b). Os colorímetros ainda disponibilizam valores para tonalidade descritos pelo ângulo hue (h°), sendo 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul); e para a cromaticidade (C), onde quanto maior o valor da cromaticidade maior a pureza ou intensidade de cor (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MINOLTA, 1998).

Além de ser empregada para classificação de produtos em categorias comerciais, a determinação da coloração configura um parâmetro de suma importância para a seleção dos frutos para consumo *in natura*, já que diversos consumidores selecionam o produto pela sua coloração externa e quando possível interna (polpa).

A quantidade de água presente nos alimentos também é considerada um parâmetro físico e sua determinação é o ponto de partida para a análise dos alimentos. Este aspecto é de grande importância, uma vez que a preservação do alimento depende da quantidade de água nele presente e, além disso, quando se compara o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, tem-se que levar em consideração os respectivos teores de umidade (MORETO, et al., 2008). Além disso, a quantidade de água também apresenta influência na textura da polpa, na firmeza do fruto, entre outros.

3.3.2 Aspectos físico-químicos de frutos

Muitas transformações físico-químicas ocorrem durante todo o processo de maturação dos frutos, afetando constituintes como ácidos, amido, açúcares, vitamina C, entre outros. As características físico-químicas são atributos de qualidade dos frutos comercializados *in natura*, bem como dos destinados ao processamento (SILVA et al., 2011).

Entre as características físico-químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, consideram-se como as mais comuns a acidez titulável, sólidos solúveis, pH, razão sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares, entre outros.

A avaliação da acidez e do teor de sólidos solúveis são as variáveis que mais interessam à indústria de processamento de frutos. Além disso, indicam o estágio de maturação fisiológica dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A determinação do pH nos frutos é importante, dentre outros fatores, para o acompanhamento da transformação ou deterioração causada pelo crescimento de microrganismos. Os ácidos orgânicos presentes em alimentos em geral, influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade. Inclusive produtos mais ácidos, ou seja, com pH mais baixo, são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração (CECCHI, 2003).

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. São habitualmente denominados como °Brix e tem tendência de aumento com o avanço da maturação. Os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas, sendo constituídos principalmente por açúcares.

As matérias-primas serão tanto melhores para a industrialização quando maiores forem os seus teores de açúcares e, portanto, de sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Uma das formas mais empregadas para a avaliação do sabor dos frutos é a quantificação da razão sólidos solúveis/acidez titulável, sendo esta forma mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes, onde valores elevados para a razão SS/AT conferem sabor suave (mais doce e menos ácido), enquanto que baixos valores promovem sabor ácido (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MATTEDI et al. 2011).

A determinação da concentração dos açúcares totais, sacarose e açúcares redutores são parâmetros utilizados para avaliar e monitorar a qualidade dos produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A elevada concentração de açúcares em frutos é de grande importância também para o processamento industrial. No processamento de doces e geleias, por exemplo, se a matéria-prima apresentar elevada concentração de açúcares, menor será a adição de açúcares, menor o tempo de evaporação da água, menor o gasto de energia e maior o rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento e, conseqüentemente, em maior lucro para a indústria.

Estudo realizado por Silva (2015) com frutos de juazeiro demonstrou que os mesmos, no estágio de maturação maduro, apresentam elevado teor de sólidos solúveis (24,8 %), baixa acidez (0,42 %) e elevado valor da razão sólidos solúveis/acidez titulável (54,6 %), apresentando-se nutritivos e de sabor agradável. Essas características apresentadas pelos frutos do juazeiro justificam a importância de se estimular a produção e consumo dos frutos pelo homem e não apenas a sua utilização na alimentação animal.

3.3.3 Compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos

Pesquisas revelam que os frutos em geral são ricos em nutrientes e antioxidantes, sendo as maiores concentrações desses compostos presentes nas cascas e sementes, e que seu consumo regular traz benefícios à saúde devido à presença de compostos antioxidantes como os compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides associando-se à baixa incidência de doenças degenerativas, incluindo o câncer, doenças cardiovasculares, inflamações, artrites, declínio do sistema imune, disfunção cerebral, diabetes, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata (SOUZA et al., 2012; ARAUJO et al., 2013).

Dentre as substâncias bioativas, ou seja, substâncias que apresentam capacidade antioxidante encontradas em frutos pode-se citar os compostos fenólicos, entre eles os flavonoides e antocianinas; clorofila; carotenoides; assim como o ácido ascórbico.

Os compostos fenólicos presentes nos alimentos podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência. Na maioria dos vegetais, os compostos fenólicos constituem os antioxidantes mais abundantes (EVERETTE *et al.*, 2010). Devido à elevada atividade antioxidante que possuem, uma variedade de compostos fenólicos desempenha um papel importante nos processos de inibição do risco das doenças cardiovasculares e podem atuar sobre o estresse oxidativo, relacionado com diversas patologias crônico-degenerativas, como o diabetes, o câncer e processos inflamatórios (IMEH e KHOKHAR, 2002).

Os carotenoides desempenham um papel muito importante para a saúde e nutrição humanas e são reconhecidos como poderosos antioxidantes, devido à sua capacidade de capturar o oxigênio singlete e eliminar o radical peroxila (AL-DUAIS, 2009). Certos carotenoides têm atividade pró-vitamina A (β -caroteno, α -caroteno, γ -caroteno, β -criptoxantina) e estão associados com a redução da incidência de câncer e doenças coronarianas (YAHIA; ORNELAS-PAZ, 2010). Diversos estudos *in vitro* e *in vivo* têm mostrado que os carotenoides previnem doenças cardiovasculares, além de fornecer proteção contra alguns tipos de câncer (LU *et al.*, 2011).

O ácido L-ascórbico (vitamina C) apresenta diversas funções biológicas, que incluem a síntese de colágeno, hormônios e neurotransmissores e na absorção do ferro (BLOCK, 1993; MANDL *et al.*, 2009). A vitamina C participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres, tais como radicais superóxidos, oxigênio singlete, peróxido de hidrogênio e radical peroxila (ARANHA *et al.*, 2000; KLIMCZAK *et al.*, 2007). A atividade antioxidante do ácido ascórbico é causada pela facilidade da perda de elétrons, tornado-se muito eficaz em sistemas biológicos (KAUR; KAPOOR, 2001).

Há relatos que os frutos de juazeiro maduros possuem elevados teores de compostos fenólicos (443,47 mg/100g) e consideráveis valores de vitamina C (7,6 mg/100g) (SILVA, 2015). Estes fitoquímicos, com reconhecida propriedade antioxidante, tornam os frutos de juazeiro potenciais fontes de compostos bioativos.

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para obter a quantificação da atividade antioxidante, seja de forma qualitativa ou quantitativa. Para Kuskoski *et al.* (2005), os métodos de determinação ABTS [(Ácido 2,2'-azino-bis-(3- etilbenzotiazolina)-6-sulfônico] e

o método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) permitem alcançar conclusões praticamente similares, no entanto, o método ABTS apresenta vantagens em relação ao método DPPH, pois além do tempo necessário para a realização das leituras (1 minuto para o ABTS e 30 minutos para o DPPH), o método DPPH apresenta um custo maior que o ABTS.

3.4 Armazenamento dos frutos

Muito se perde da produção agrícola no Brasil, durante a fase pós-colheita, devido ao desconhecimento de técnicas de conservação. Para minimizar tais perdas utilizam-se algumas técnicas entre as quais o tratamento com fungicidas, controle de temperatura e umidade, aplicação de ceras, entre outras (OLIVEIRA, 1996).

A maneira ideal de armazenamento varia largamente de produto para produto e corresponde às condições nas quais esses produtos podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível, sem perda apreciável de seus atributos de qualidade, tais como: sabor, textura, cor e teor de umidade. O período de armazenamento depende em especial da atividade respiratória do produto, suscetibilidade à perda de umidade e resistência aos microrganismos causadores de doenças (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para Silva (2015), vários métodos de armazenamento vêm sendo desenvolvidos e aprimorados para prolongar a vida útil dos frutos, como por exemplo, a utilização de biofilmes comestíveis, atmosfera modificada, absorvedores de etileno entre outros. No entanto, em muitos casos, apenas o armazenamento sob refrigeração ou a temperatura ambiente, tornam-se eficazes para prolongar a vida útil do fruto.

O armazenamento sob temperatura ambiente controlada empregando embalagens adequadas, como bandejas de poliestireno expandido envolvidas por filmes de PVC (cloreto de polivinila), pode se tornar uma técnica de conservação eficiente para frutos que não necessitam ser armazenados sob refrigeração, uma vez que a embalagem minimiza trocas gasosas com o ambiente e reações metabólicas, elevando o tempo de conservação, e ainda proporcionando um baixo custo em relação a outros métodos de conservação.

O emprego de embalagem em frutos apresenta diversas vantagens, como por exemplo, redução da perda de massa fresca, mudanças na aparência durante o armazenamento (KOSHI, 1988), aumento de 50 a 400% a vida-útil dos frutos, redução das perdas econômicas e facilitação da distribuição dos produtos em longas distâncias sem comprometer a sua qualidade (FARBER, 1991). Para frutos de juazeiro, a literatura especializada praticamente não disponibiliza informações relativas à conservação pós-colheita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do material vegetal

Foram utilizados frutos de juazeiro provenientes de uma planta (Figura 3) localizada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada no município de Pombal – PB, caracterizado pelas coordenadas geográficas de 6°48'16'' de latitude S e 37°49'15'' de longitude W, a uma altitude de 175 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, com precipitação anual de 750 mm (FARIAS, 2013).

Figura 3. Planta de *Zizyphus joazeiro* Mart. utilizada no experimento.

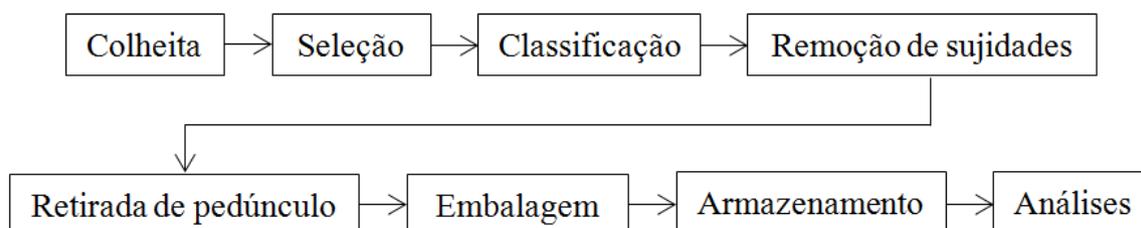


Fonte: Autora, 2017

4.2 Procedimento experimental

O procedimento experimental foi executado conforme fluxograma ilustrado na Figura 4. As etapas do procedimento experimental são descritas abaixo.

Figura 4. Fluxograma de execução do procedimento experimental.



4.2.1 Colheita: Os frutos foram colhidos manualmente no início da manhã, das 7:00 às 9:00, acondicionados em sacos de polietileno e transportados ao laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos do CCTA.

4.2.2 Seleção: Os frutos foram selecionados visualmente de acordo com a ausência de injúrias, de modo a obter amostras uniformes e com qualidade.

4.2.3 Classificação: Os frutos empregados neste estudo foram os classificados como IV estágio de maturação, segundo classificação definida por Silva (2015). Os frutos deste estágio de maturação apresentaram a casca totalmente amarela (Figura 5), sendo considerados totalmente maduros.

Figura 5. Frutos de juazeiro classificados no IV estágio de maturação.



Fonte: Autora, 2017

A escolha deste estágio de maturação em específico foi decorrente do mesmo apresentar características satisfatórias, viabilidade de consumo e de industrialização, de acordo com estudo realizado por Silva (2015), no qual o mesmo se mostrou com maiores valores de massa fresca, rendimento de polpa, sólidos solúveis e compostos fenólicos.

4.2.4 Remoção de sujidades: A higienização não foi realizada em água corrente, nem sanitização, pois os frutos de juazeiro apresentam elevada taxa metabólica e o contato com água intensifica os processos de senescência, como foi relatado por Silva (2015), em que os estágios de maturação mais avançados (III, IV e V) não mostraram-se aptos à realização das análises durante o armazenamento proposto na pesquisa (6 dias). A remoção das sujidades aparentes foi realizada com auxílio de papel toalha.

4.2.5 Retirada de pedúnculo: A remoção do pedúnculo dos frutos foi realizada manualmente.

4.2.6 Embalagem: Os frutos foram embalados em bandejas de poliestireno expandido envolvidas por filme de PVC 12 μm (Figura 6). Cada bandeja continha aproximadamente 100 g de frutos de juazeiro.

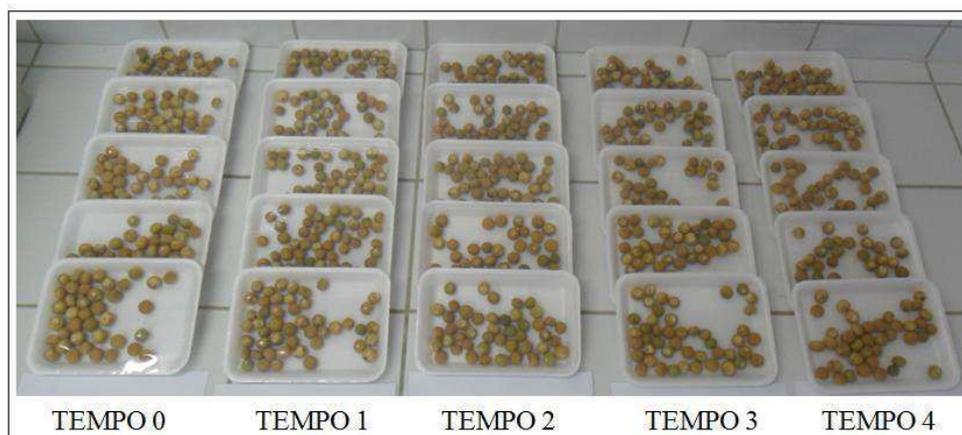
Figura 6. Acondicionamento de frutos do juazeiro em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com filmes de PVC.



Fonte: Autora, 2017

4.2.7 Armazenamento: As bandejas foram dispostas sob bancada (Figura 7) e mantidas sob temperatura ambiente controlada por meio de ar condicionado ($24,5 \pm 0,5$ °C e $33,5 \pm 0,5$ % UR) por quadro dias.

Figura 7. Armazenamento de frutos do juazeiro sob temperatura ambiente controlada.



Fonte: Autora, 2017

4.2.8 Análises: Foram realizadas análises físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante em todos os dias de armazenamento, sendo que, logo no dia 0 de

armazenamento foram realizadas as análises, configurando cinco tempos de análises (0, 1, 2, 3 e 4 dias). Foram elaboradas cinco bandejas para cada dia de armazenamento.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em que foi considerado como tratamento os dias de armazenamento (0, 1, 2, 3 e 4), com 5 repetições (bandejas) de aproximadamente 100 g de frutos.

4.4 Análises físicas

Para as avaliações físicas foram considerados 10 frutos de cada bandeja, a fim de obter uma amostragem mais representativa, totalizando 50 repetições para cada dia de armazenamento. Avaliaram-se os seguintes parâmetros:

4.4.1 Perda de massa fresca (%): A análise de perda de massa foi calculada pela diferença entre a massa inicial e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semianalítica da marca Bel com capacidade de 600 g e resolução 0,01 g.

4.4.2 Massa fresca (g): Foi quantificada gravimetricamente a partir dos frutos inteiros, polpas e sementes em balança semianalítica da marca Bel com capacidade de 600 g e resolução 0,01 g.

4.4.3 Comprimento e Espessura (mm): Os frutos e sementes foram avaliados em relação ao comprimento longitudinal e transversal, determinados com o auxílio de paquímetro digital. Com essas informações tornou-se possível determinar espessura da polpa, calculada pela diferença de comprimentos do fruto e da semente.

4.4.4 Rendimento (%): O rendimento da polpa foi calculado por meio da Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{MFP}/\text{MFF}) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

MFP = massa fresca da polpa.

MFF = massa fresca do fruto.

4.4.5 Firmeza (N): Foi realizada em 10 frutos de cada bandeja em quatro pontos diferentes. O aparelho utilizado foi o Texturômetro Digital de Bancada, modelo PCE-PTR 200, com ponteira de 3 mm de espessura; os resultados foram obtidos em Newton (N).

4.4.6 Colorimetria (L^* , a^* , b^* , C e H°): A cor dos frutos foi determinada no sistema CIELAB utilizando-se um colorímetro Konica Minolta, modelo CR 300 Tokyo, sendo analisados 5 parâmetros de coloração: L^* , a^* , b^* , C e H° . As cores foram descritas por luminosidade (L^*) numa escala de variável de 0 = preta a 100 = branca. A coordenada de a^* representa a intensidade de cor com valores variando de $-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelha; a coordenador de b^* , varia de $-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarela; a cromaticidade (C) destaca o grau de pureza de uma cor, quanto mais próximo de 0 (zero), mais impura é cor; e, o ângulo Hue destaca a tonalidade, onde de 0° = vermelha, 90° = amarela, 180° = verde e 270° = azul (MINOLTA, 1998). O índice de cor que indica a variação de cor entre verde/amarelo das amostras foi calculado de acordo com a Equação 2, proposta por Camelo e Gomes (2004).

$$IC = \frac{200a^*}{L^* \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}} \quad (2)$$

Onde:

L^* = luminosidade.

a^* = variação de cor entre verde e vermelho.

b^* = variação de cor entre azul e amarelo.

4.4.7 Umidade (%): Determinada por meio de secagem em estufa a 105°C até peso constante (IAL, 2008).

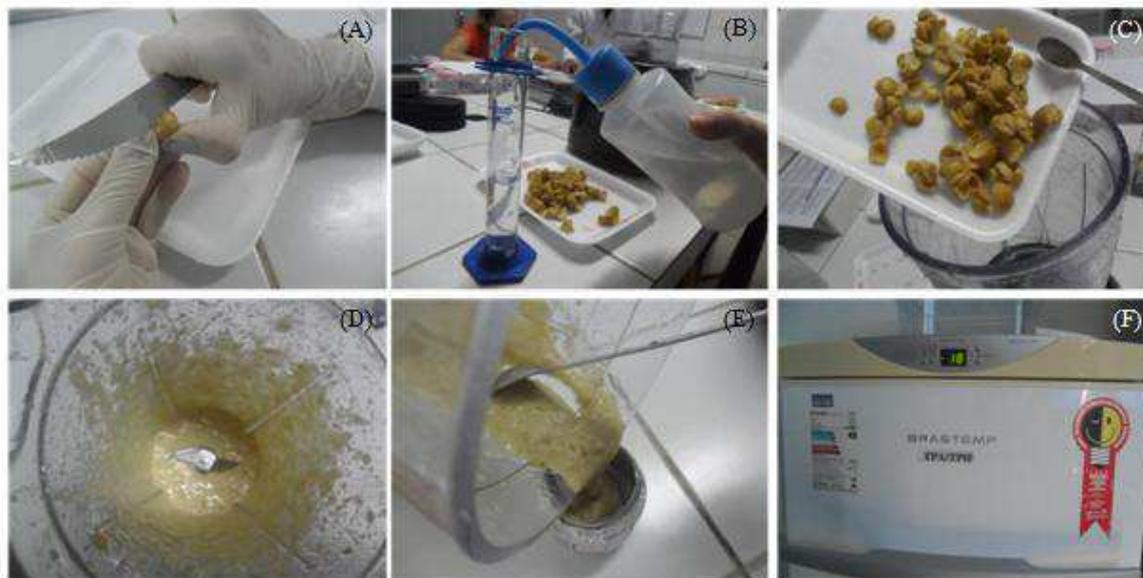
4.5 Análises físico-químicas

Para as análises físico-químicas, de compostos bioativos e de capacidade antioxidante, os frutos foram despolpados manualmente com auxílio de facas, e a polpa foi submetida a processamento em liquidificador doméstico, com adição de água na proporção 1:1 (massa:volume), sendo posteriormente realizada a correção dos resultados.

O extrato obtido foi avaliado imediatamente quanto ao teor de acidez titulável, pH, sólidos solúveis, açúcares totais, açúcares redutores, clorofila, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico. O extrato excedente foi conservado em potes

plásticos impermeáveis à passagem de luz, e armazenados em freezer (-18 °C) para a determinação posterior da capacidade antioxidante (Figura 8).

Figura 8. Processamento de frutos do juazeiro. (A): despoldamento; (B): aferição do volume de água; (C): polpa pronta para o processamento; (D): obtenção do extrato em liquidificador; (E): conservação em potes; (F): armazenamento em freezer.



Fonte: Autora, 2017

Foram empregadas 2 repetições de cada amostra (bandeja), totalizando 10 repetições por tempo de armazenamento. As análises físico-químicas realizadas foram:

4.5.1 Acidez titulável (% de ácido cítrico): A acidez foi medida em 5 g de polpa, homogeneizado em 45 mL de água destilada. A solução contendo a amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir o ponto de viragem do indicador fenolftaleína, sendo expressa em porcentagem de ácido cítrico.

4.5.2 pH: O potencial hidrogeniônico foi determinado com leitura direta no extrato dos frutos de juazeiro em potenciômetro digital de bancada (marca Digimed, modelo DM-22).

4.5.3 Sólidos solúveis (%): A polpa dos frutos de juazeiro foi filtrada em uma camada de algodão e o teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital com compensação automática de temperatura. Sempre que necessário, o refratômetro foi calibrado com água destilada.

4.5.4 Razão Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT): Foi obtida dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável.

4.5.5 Açúcares solúveis totais (%): Foram determinados pelo método da Antrona segundo Yemm e Willis (1954). O extrato foi obtido através da diluição de 0,2 g da polpa em 100 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 0,1 mL do extrato, 0,9 mL de água destilada e 2,0 mL da solução de antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.

4.5.6 Açúcares redutores (%): Foram quantificados conforme o método do ácido dinitrosalicílico proposto por Miller (1959). O extrato foi preparado utilizando-se 1,0 g de polpa diluída em 100 mL de água destilada. Uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi misturada a 1,0 mL de água e a 1,0 mL da solução de ácido dinitrosalicílico para obtenção das amostras, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm.

4.6 Análises de compostos bioativos

Para avaliação dos compostos bioativos, foram empregadas 2 repetições de cada amostra (bandeja) por tempo de armazenamento. Os parâmetros avaliados foram:

4.6.1 Clorofila e Carotenoides totais (mg/100 g): Foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987) com adaptações, e calculados pelas Equações 3, 4, 5 e 6. Cerca de 0,5 g de amostra foi macerada em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 5 mL de acetona (80%) gelada em ambiente escuro. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 10°C a 3.000 rpm por 10 minutos. Os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

$$\text{Clorofila total (mg/100g)} = 17,3 \text{ Abs}_{646} + 7,18 \text{ Abs}_{663} \quad (3)$$

$$\text{Carotenoides (mg/100g)} = 1000 \text{ Abs}_{470} - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb} / 198 \quad (4)$$

$$\text{Ca} = 12,21 \text{ Abs}_{663} - 2,81 \text{ Abs}_{646} \quad (5)$$

$$\text{Cb} = 20,13 \text{ Abs}_{646} - 5,03 \text{ Abs}_{663} \quad (6)$$

Onde:

Abs = absorvância

4.6.2 Compostos fenólicos totais (mg/100 g): Os compostos fenólicos foram estimados a partir do método de Folin & Ciocalteau descrito por Waterhouse (2012), por meio da mistura de 135 µL do suco filtrado dos frutos de juazeiro com 1990 µL de água destilada e 125 µL do reagente Folin-Ciocalteau, seguido de agitação e repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação foram acrescentados 250 µL de carbonato de sódio 20 %, seguido de nova agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada utilizando-se ácido gálico (EAG), 100 µg mL⁻¹.

4.6.3 Flavonoides e Antocianinas (mg/100 g): Os flavonoides e antocianinas foram determinados de acordo com a metodologia de Francis (1982) e calculados por meio das Equações 7 e 8. Cerca de 1,5 g de amostra foi macerada em almofariz com 5 mL de etanol - HCl (1,5 N) em ambiente escuro e deixados em repouso por 24 horas na geladeira. As amostras foram filtradas em papel de filtro e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 374 nm para flavonoides e a 535 nm para antocianinas.

$$\text{Flavonoides (mg/100 g)} = (\text{Fd} \times \text{Abs})/76,6 \quad (7)$$

$$\text{Antocianinas (mg/100 g)} = (\text{Fd} \times \text{Abs})/98,2 \quad (8)$$

Onde:

Fd = fator de diluição

Abs = absorbância.

4.6.4 Ácido ascórbico (mg/100 g): O teor de ácido ascórbico foi estimado por titulação, sendo utilizado 3 g de polpa dos frutos de juazeiro, acrescido de 47 mL de ácido oxálico 0,5% e titulado com solução de Tillmans até atingir coloração rosa (IAL, 2008).

4.7 Análise da capacidade antioxidante

Para analisar a capacidade antioxidante de frutos de juazeiro, foi avaliada a capacidade de sequestro do radical livre ABTS^{•+}.

4.7.1 Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS^{•+} (mM trolox/g amostra): Foi determinada pelo método de captura do radical livre ABTS^{•+} de acordo com Rufino *et al.* (2007) com modificações.

- Obtenção dos extratos: 0,5 g de amostra foi homogeneizada com 4 mL de metanol 50% e deixados em repouso por 60 minutos em temperatura ambiente, em seguida, foram

centrifugados por 30 minutos a 3.500 rpm, e os sobrenadantes foram coletados e reservados. No resíduo adicionou-se 4 mL de acetona 70%, homogeneizou-se e deixou-se em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, foram novamente centrifugados por 30 minutos a 3.500 rpm, os sobrenadantes foram coletados e misturados aos sobrenadantes resultantes da primeira centrifugação, completou-se o volume para 10 mL com água destilada.

- Determinação da capacidade antioxidante: o radical ABTS^{•+} foi formado pela reação da solução de ABTS 7 mM com solução de persulfato de potássio 140 mM, incubado a temperatura ambiente no escuro por 16 horas e, logo depois, diluído em etanol até uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm a 734 nm. A capacidade antioxidante dos frutos de juazeiro foi estimada a partir da mistura de 30 μ L do extrato com 3,0 mL do radical ABTS^{•+}. A leitura foi feita após 6 minutos da reação em espectrofotômetro a 734 nm e o etanol foi utilizado como branco. Como referência foi utilizado o trolox para obtenção da curva padrão.

4.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, quando detectado efeito significativo para o teste F foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados por meio do *software* Assistat versão 7.7 beta (SILVA, 2016).

Também foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson entre as características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante, durante o armazenamento, por meio do *software* Microsoft Office Excel versão 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises Físicas

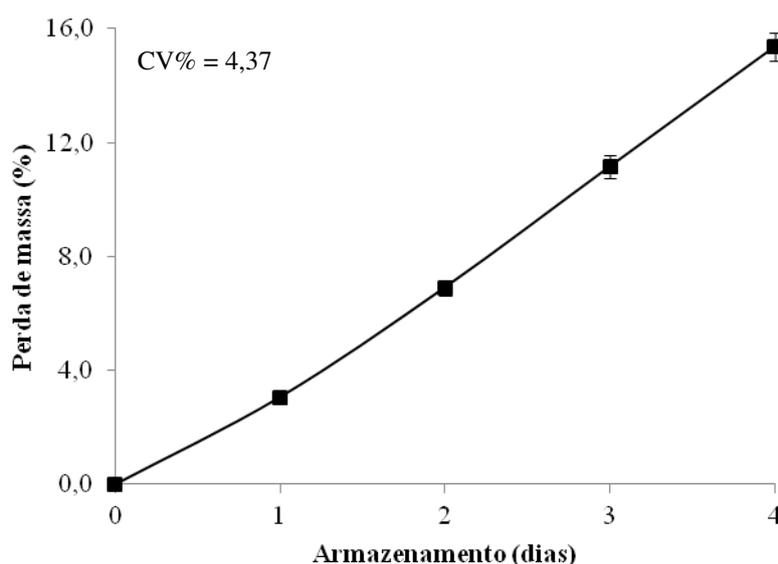
5.1.1 Perda de massa fresca

Foi constatado que houve perda de massa fresca nos frutos de juazeiro ao longo de todo o armazenamento, com crescimento de forma linear, atingindo cerca de 15% no último dia de armazenamento (Figura 9). Para Sousa *et al.* (2000), as perdas de massa fresca em frutos armazenados ocorrem em decorrência da água eliminada por transpiração causada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente, e pelos processos metabólicos de respiração.

Pode-se dizer que a perda de massa fresca dos frutos é uma variável importante que está diretamente relacionada com a qualidade do fruto, levando ao amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais suscetíveis a deteriorações e a alterações na cor e sabor (AZZOLINI, 2004).

Para todos os resultados, a barra vertical inserida nos pontos de interseção representa o desvio padrão da média.

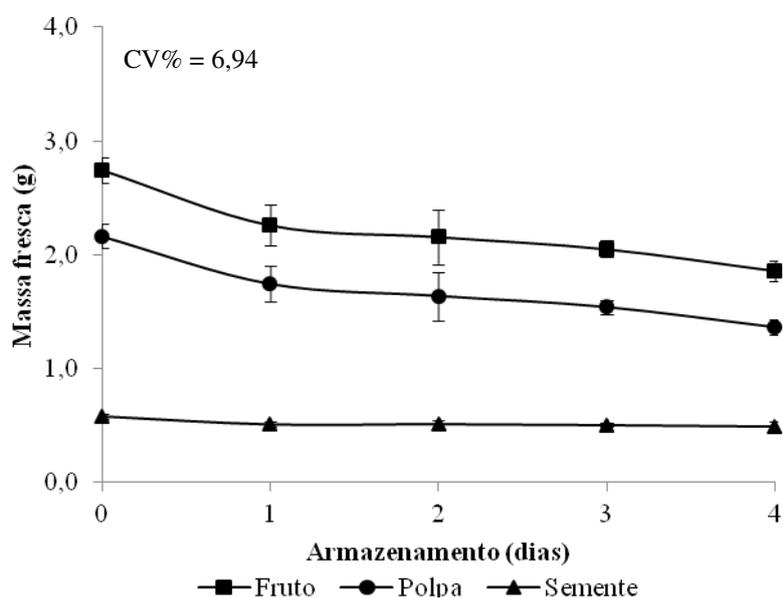
Figura 9. Perda de massa fresca de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



5.1.2 Massa fresca

O fruto íntegro obteve massa fresca de 2,74 g no primeiro dia de análise, sendo deste total, 2,16 g de polpa e 0,58 g de semente, o que demonstra que os frutos de juazeiro apresentam elevada quantidade de polpa em comparação à semente, tornando-os atrativos para o consumo *in natura* e lucrativo para fins de industrialização. Houve redução significativa de massa fresca tanto para o fruto íntegro (1,85 g), como para a polpa (1,37 g) e a semente (0,48 g) durante o armazenamento (Figura 10).

Figura 10. Massa fresca do fruto, polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



A massa fresca do fruto, a polpa e a semente, avaliadas neste estudo foram bastante inferiores aos determinados por Silva (2015) que obteve cerca de 7,0 g para massa fresca do fruto no IV estágio de maturação submetido ao armazenamento sob temperatura ambiente (28 ± 2 °C). Este fato pode ser atribuído à deficiência no desenvolvimento dos frutos, devido à praga que se instalou nas plantas de juazeiro no início de 2016 (Figura 11), fazendo com que as folhas ficassem secas e doentes, e logo após caíssem, prejudicando a floração e promovendo prejuízos na produção dos frutos.

Figura 11. Efeito da praga em plantas de juazeiro *Ziziphus joazeiro* Mart. (A): lagarta responsável pela degradação; (B): folhas danificadas; (C): caule danificado.



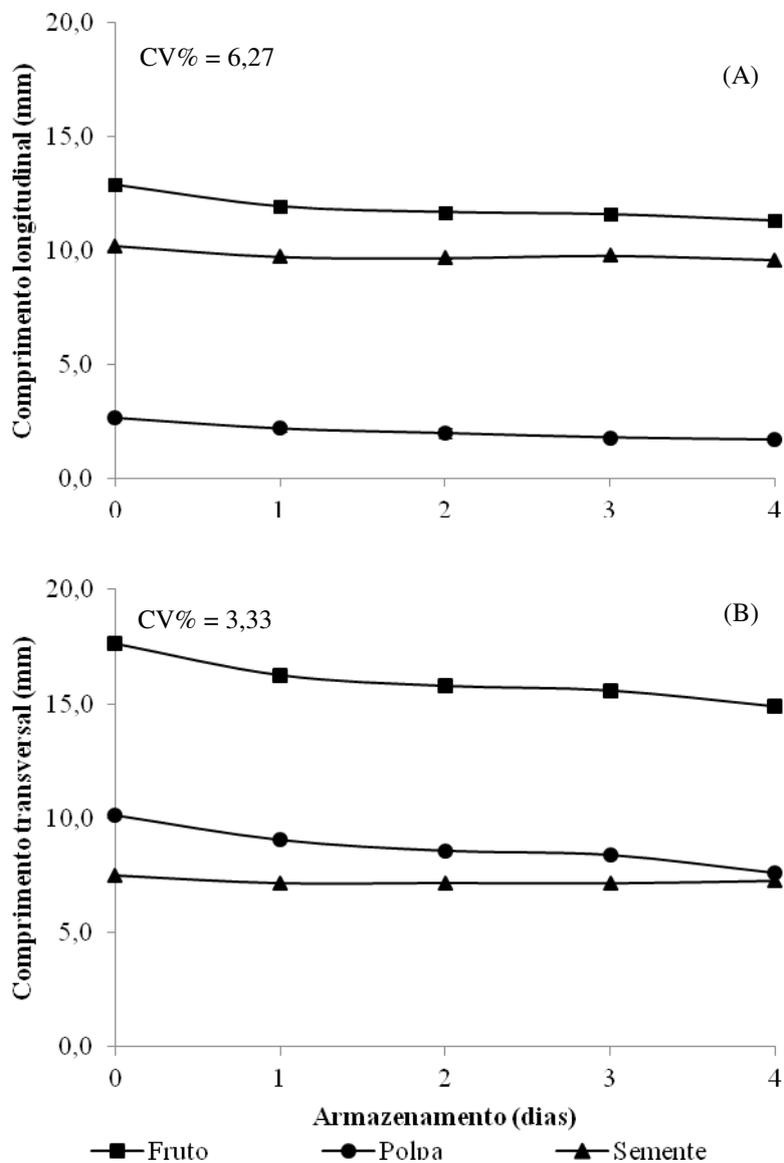
Fonte: Autora, 2017

5.1.3 Comprimento longitudinal e transversal

Os frutos de juazeiro apresentaram maior comprimento transversal do que longitudinal (Figura 12), configurando o formato achatado característico do fruto. Este formato é obtido graças à maior espessura transversal de polpa em relação à espessura longitudinal. Houve leve redução significativa nestes atributos durante o armazenamento, tanto para o fruto íntegro, como para a polpa e a semente, o que pode estar relacionado à redução na massa fresca dos frutos. Apenas o comprimento transversal da semente não foi afetado significativamente pelo armazenamento.

Quando comparado a dados obtidos na literatura, assim como para massa fresca, percebe-se que os frutos desta pesquisa são bem menores tanto em massa, quanto em comprimento/espessura. Silva (2014), ao avaliar a caracterização física e físico-química de frutos de juazeiro no estágio de maturação maduro, obteve diâmetro longitudinal e transversal de 17,25 e 17,85 mm respectivamente, ambos superiores aos determinados neste estudo. Essa redução nos parâmetros físicos pode ser consequência dos danos causados pela praga que atingiu o juazeiro utilizado nesta pesquisa.

Figura 12. Comprimento longitudinal (A) e transversal (B) do fruto, polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

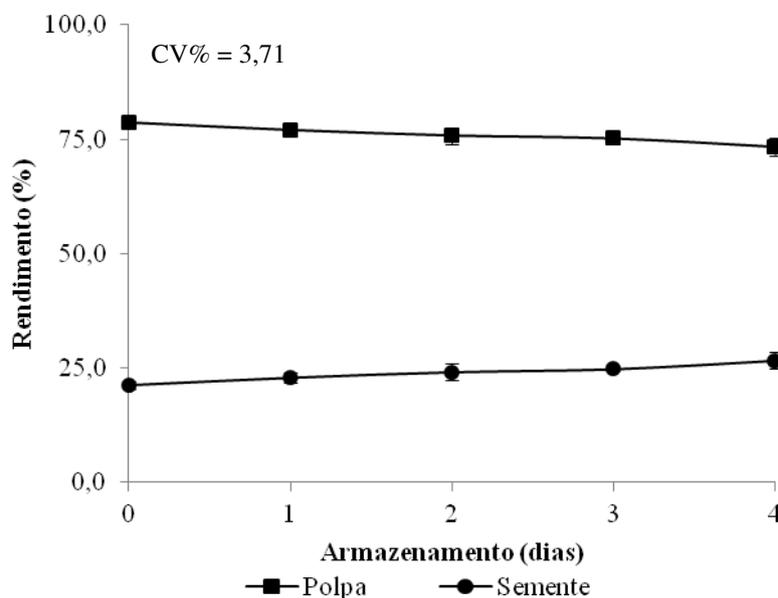


5.1.4 Rendimento

Os frutos de juazeiro apresentaram elevado rendimento de polpa, como mostra a Figura 13, obtendo aproximadamente 78% no início do armazenamento, com queda constante, atingindo cerca de 73% no final do armazenamento. O elevado rendimento de polpa é uma das características mais desejáveis, pois torna vantajosa a sua industrialização, podendo ser desenvolvida uma gama de produtos, como doces, geleias, sucos, polpa congelada, entre outros, como também amplia a comercialização dos frutos *in natura*. O

rendimento de semente apresentou variação significativa durante o armazenamento, variando de 21,37 a 26,13 %.

Figura 13. Rendimento de polpa e semente de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

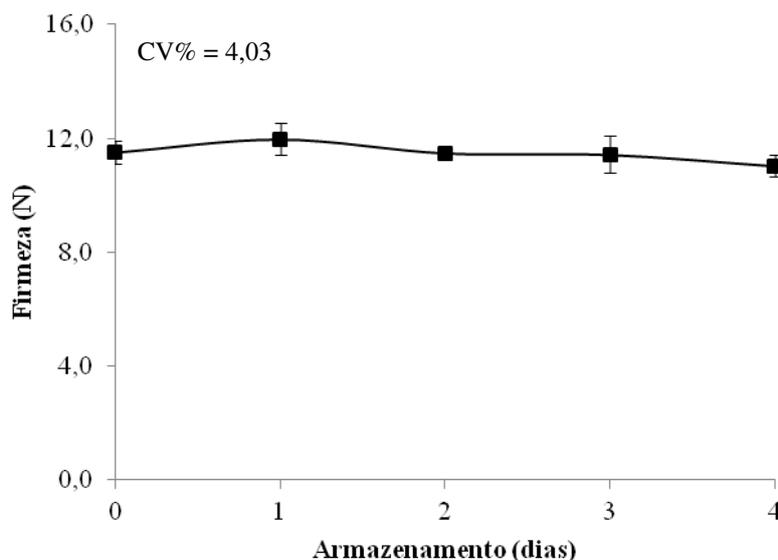


5.1.5 Firmeza

Os valores de firmeza variaram de 11,51 a 11,03 N, ao longo do armazenamento (Figura 14), não havendo dessa forma grandes variações na firmeza de frutos de juazeiro. Os valores obtidos nesta pesquisa são inferiores aos determinados por Silva *et al.* (2011) que ao avaliar frutos de cinco acessos de juazeiro, obteve valores de firmeza que variaram de 23,02 a 30,24 N. A discrepância entre esses valores pode ser atribuída ao desenvolvimento da polpa do fruto, já que os frutos desta pesquisa não conseguiram se desenvolver completamente, devido à praga que se instalou nos juazeiros, já citada anteriormente. Assim, esses frutos se mostravam mais amolecidos, inclusive dificultando a realização da análise.

Apesar de ser um atributo físico, a firmeza está relacionada com a solubilização de substâncias pécicas as quais, quando em grande quantidade, conferem textura macia aos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 14. Firmeza de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

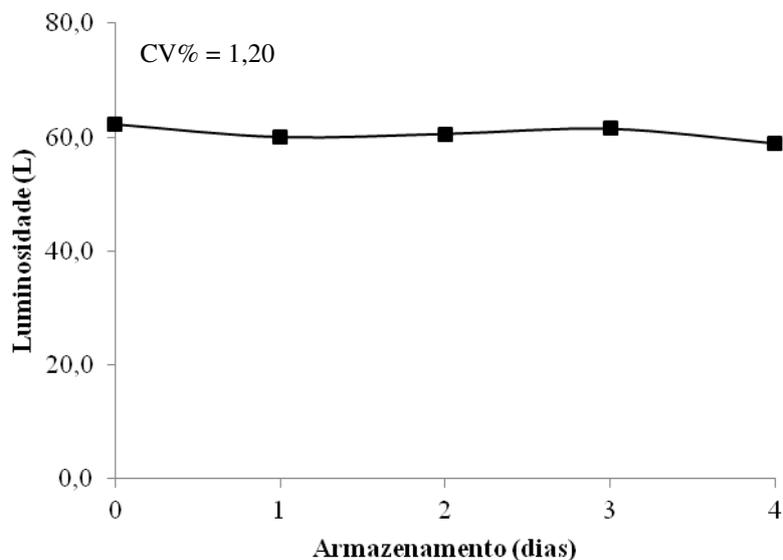


5.1.6 Colorimetria

A Figura 15 ilustra os valores de luminosidade de frutos de juazeiro durante o armazenamento. Foram constatadas pequenas variações na luminosidade dos frutos, e os valores variaram de 62,29 a 58,91. Foi observada uma tendência á redução durante o armazenamento, demonstrando que os frutos se tornam um pouco mais opacos com o armazenamento.

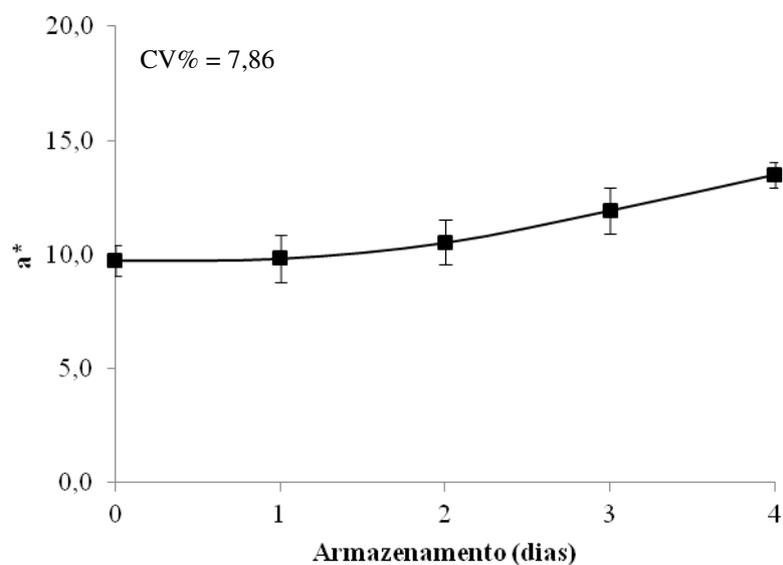
O parâmetro luminosidade está relacionado à aparência do fruto, indicando o quão o este varia de preto (0) e branco (100). Assim, pode-se dizer que os frutos de juazeiro apresentaram boa aparência, já que os valores foram próximos a 60, o que significa dizer que apresentaram coloração mais clara do que escura.

Figura 15. Luminosidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



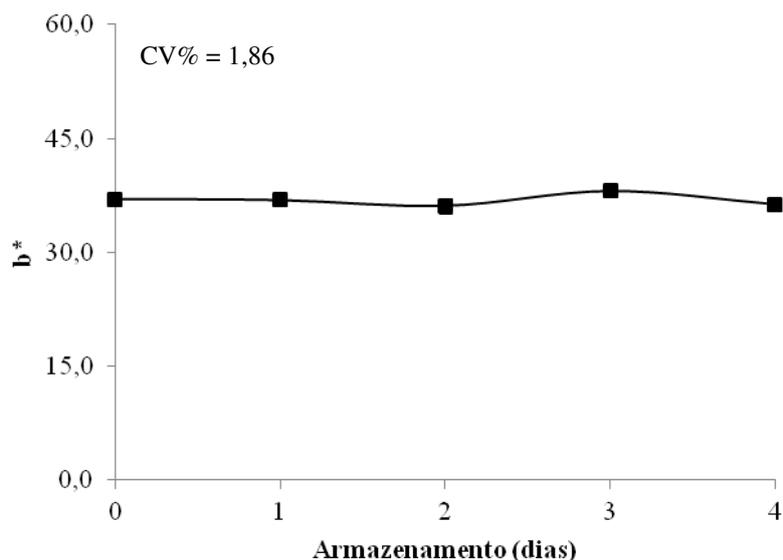
Foi constatado um aumento na coordenada a^* durante o armazenamento de frutos de juazeiro, aumentando de 9,76 a 13,71 (Figura 16). Os valores de a^* variam entre vermelho a verde, onde (+a) corresponde à cor vermelha e (-a) à cor verde. Assim, percebe-se uma tendência à cor vermelha, que pode ser atribuída ao avançar da maturação dos frutos durante o armazenamento, tornando-os com coloração amarronzada.

Figura 16. Coordenada a^* de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



A coordenada b^* em frutos de juazeiro sofreu pequenas variações durante o armazenamento (Figura 17) variando de 37,04 a 36,31. Esse parâmetro está relacionado a coloração amarela (+b) e azul (-b), assim percebe-se que a coloração amarela prevaleceu durante o armazenamento sem grandes variações.

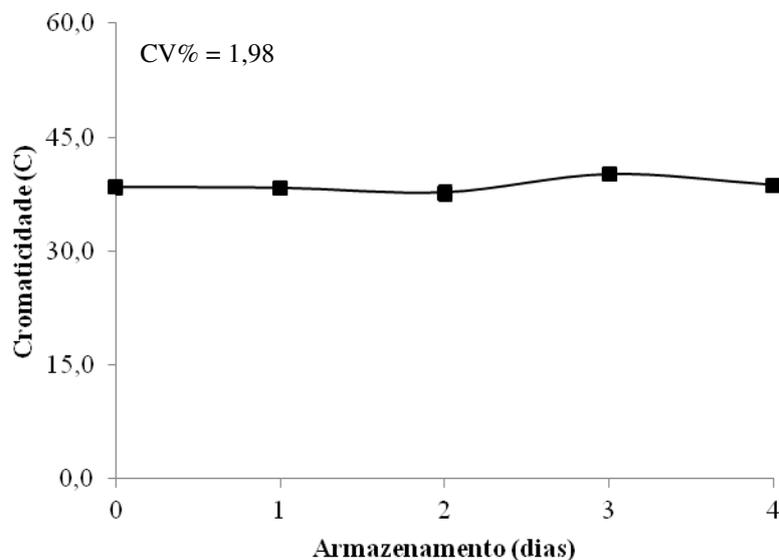
Figura 17. Coordenada b^* de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



A Figura 18 demonstra os valores obtidos para a cromaticidade de frutos de juazeiro. Assim como o parâmetro luminosidade e coordenada b^* , não houve grandes variações da cromaticidade durante o período de armazenamento, variando apenas de 38,40 a 38,70.

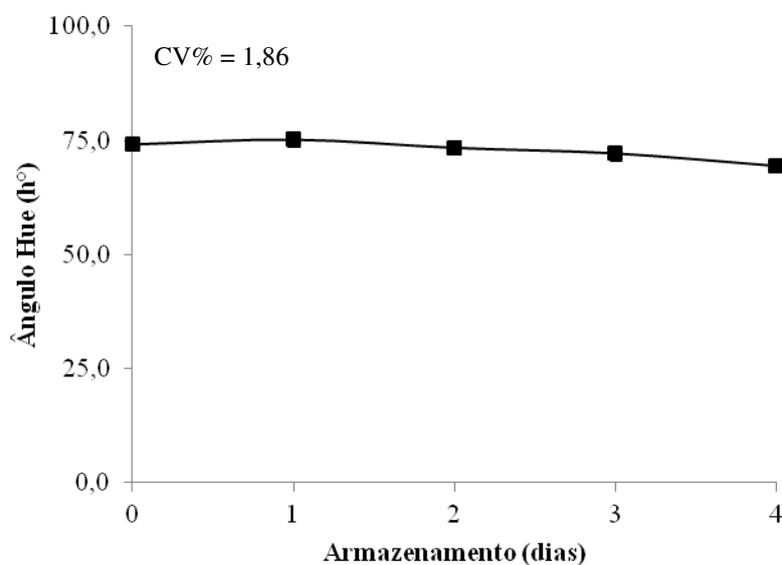
Com os valores alcançados, observa-se que a pureza ou intensidade de cor permaneceu praticamente constante durante o armazenamento.

Figura 18. Cromaticidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



Os resultados obtidos para o ângulo Hue demonstraram ligeira redução durante o armazenamento (Figura 19), variando de 74,13 a 69,43. O ângulo Hue define a tonalidade da cor, sendo 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). Assim, percebe-se que os frutos de juazeiro permaneceram, durante todo o armazenamento, próximo ao ângulo de cor que corresponde à coloração amarela.

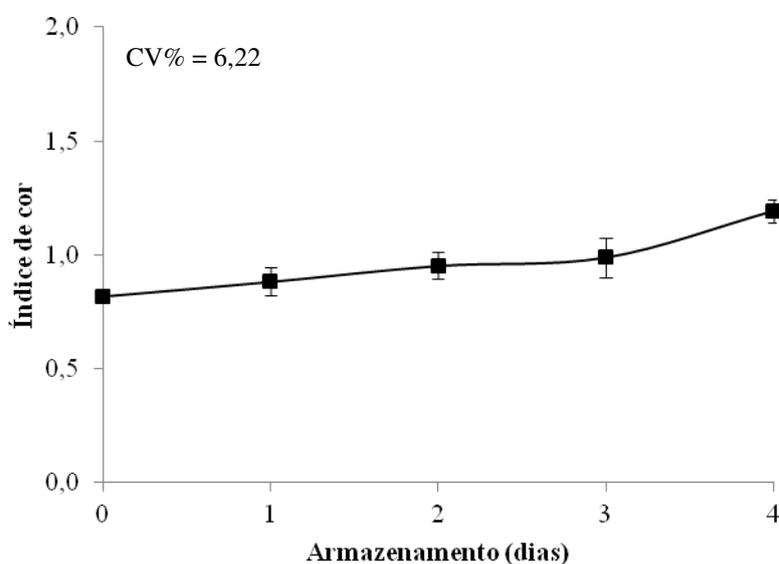
Figura 19. Ângulo Hue de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



A evolução no índice de cor de frutos de juazeiro está evidenciada na Figura 20. Percebe-se um aumento contínuo durante todo o período de armazenamento dos frutos, aumentando de 0,82 a 1,19.

Os resultados obtidos concordam com a coordenada b^* e com o ângulo Hue, que mostraram que durante todo o armazenamento os frutos permaneceram na coloração amarela, já que o índice de cor varia de -20 a $+20$; quanto mais negativo, mais verde e quanto mais positivo, mais alaranjado está o fruto. Valores próximos a zero representam a cor amarela.

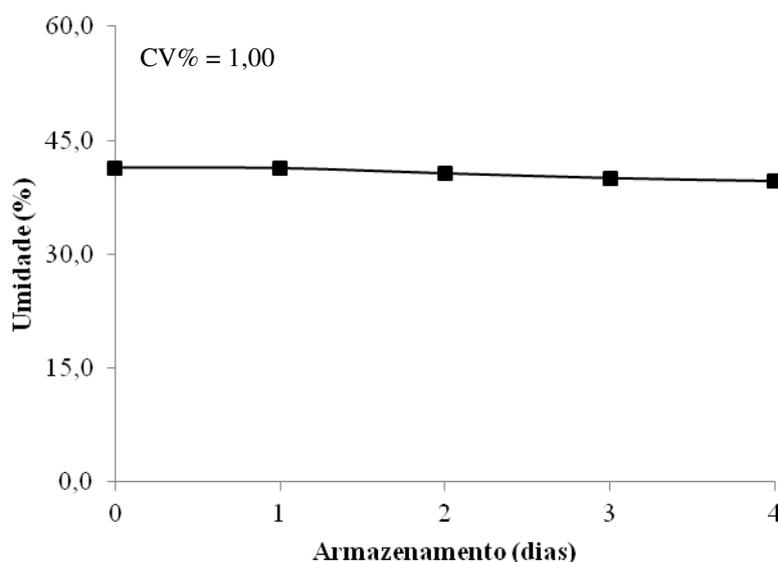
Figura 20. Índice de cor de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



5.1.7 Umidade

Os resultados obtidos para umidade em frutos de juazeiro variaram de 41,41 a 39,59% durante o armazenamento, como mostra a Figura 21.

Figura 21. Umidade de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



Quando comparado à literatura, percebe-se que a umidade determinada nesta pesquisa é bastante inferior aos demais trabalhos. Silva (2014), avaliando a caracterização física e físico-química de frutos de juazeiro maduros, obteve umidade de 79,01%, como também Moniz (2002) que determinou umidade de 78,98% ao avaliar a caracterização morfológica de sementes e frutos de juazeiro. Este fato pode ser atribuído à deficiência no desenvolvimento dos frutos por conta da praga que atingiu os juazeiros, visualmente notava-se que os frutos estavam murchos, com aparência e tamanho totalmente diferentes de frutos provenientes de plantas saudias (Figura 22).

Figura 22. Frutos de juazeiro. (A): frutos utilizados neste experimento, provenientes de plantas atingidas pela praga; (B): frutos provenientes de plantas saudias.



Fonte: Autora, 2017

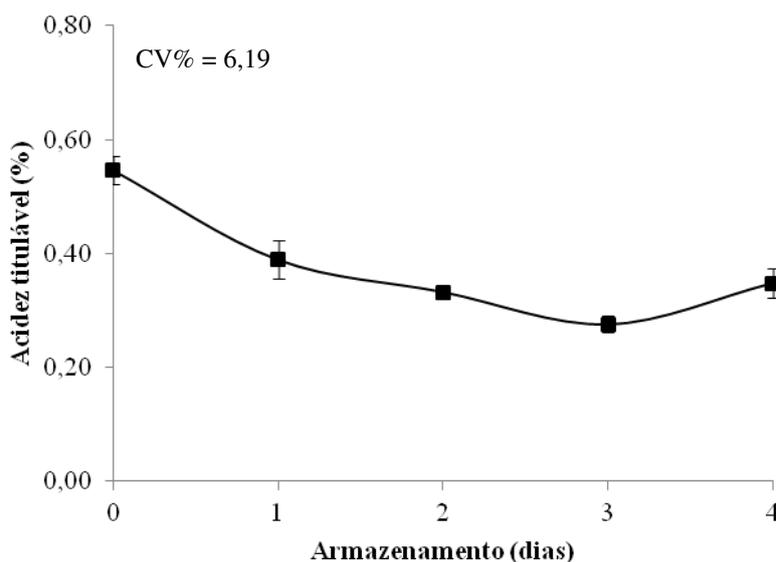
5.2 Análises Físico-Químicas

5.2.1 Acidez Titulável

A Figura 23 traz os resultados obtidos para acidez titulável de frutos de juazeiro. Nota-se uma redução considerável até o dia 3 de armazenamento, seguido de leve aumento no último dia. De modo geral, variou de 0,55 a 0,35% ao longo do armazenamento.

A redução da acidez titulável ao longo do armazenamento até o dia 3, pode ser atribuída à participação dos ácidos como substratos orgânicos durante a manutenção e a senescência dos frutos (MOTA, 2003), já no dia 4, ocorreu leve acréscimo do teor de acidez, provavelmente em função da não utilização dos ácidos como substrato respiratório.

Figura 23. Acidez titulável de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



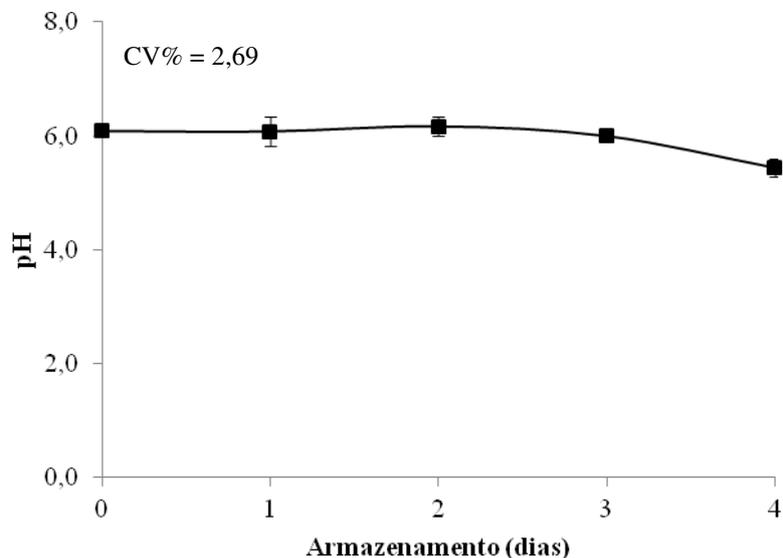
5.2.2 pH

Os valores de pH de frutos de juazeiro são retratados na Figura 24. Não foi constatado variação significativa nos valores de pH do dia 0 até o dia 3 de armazenamento, variando apenas de 6,09 a 6,00, já no dia 4 de armazenamento, foi observada uma redução significativa de pH a valores de 5,45, decorrentes do aumento da acidez, como foi mostrado na Figura 23.

É comum que o valor de pH aumente durante o armazenamento, pois os ácidos presentes no fruto tendem a diminuir à medida que são consumidos na respiração ou convertidos em açúcares. Contudo, pode haver uma diminuição decorrente do aumento de

ácidos, como ocorre com banana e abacaxi, onde os ácidos atingem os mais altos níveis no estágio pleno de amadurecimento (VILAS-BOAS, 2002).

Figura 24. pH de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



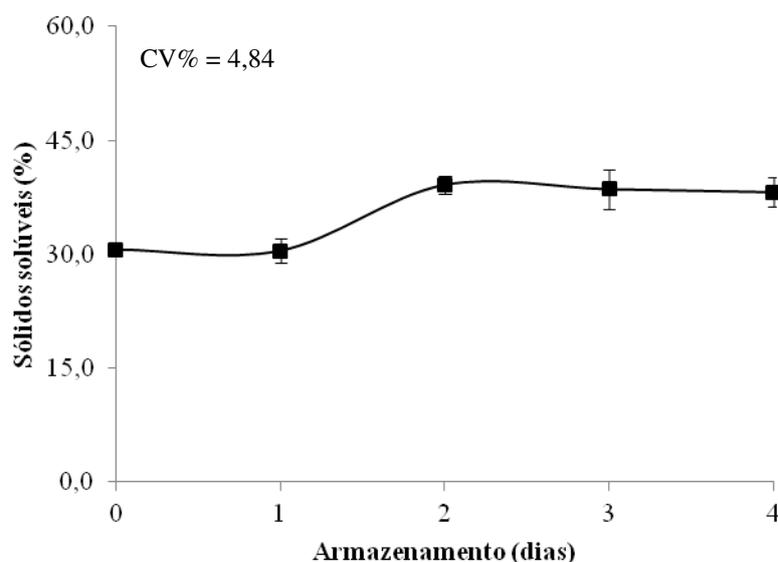
5.2.3 Sólidos Solúveis

A Figura 25 demonstra os valores obtidos para os sólidos solúveis de frutos de juazeiro. Como pode ser visto, os frutos de juazeiro apresentaram altos índices de sólidos solúveis, variando de 30,64 a 38,18% durante o armazenamento, o que potencializa a sua utilização em processos industriais.

Nota-se um aumento no teor de sólidos solúveis até o dia 2 de armazenamento, com certa estabilização até o final do armazenamento, podendo ser decorrente do acúmulo de substratos durante o armazenamento até o dia 2, seguido por consumo nos dias 3 e 4, já que os frutos nos últimos dias de armazenamento apresentavam sinais de senescência.

O rendimento industrial relaciona-se diretamente com o teor de sólidos solúveis do fruto, quanto maior o teor de SS maior é o rendimento no processo de concentração de polpa, sendo que, para cada grau °Brix de aumento na matéria-prima há um incremento de 20% no rendimento industrial (GIORDANO, 2000).

Figura 25. Sólidos solúveis de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



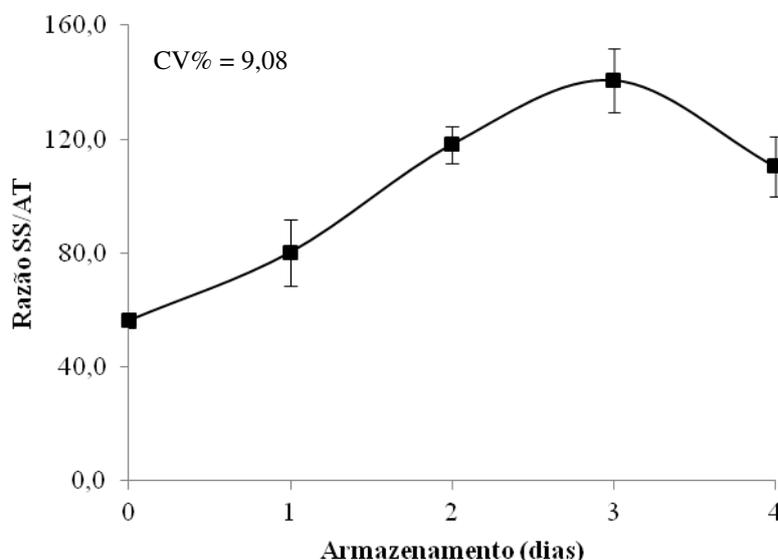
5.2.4 Razão Sólidos Solúveis e Acidez Titulável

O avançar do armazenamento promoveu maiores valores para a razão SS/AT (Figura 26), aumentando de 56,37 a 140,72 até o dia 3, e reduzindo no último dia de armazenamento para 110,43. O valor máximo obtido, 140,72 no dia 3, está bem próximo ao determinado por Silva (2014), que ao avaliar a caracterização física e físico-química de frutos de juazeiro maduros, obteve 135,57 para esta relação SS/AT.

Essa relação é empregada como índice para avaliação da palatabilidade, dando uma ideia do equilíbrio entre os açúcares e a acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Valores elevados para a relação SS/AT conferem sabor suave (mais doce e menos ácido), enquanto que baixos valores promovem sabor ácido (MATTEDI et al., 2011).

Os frutos de juazeiro apresentaram razão SS/AT bastante superior a frutos considerados de sabor agradável como goiaba 15,10 (AZZOLINI et al., 2004), graviola 13,37 (SACRAMENTO *et al.*, 2003), banana prata-anã 28,13 (PIMENTEL *et al.*, 2010), demonstrando que frutos de juazeiro apresentam sabor agradável, tornando-os atrativos para o consumo e comercialização.

Figura 26. Razão sólidos solúveis e acidez titulável de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

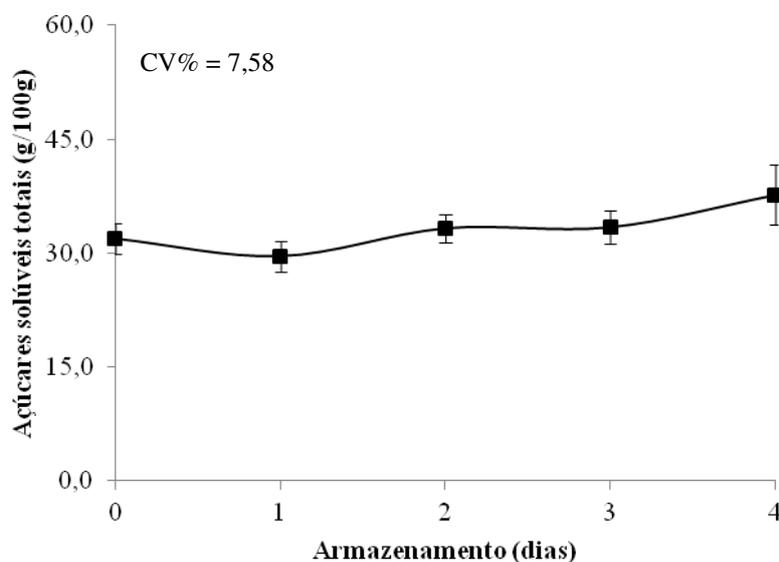


5.2.5 Açúcares solúveis totais

A Figura 27 ilustra a concentração de açúcares solúveis totais em frutos de juazeiro. Foi verificado um acréscimo no conteúdo de açúcares solúveis totais durante o armazenamento, aumento de 31,90 a 37,68 g/100g. Esse aumento pode ser resultante da perda de água por meio de trocas gasosas, fazendo com que haja uma concentração dos açúcares.

A quantidade de açúcares solúveis totais determinados para os frutos de juazeiro são bem significativos, sendo bastante superiores a frutas que são comumente utilizadas para consumo e industrialização, como manga 13,91 g/100g (ROCHA et al., 2001), banana 19,22 g/100g (PINHEIRO et al., 2005), abacaxi 12,86 g/100g (SOUTO et al., 2004). Assim, pode-se dizer que os frutos de juazeiro apresentam grande potencial para utilização no consumo humano, como também para a industrialização de concentrados, polpas, doces em calda e em corte, compota, entre outros, já que na industrialização destes produtos a alta concentração de açúcar é almejada.

Figura 27. Açúcares solúveis totais de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

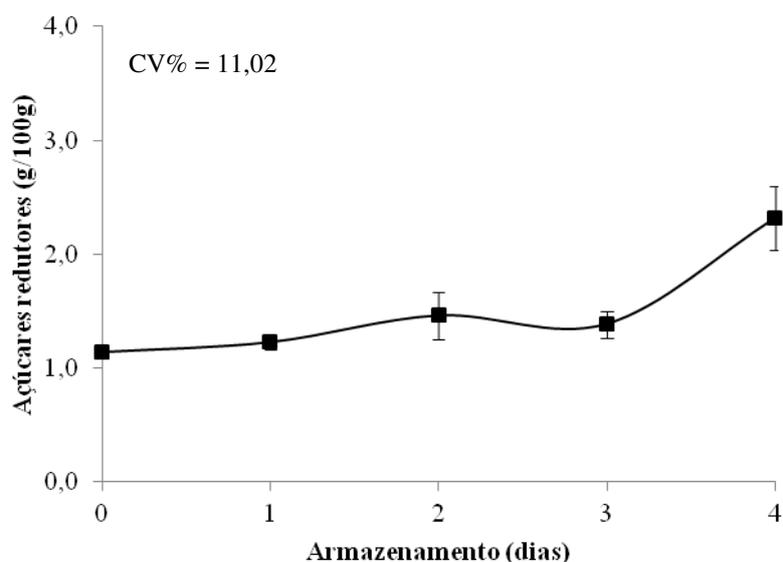


5.2.6 Açúcares redutores

Assim como nos açúcares solúveis totais, houve aumento na quantidade de açúcares redutores durante o período de armazenamento de frutos de juazeiro (Figura 28). Os açúcares redutores variaram de 1,14 a 2,32 g/100g.

A elevação no conteúdo de açúcares redutores pode ser atribuída à hidrólise da sacarose provocada pelo aumento da acidez (ALEXANDRE et al., 2004), especialmente no dia 4 de armazenamento (Figura 23). Essa hidrólise libera glicose e frutose que são açúcares redutores; conseqüentemente, a quantidade de açúcares redutores é elevada.

Figura 28. Açúcares redutores de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



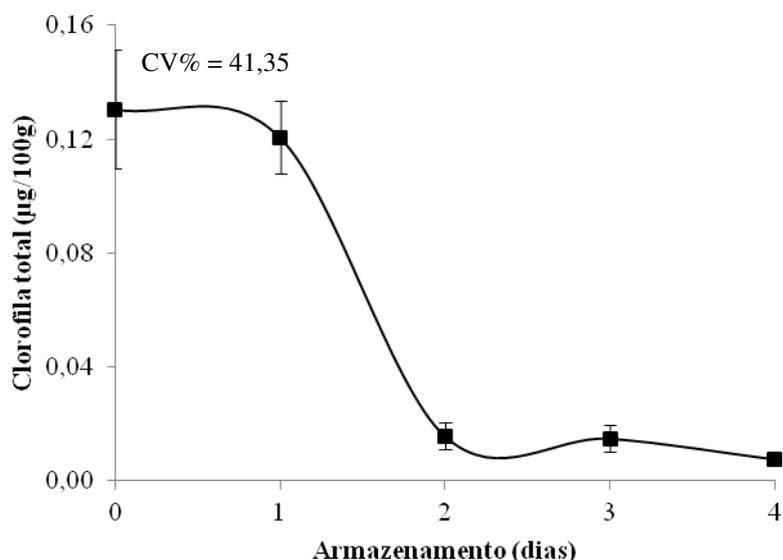
5.3 Análises de Compostos Bioativos

5.3.1 Clorofila Total

O decréscimo no conteúdo de clorofila total de frutos de juazeiro é retratado na Figura 29. Percebe-se uma redução acentuada do dia 1 (0,121 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ao dia 2 (0,016 $\mu\text{g}/100\text{g}$) de armazenamento, mantendo-se praticamente constante até o final do armazenamento. A degradação da clorofila já era esperada, por ser atribuída ao avanço da maturação que provavelmente ocorreu durante o armazenamento e que, possivelmente, resultará na síntese de carotenoides.

Quando compararmos os parâmetros de colorimetria a^* e b^* que mostram a mudança de coloração dos frutos estudados, observou-se uma concordância de comportamento. Ou seja, à medida que foi constatada a redução da clorofila (Figura 29), também foi retratado um aumento nos valores de a^* (Figura 16).

Figura 29. Clorofila total de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

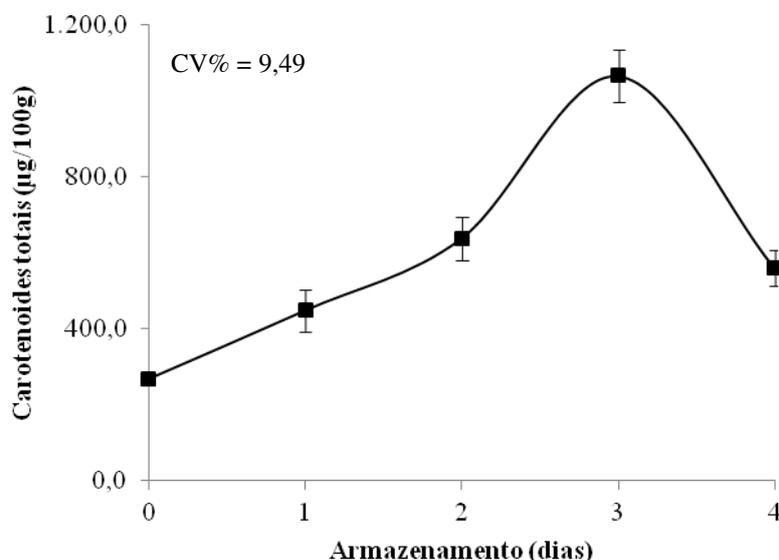


5.3.2 Carotenoides Totais

Houve aumento seguido por decréscimo no conteúdo de carotenoides totais durante o armazenamento (Figura 30). Do dia 0 ao dia 3, nota-se uma síntese desse pigmento, aumentando de 805,77 para 1067,27 $\mu\text{g}/100\text{g}$, podendo ser justificada pela redução de clorofila retratada na Figura 29. Já no dia 4, houve redução dos carotenoides totais para 560,86 $\mu\text{g}/100\text{g}$, o que pode ter sido influenciado, muito provavelmente, pela não uniformidade dos estádios de maturação dos frutos na seleção, já que foi realizada apenas uma classificação visual.

A maior concentração de carotenoides em relação à clorofila já era esperada, pois os resultados da coordenada b^* (Figura 17), ângulo Hue (Figura 19) e índice de cor (Figura 20), já demonstravam que os frutos apresentariam muito mais tonalidade amarela do que verde durante todo o armazenamento. O aumento nos carotenoides no dia 3 de armazenamento, também resultou em leve aumento nos valores de b^* para o dia 3 de armazenamento (Figura 17).

Figura 30. Carotenoides totais de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



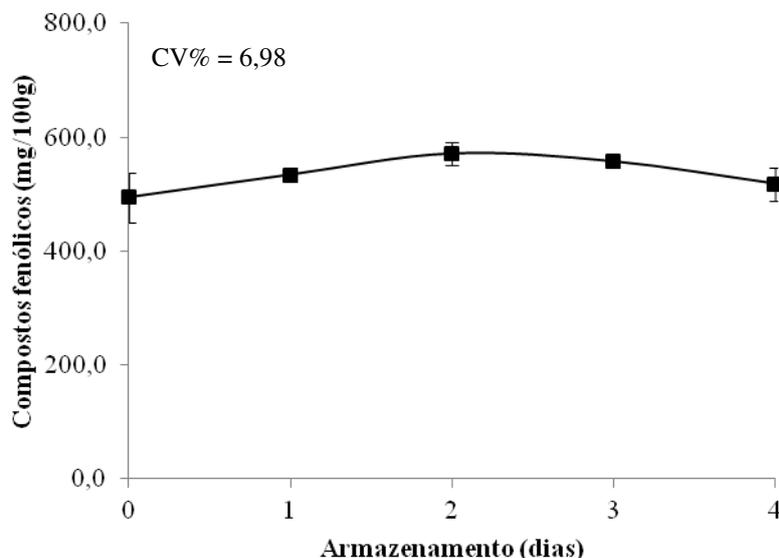
5.3.3 Compostos Fenólicos Totais

Os resultados para compostos fenólicos são apresentados na Figura 31. Percebe-se que os frutos de juazeiro são ricos em compostos fenólicos, obtendo durante o armazenamento de 493,88 a 518,22 mg/100g, tornando-se potenciais fontes de compostos bioativos, que são as substâncias responsáveis pela manutenção da saúde, por meio da inibição dos radicais livres. Os compostos fenólicos não foram afetados significativamente pelo armazenamento.

Valores elevados também foram retratados em estudo anterior. Silva (2015), ao avaliar cinco estádios de maturação de frutos de juazeiro submetidos ao armazenamento sob temperatura ambiente (28 ± 2 °C), obteve valores de compostos fenólicos de 647,87 mg/100g para o I estágio de desenvolvimento e 443,47 mg/100g para o IV estágio de maturação, mesmo estágio avaliado nesta pesquisa.

Os frutos de juazeiro apresentam quantidade de compostos fenólicos superior a frutas que são conhecidas pelo seu poder funcional, como morango (202,87 mg/100g) (ROCHA et al., 2008), kiwi (98,41 mg/100g) (MACHADO et al., 2013) e mamão (88,1 mg/100g) (OLIVEIRA et al., 2011), o que torna interessante seu consumo, especialmente na forma *in natura*, já que preserva seu potencial antioxidante.

Figura 31. Compostos fenólicos totais de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

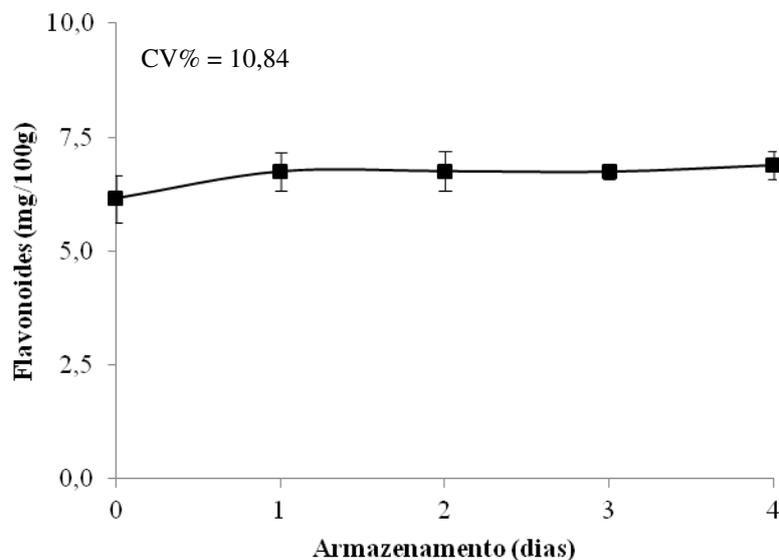


5.3.4 Flavonoides

Assim como nos compostos fenólicos totais (Figura 31), foi constatado leve aumento no conteúdo de flavonoides durante o armazenamento, variando de 6,15 a 6,89 mg/100g (Figura 32), no entanto, sem diferença significativa. Valores bem inferiores foram determinados por Silva *et al.* (2015) ao avaliar os compostos bioativos de frutos de juazeiro no mesmo estágio de maturação desta pesquisa, onde determinou 0,041 mg/100g, valores tão discrepantes podem estar relacionados à época de colheita e à praga que atingiu os frutos.

A manutenção de substâncias consideradas bioativas durante o armazenamento, como os compostos fenólicos e flavonoides, são plausíveis, pois tornam os frutos de juazeiro, mesmo com dias de armazenamento, ainda potenciais fontes de compostos com função antioxidante.

Figura 32. Flavonoides de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

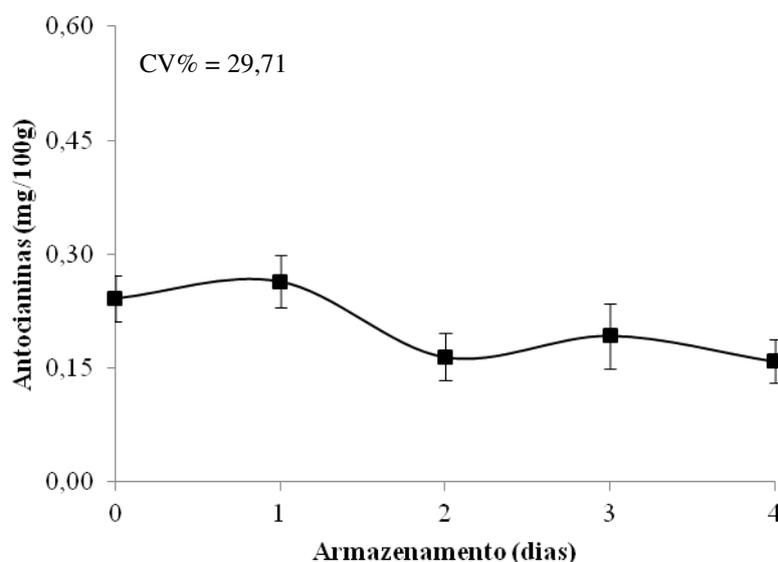


5.3.5 Antocianinas

A Figura 33 representa o comportamento das antocianinas em relação ao armazenamento. Nota-se que houve variações no conteúdo de antocianinas, com tendência a decréscimo durante o armazenamento, que variou de 0,24 a 0,16 mg/100g.

A concentração de antocianinas pode reduzir durante o armazenamento por inúmeros motivos, de acordo com Bobbio (1992). As antocianinas interagem com ácido ascórbico, metais, açúcares, oxigênio, luz, temperatura e enzimas, produzindo polímeros de produtos de degradação que diminuem sua estabilidade, promovendo redução durante o armazenamento.

Figura 33. Antocianinas de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.

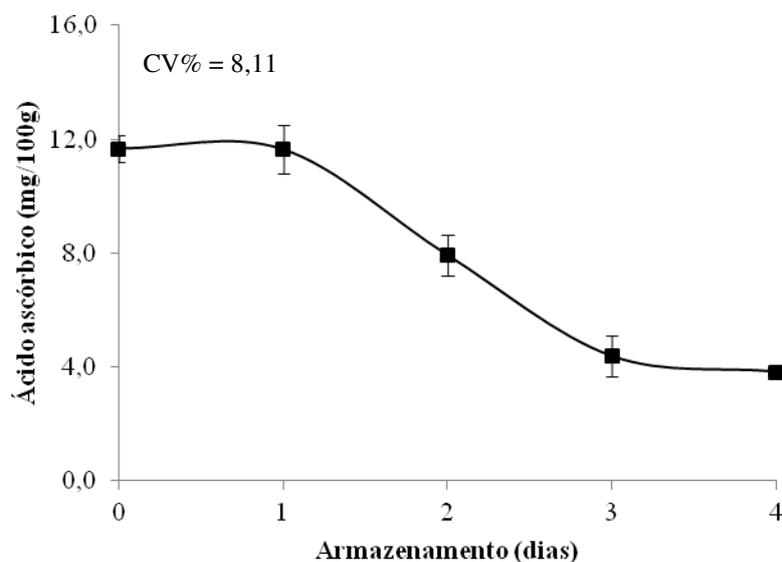


5.3.6 Ácido Ascórbico

Foi identificada uma redução no conteúdo do ácido ascórbico durante o armazenamento de frutos de juazeiro (Figura 34), reduzindo de 11,66 a 3,82 mg/100g. Para Santos (2008), o ácido ascórbico pode ser facilmente oxidado e degradado, dependendo de vários fatores como pH, temperatura, luz e presença de enzimas, oxigênio ou catalisadores metálicos.

Os valores encontrados são superiores ao determinado por Silva (2015) que obteve apenas 3,88 mg/100g de ácido ascórbico para frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente (28 ± 2 °C). Percebe-se que inúmeras características, como compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico foram afetadas positivamente devido ao ataque da praga que prejudicou o desenvolvimento dos frutos, já que quando comparados a pesquisas anteriores realizadas em frutos sadios, esses parâmetros se apresentam em maior concentração.

Figura 34. Ácido ascórbico de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



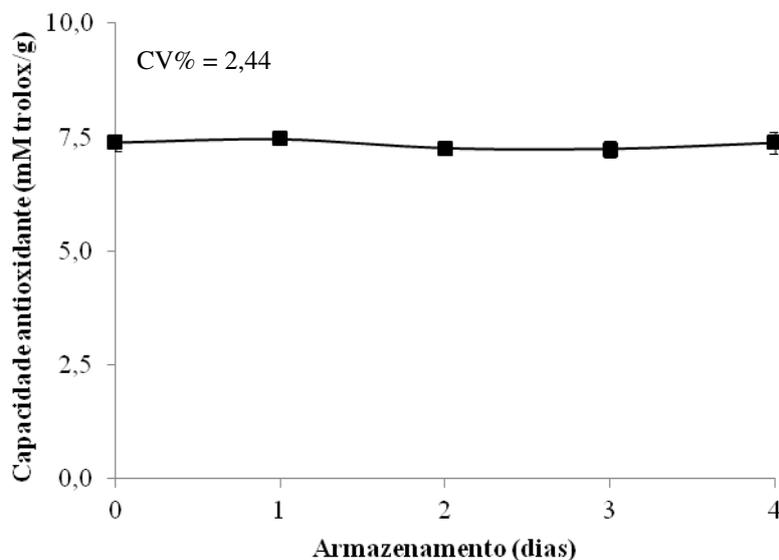
5.4 Análise da Capacidade Antioxidante

5.4.1 Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS^{•+}

Não houve variação significativa na capacidade antioxidante pelo sequestro do radical ABTS^{•+} em frutos de juazeiro (Figura 35). Os valores ficaram em torno de 7,38 mM trolox/g durante o armazenamento.

Vieira *et al.* (2011) avaliou a capacidade antioxidante total pelo sequestro do radical ABTS^{•+} em polpas de frutos tropicais, obtendo valores para extrato hidroalcoólico de 3,69 mM trolox/g para acerola; 0,56 mM trolox/g para cajú; 0,40 mM trolox/g para goiaba; 0,22 mM trolox/g para cajá, entre outros. Estes resultados demonstram que os frutos de juazeiro apresentam quantidade bem superior a frutas consumidas rotineiramente, tornando interessante seu consumo a fim de prevenir doenças.

Figura 35. Capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS^{•+} de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura ambiente controlada.



5.5 Coeficientes de Correlação de Pearson

5.5.1 Coeficientes da correlação de Pearson entre as características físicas

Os valores referentes aos coeficientes da correlação de Pearson entre os parâmetros físicos relacionados a peso, comprimento e rendimento são descritos na Tabela 2.

Foi constatada alta correlação negativa entre a perda de massa e os parâmetros de massa fresca do fruto, polpa e semente, comprimento longitudinal e transversal do fruto, da polpa e da semente, e no rendimento de polpa. Essa relação aponta comportamento inverso da perda de massa para os demais parâmetros citados, sendo que à medida que a perda de massa aumenta, os referidos parâmetros diminuem. Esse é fato já esperado, pois o aumento da perda de massa promove redução no peso, comprimento e conseqüentemente rendimento. Já para o rendimento de semente, a correlação foi positiva, mostrando que à proporção que a perda de massa aumenta, o rendimento de semente também será mais acentuado, o que pode ser explicado pelo fato de que a perda de massa está relacionada em especial à redução da massa da polpa, permanecendo praticamente constante a massa fresca da semente.

A massa fresca do fruto, polpa, semente, os comprimentos longitudinal e transversal do fruto, polpa e semente, e o rendimento de polpa apresentaram coeficientes de correlação positiva entre si, demonstrando que o aumento de uma destas características, como por exemplo, a massa fresca do fruto, irá promover elevação nas demais características.

Apenas o rendimento de semente apresentou correlação negativa com as características citadas, comprovando que o mesmo apresenta comportamento inverso. Sendo assim, à medida que as referidas características aumentam, menor será o rendimento de semente. O que pode ser facilmente percebido na a massa fresca da polpa, em que, quanto maior o seu volume, maior será o rendimento de polpa e conseqüentemente menor o rendimento de semente. Já no armazenamento há redução da massa fresca da polpa e do rendimento da mesma, devido ao consumo de substratos acumulados, culminando em maior rendimento de semente.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físicas relacionadas a peso, comprimento e rendimento de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada.

Características	Perda de massa	M. F. fruto	M. F. polpa	M. F. semente	C. L. fruto	C. T. fruto	C. L. polpa	C. T. polpa	C. L. semente	C. T. semente	Rend. polpa	Rend. semente
Perda de massa	1,000											
M. F. fruto	-0,924	1,000										
M. F. polpa	-0,934	1,000	1,000									
M. F. semente	-0,804	0,969	0,961	1,000								
C. L. fruto	-0,890	0,995	0,993	0,979	1,000							
C. T. fruto	-0,934	0,998	0,999	0,955	0,992	1,000						
C. L. polpa	-0,941	0,988	0,990	0,942	0,984	0,986	1,000					
C. T. polpa	-0,957	0,989	0,992	0,926	0,976	0,995	0,977	1,000				
C. L. semente	-0,743	0,934	0,927	0,971	0,955	0,932	0,888	0,905	1,000			
C. T. semente	-0,743	0,743	0,727	0,865	0,796	0,716	0,739	0,645	0,834	1,000		
Rend. polpa	-0,985	0,962	0,969	0,866	0,938	0,973	0,959	0,990	0,836	0,540	1,000	
Rend. semente	0,990	-0,922	-0,932	-0,800	-0,888	-0,937	-0,922	-0,965	-0,768	-0,435	-0,992	1,000

Legenda: M. F. = massa fresca; C. L. = comprimento longitudinal; C. T. = comprimento transversal; Rend. = rendimento.

Os valores referentes aos coeficientes da correlação de Pearson entre os parâmetros físicos relacionados à firmeza, coloração e umidade são descritos na Tabela 3.

Percebe-se elevada correlação positiva entre a firmeza e o ângulo Hue, bem como entre a firmeza e a umidade. Esta relação entre a firmeza, ângulo Hue e umidade é decorrente do fato de estas características apresentam basicamente o mesmo comportamento durante o armazenamento, com leve tendência ao decréscimo.

A firmeza apresentou correlação negativa com o parâmetro de coloração a^* e índice de cor, demonstrando que à proporção que a firmeza diminui (ou seja, o fruto torna-se mais maduro), eleva-se o valor da coordenada a^* (fruto deixa de ser verde e passa a possuir coloração avermelhada), como também aumenta-se o valor do índice de cor (tornando os frutos alaranjados).

A coordenada a^* apresentou forte correlação positiva com o índice de cor, o que pode ser atribuído ao fato de que a elevação de ambos promove a coloração amarelada/alaranjada. No entanto, foi verificada forte correlação negativa entre a coordenada a^* , ângulo Hue e umidade, consequência do comportamento oposto observado, enquanto a coordenada a^* aumentou durante o armazenamento, o ângulo Hue e a umidade apresentaram ligeiro decréscimo. Foi observada correlação positiva entre a coordenada b^* e a cromaticidade, resultado do modo como se mantiveram no armazenamento, ambos sem grandes variações.

O ângulo Hue apresentou forte correlação negativa com o índice de cor, e forte correlação positiva com a umidade. O que também pode ser explicado pelo comportamento apresentado durante o armazenamento, quando o ângulo Hue e índice de cor apresentaram comportamentos diferentes (enquanto o ângulo Hue diminuiu, o índice de cor aumentou). Já ângulo Hue e umidade exibiram comportamento semelhante (ambos reduziram levemente). A correlação negativa entre o índice de cor e umidade é decorrente também do comportamento oposto apresentado. Os demais parâmetros físicos não apresentaram correlação significativa entre si.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físicas relacionadas à firmeza, coloração e umidade de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada.

Características	Firmeza	L	a*	b*	C	h°	Índice de cor	Umidade
Firmeza	1,000							
L	0,277	1,000						
a*	-0,835	-0,585	1,000					
b*	0,181	0,566	-0,016	1,000				
C	-0,229	0,214	0,462	0,879	1,000			
h°	0,933	0,522	-0,975	0,123	-0,352	1,000		
Índice de cor	-0,780	-0,762	0,964	-0,248	0,242	-0,941	1,000	
Umidade	0,807	0,510	-0,968	-0,029	-0,489	0,934	-0,929	1,000

5.5.2 Coeficientes da correlação de Pearson entre as características físico-químicas

A tabela abaixo ilustra os coeficientes da correlação de Pearson entre as características físico-químicas avaliadas.

Percebe-se uma alta correlação negativa entre a acidez titulável e razão SS/AT, fato já esperado, pois quanto maior a acidez menor será a razão SS/AT. Diferentemente da alta correlação positiva entre os sólidos solúveis e a razão SS/AT, já que, quanto maior o teor de sólidos solúveis maior será a razão SS/AT; ou seja, os frutos passam a ter sabor mais doce do que ácido.

O pH apresentou coeficientes de correlação negativa elevados em relação aos açúcares, em especial aos redutores, demonstrando que quanto menor o pH do fruto (mais ácido), maior será a concentração de açúcares. Fato que pode ser atribuído à hidrólise da sacarose decorrente do aumento da acidez, liberando glicose e frutose, aumentando, conseqüentemente, a quantidade de açúcares redutores. Os açúcares solúveis e redutores também apresentaram alta correlação positiva, demonstrando comportamento idêntico durante o armazenamento (aumento). As demais características químicas não apresentaram correlação significativa entre si.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) das características físico-químicas de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada.

Características	Acidez titulável	pH	Sólidos solúveis	Razão SS/AT	Açúcares solúveis totais	Açúcares redutores
Acidez titulável	1,000					
pH	0,206	1,000				
Sólidos solúveis	-0,789	-0,332	1,000			
Razão SS/AT	-0,950	-0,203	0,904	1,000		
Açúcares solúveis totais	-0,345	-0,835	0,713	0,472	1,000	
Açúcares redutores	-0,390	-0,931	0,579	0,391	0,915	1,000

5.5.2 Coeficientes da correlação de Pearson entre os compostos bioativos e capacidade antioxidante

Os resultados obtidos para os coeficientes da correlação de Pearson entre os compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro são apresentados na Tabela 5.

Ao avaliar os coeficientes de correlação, percebe-se que a clorofila apresenta alta correlação positiva com antocianinas, ácido ascórbico e com capacidade antioxidante pelo sequestro do radical ABTS^{•+}. A correlação positiva existente entre a clorofila, antocianinas e ácido ascórbico pode ser atribuída ao comportamento semelhante que apresentaram durante o armazenamento, já a relação entre a clorofila e a capacidade antioxidante pelo sequestro do radical ABTS^{•+}, pode ser explicada pelo poder antioxidante da clorofila. Assim sendo, quanto maior o conteúdo de clorofila, maior será a capacidade antioxidante.

Os carotenoides apresentaram correlação positiva com os compostos fenólicos, visto que ambos, no geral, apresentaram leve aumento durante o armazenamento. As antocianinas apresentaram correlação positiva com o ácido ascórbico, devido ao comportamento no armazenamento (decréscimo). Os demais parâmetros não apresentaram correlação significativa entre si.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson (r) dos compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada.

Características	Clorofila	Carotenoides	Compostos fenólicos	Flavonoides	Antocianinas	Ácido ascórbico	Capacidade antioxidante
Clorofila	1,000						
Carotenoides	-0,723	1,000					
Compostos fenólicos	-0,587	0,861	1,000				
Flavonoides	-0,701	0,548	0,693	1,000			
Antocianinas	0,942	-0,479	-0,322	-0,529	1,000		
Ácido ascórbico	0,921	-0,733	-0,455	-0,638	0,834	1,000	
Capacidade antioxidante	0,711	-0,758	-0,602	-0,167	0,654	0,565	1,000

6 CONCLUSÕES

O armazenamento sob temperatura ambiente controlada não afetou em grandes proporções a maioria das características estudadas nesta pesquisa.

Os frutos de juazeiro avaliados neste estudo, os quais foram submetidos ao ataque da praga que prejudicou a floração e desenvolvimento dos frutos, apresentou menores quantidades em suas características físicas, como comprimento longitudinal e transversal, massa fresca e rendimento quando comparado a estudos anteriores realizados com frutos provenientes de plantas sadias.

Embora tendo sofrido o ataque de uma praga que reduziu suas propriedades físicas, os frutos analisados apresentaram maior concentração de algumas substâncias, como compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico, tornando-os nutricionalmente potenciais.

Os frutos de juazeiro apresentam capacidade antioxidante superior a frutas consumidas rotineiramente, o que significa dizer que podem ser inseridos na dieta humana, bem como podem trazer benefícios à saúde, como a prevenção de inúmeras doenças.

A correlação de Pearson mostrou-se uma ferramenta útil e essencial para avaliar resultados obtidos, uma vez que possibilita reforçar a existência de relação negativa ou positiva entre as variáveis analisadas.

Este estudo ressalta que os frutos de juazeiro podem e devem ser agregados à alimentação, pois podem contribuir para a preservação da saúde devido à sua elevada concentração de compostos bioativos e a alta capacidade antioxidante que possuem, o que torna importante sua participação na dieta humana, seja na forma *in natura* ou industrializada.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS, P. M.; ALMEIDA, A. L. S.; MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; MELO, J. G.; SANTOS, J. P. Medicinal plants of the Caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. **Journal Ethnopharmacol**, v. 111, n. 3, p. 325-354, 2007.

AL-DUAIS, M. Contents of vitamin C, carotenoids, tocopherols, and tocotrienols in the subtropical plant species *Cyphostemma digitatum* as affected by processing. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v.57, n.12, p.5420–5427, 2009.

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUNINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.1, p. 114-119, 2004.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. C. R.; BARROS, J. C.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista Nutrição**, v.13, n. 2, p.89-97, 2000.

ARAÚJO, C. R.; ESTEVES, E. A.; DESSIMONI-PINTO, N. A.; BATISTA, A. G. Myrciaria cauliflora peel flour had a hypolipidemic effect in rats fed a moderately high fat diet. **Journal of Medicinal Food**, v.17, n.2, p.262-267, 2013.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.139-145, fev. 2004.

BLOCK, G. Vitamin-C, Cancer and aging. **Age**, v. 16, p. 55–58, 1993.

BOBBIO, G. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Varela, 1992.

CAMELO, A. F. L., GOMES, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripenings. **Horticultura Brasileira** v.22, p.534-537, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Juazeiro *Ziziphus joazeiro*, Taxonomia e Nomenclatura**. Colombo/PR, 2007. 8 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-200909/42434/1/Circular139.pdf>. Acesso em: 27/12/2016.

- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas/SP: Editora da Unicamp, 2003.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.
- COSTA, A. **Juazeiro - Ziziphus joazeiro**. 2011. Disponível em: <http://belezadacaatinga.blogspot.com.br>. Acesso em: 09/01/2017.
- DANTAS, F. C. P.; TAVARES, M. L. R.; TARGINO, M. S.; COSTA, A. P.; DANTAS, F. O. *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. **Revista Principia**, n. 25, p. 51-57, 2014.
- EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8.139-8.144, 2010.
- FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packing technology- a review. **Journal of Food Protection**, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.
- FARIAS, V. F. S. **Avaliação do desenvolvimento, qualidade e capacidade antioxidante em brotos de palma (*Opuntia* sp.) para o consumo humano**. Pombal: Universidade Federal de Campina Grande, 2013. 78p. Dissertação de mestrado.
- FERNANDES, D. R. R.; ARAÚJO, E. L.. Ocorrência de *Zaprionus indianus* gupta (Diptera: Drosophilidae) em frutos de juazeiro *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1356–1358, 2011.
- FORZZA, R. C.; DE JANEIRO, J. B. D. R.. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. 1 ed., v. 2. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. de B. (Org.). Tomate para processamento industrial. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia: **Embrapa Hortaliças**, p. 36-59, 2000.

HEALD, S.V. Rhamnaceae. p. 323-324. In: N. SMITH; S.A. MORI; A. HENDERSON; D.W. STEVENSON & S.V. HEALD (eds.). **Flowering Plants of the Neotropics**. New Jersey, Princeton University Press, 2004.

IMEH. U.; KHOKHAR. S. Distribution of Conjugated and Free Phenols in Fruits: Antioxidant Activity and Cultivar Variations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6.301- 6.306, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

KAUR, C., KAPOOR, H. Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's Health. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, n.7, p.703-725, 2001.

KLIMCZAK, I.; MAŁECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n. 3, p.313–322, 2007.

KOSHI, D. V. Is current modified / controlled atmosphere packaging technology applicable to U.S. food market. **Food Technology**, v. 28, n. 9, p. 50-60, 1988.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LICHTENTHALER, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology** 148: 350-382.

- LIMA, R. B. **A família Rhamnaceae no Brasil: diversidade e taxonomia**. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 292 p. 2000.
- LIRA JÚNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S., LEDERMAN, I. E.; SANTOS V. F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 757-761, 2005.
- LOPPES, A. H. **Índice terapêutico fitoterápico**. Petrópolis: EPUB, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, v. 1, 351p. 2000.
- LORENZI, H. E. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed., v. 1. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2009.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008.
- LU, M.; YUAN, B.; ZENG, M.; CHEN, J. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. **Food Research International**, v.44, n.2, p.530–536. 2011.
- MACHADO, W. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M. V. Efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças. **Ciências Exatas e da Terra, Agrária e Engenharia**, Ponta Grossa, v. 19, n. 1, p. 17-30, 2013.
- MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de Sucos de Frutas Tropicais**. Fortaleza: Edições UFC, 2007, 320p.
- MANDL, J.; SZARKA, A.; BANHEGYI, G. Vitamin C: update on physiology and pharmacology. **British Journal of Pharmacology**, v. 157, n. 7, p. 1097–1110, 2009.
- MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais**. Guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2.ed. Ceará: UFC, 2000.
- MATTEDI, A. P.; GUIMARÃES, M. A.; SILVA, D. J. H.; CALIMAN, F. R. B.; MARIM, B. G. Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do Banco de

Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 525-530, 2011.

MENDES, B. V. **Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.): símbolo da resistência das plantas das caatingas**. Fundação Vingt-un Rosado. Coleção Mossoroense, Série B, nº 1331. 25 p. 1996.

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

MINOLTA. **Precise color communication - color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co., Ltd., p.59, 1998.

MONIZ, K. L. A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos e estudos da germinação da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae)**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2002. 88p. Dissertação do Mestrado em botânica.

MORETO, E.; FETT, R. GONZAGA, L. V. KUSKOSK, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. 2. Ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008. 255p.

MOTA, W. F.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P.R.; FINGER, F.L. Ceras e Embalagem Plástica na Conservação Pós-Colheita do Maracujá- Amarelo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.51 - 57, 2003.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, M. A. de. **Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guayava*) variedade Kumagai**. Piracicaba, 1996. 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo.

PIMENTEL, R. M. A.; GUIMARÃES, F. N.; SANTOS, V. M.; RESENDE, J. C. F. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA 42-44 e prata-anã cultivados no

norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.32, n.2, p. 407-413, 2010.

PINHEIRO, A. C. M.; BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-mcp) na vida de prateleira da banana 'maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

ROCHA, G. P. **Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.)**. 2012. Disponível em: <http://blog.tocandira.com.br/sobrevivencia/juazeiro-ziziphusjoazeiro-mart/>. Acesso em: 27/12/2016.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; MORAIS, E. A.; SILVA, G. G.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; ALVEZ, M. Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 302-305, 2001.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+**, comunicado técnico 128, 4p. 2007.

SACRAMENTO, C. K.; FARIA, J. C.; CRUZ, F. L.; BARETTO, W. S.; GASPAR, J. W.; LEITE, J. B. V. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona Muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 329-331, 2003.

SANTOS, P. H. S. **Estudo da Cinética de degradação do Ácido Ascórbico na secagem se Abacaxi em Atmosfera Modificada**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008. 144p. Dissertação do Mestrado em Engenharia Química.

SILVA, F. A. S. **Assistat versão 7.7 beta (2016)**. Disponível em: <http://www.assistat.com/> Acesso em: 10 jan. 2017.

SILVA, J. B. **Caracterização físico-química e química do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart) e avaliação da sua conservação por fermentação láctica.** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014. 95p. Tese do Doutorado em Química.

SILVA, J. L. **Qualidade e armazenamento de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) sob temperatura ambiente.** Pombal: Universidade Federal de Campina Grande, 2015. 75p. Monografia do curso Bacharel em Engenharia de Alimentos.

SILVA, J. L.; COSTA, F. B.; SOUSA, F. F.; FORMIGA, A. S.; CALADO, J. A. Compostos bioativos em frutos de joazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). In: **Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças.** Aracaju-SE, 2015.

SILVA, L. R.; BARRETO, D. S.; BATISTA, P. F.; ARAÚJO, F. A. R.; MORAIS, P. L. D.. Caracterização de frutos de cinco acessos de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais.** Campina Grande, v.13, n.1, p.15-20, 2011.

SOUSA, R. F. de; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. de. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.

SOUTO, R. F.; DURIGAN, J. F.; SOUZA, B. S.; DONADON, J.; MENEGUCCI, J. L. P. Conservação pós-colheita de abacaxi ‘pérola’ colhido no estágio de maturação “pintado” associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 24-28, 2004.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry,** v. 134, n. 1, p.381-386, 2012.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

WATERHOUSE, A. 2012. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/foLinmicro.htm>. Acesso em: 05 junho 2012.

YAHIA, M. E.; ORNELAS-PAZ, J. J. Chemistry, stability and biological actions of carotenoids. In: L. A. de la Rosa, E. Alvarez-Parrilla, & G. A. Gonzalez-Aguilar (Eds.), **Fruit and vegetable phytochemicals**, USA: Wiley-Blackwell, p. 177–222, 2010.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p.508-515, 1954.

APÊNDICE

Médias das características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenados sob temperatura ambiente controlada.

Características	Armazenamento (dias)					CV%	DMS
	0	1	2	3	4		
Perda de massa (%)	0,00 e	3,12 d	7,04 c	11,36 b	15,64 a	3,86	0,54
Massa fresca do fruto (g)	2,74 a	2,24 b	2,09 bc	2,08 bc	1,85 c	6,93	0,29
Massa fresca da polpa (g)	2,16 a	1,72 b	1,58 bc	1,57 bc	1,37 c	8,04	0,26
Massa fresca da semente (g)	0,58 a	0,52 b	0,50 b	0,51 b	0,48 b	5,86	0,06
Comprimento longitudinal do fruto (mm)	12,86 a	11,96 b	11,58 bc	11,81 bc	11,23 c	2,83	0,64
Comprimento transversal do fruto (mm)	17,58 a	16,21 b	15,57 bc	15,61 bc	14,78 c	2,86	0,87
Comprimento longitudinal de polpa (mm)	2,65 a	2,16 ab	1,94 b	2,02 b	1,65 b	14,16	0,56
Comprimento transversal de polpa (mm)	10,15 a	8,99 b	8,37 bc	8,42 bc	7,58 c	5,20	0,86
Comprimento longitudinal da semente (mm)	10,20 a	9,79 b	9,65 b	9,78 b	9,57 b	1,83	0,34
Comprimento transversal da semente (mm)	7,43 a	7,22 a	7,19 a	7,19 a	7,20 a	1,92	0,26
Rendimento de polpa (%)	78,63 a	76,75 ab	75,66 bc	75,28 bc	73,87 c	1,78	2,56
Rendimento de semente (%)	21,37 c	23,25 bc	24,34 ab	24,72 ab	26,13 a	5,64	2,56
Firmeza (N)	11,51 ab	11,98 a	11,49 ab	11,43 ab	11,03 b	4,03	0,88
L	62,29 a	60,04 cd	60,59 bc	61,49 ab	58,91 d	1,20	1,38
a*	9,76 c	9,84 c	10,53 bc	11,94 ab	13,51 a	7,86	1,66

b*	37,04 ab	36,89 ab	36,10 b	38,15 a	36,31 b	1,89	1,32
C	38,40 b	38,31 b	37,71 b	40,12 a	38,70 ab	1,98	38,65
h°	74,13 ab	75,19 a	73,39 ab	72,17 b	69,43 c	1,86	2,58
Índice de cor	0,82 c	0,88 bc	0,95 b	0,99 b	1,19 a	6,22	0,11
Umidade (%)	41,41 a	41,33 ab	40,62 bc	39,99 cd	39,59 d	1,00	0,77
Acidez titulável (%)	0,55 a	0,39 b	0,33 c	0,27 d	0,35 bc	6,19	0,04
pH	6,09 a	6,08 a	6,17 a	6,00 a	5,45 b	2,69	0,30
Sólidos solúveis (%)	30,64 b	30,46 b	39,14 a	38,58 a	38,18 a	4,84	3,25
Razão SS/AT	56,37 d	80,32 c	118,14 b	140,72 a	110,43 b	9,08	17,42
Açúcares solúveis totais (g/100g)	31,90 b	29,56 b	33,26 ab	33,41 ab	37,68 a	7,58	4,77
Açúcares redutores (g/100g)	1,14 c	1,23 bc	1,46 b	1,39 bc	2,32 a	11,02	0,31
Clorofila total (µg/100g)	0,104 a	0,133 a	0,016 b	0,017 b	0,012 b	41,35	0,044
Carotenoides totais (µg/100g)	241,63 d	468,97 c	639,11 b	1075,15 a	560,86 bc	9,49	107,47
Compostos fenólicos totais (mg/100g)	493,88 a	533,84 a	544,56 a	557,27 a	518,22 a	6,98	70,08
Flavonoides (mg/100g)	6,15 a	6,75 a	7,38 a	6,74 a	6,89 a	10,84	1,39
Antocianinas (mg/100g)	0,24 a	0,26 a	0,13 b	0,19 ab	0,17 ab	29,71	0,11
Ácido ascórbico (mg/100g)	11,66 a	11,64 a	7,93 b	4,38 c	3,83 c	8,11	1,21
Capacidade antioxidante (mM trolox/g)	7,38 a	7,46 a	7,25 a	7,23 a	7,38 a	2,44	0,24