



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE
DIFERENTES ACESSOS DE UMBU (*Spondias tuberosa*, Arr.
Cam.) COLETADOS NO CURIMATAÚ ORIENTAL
PARAIBANO**

OZIEL NUNES DA CRUZ

Bacharel em Agroindústria

Bananeiras, PB

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE
DIFERENTES ACESSOS DE UMBU (*Spondias tuberosa*, Arr.
Cam.) COLETADOS NO CURIMATAÚ ORIENTAL
PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar, do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Oziel Nunes da Cruz
Orientadora: Profa. Dra. Solange de Sousa

**Bananeiras, PB
2022**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C957c Cruz, Oziel Nunes da.

Características físicas e químicas de diferentes
acessos de umbu (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.)
coletados no Curimatau oriental paraibano / Oziel Nunes
da Cruz. - Bananeiras, 2022.
69 f. : il.

Orientação: Solange de Sousa.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Compostos bioativos. 2. Qualidade dos frutos. 3.
Árvore nativa. I. Sousa, Solange de. II. Título.

UFPB/CCHSA

CDU 63(043.2)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Características físicas e químicas de diferentes acessos de umbu (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) coletados no Curimataú Oriental Paraibano

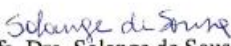
AUTOR: Oziel Nunes da Cruz

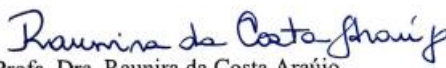
ORIENTADORA: Profa. Dra. Solange de Sousa


JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES


Profa. Dra. Solange de Sousa
Orientadora
Universidade Federal da Paraíba/UEPB


Profa. Dra. Raunira da Costa Araújo
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba/UEPB

Documento assinado digitalmente
 MAIRON MOURA DA SILVA
Data: 22/04/2022 16:38:55 -0500
Verifique em: <https://verificador.ife.br>

Prof. Dr. Mairon Moura da Silva
Examinador
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco /UFAPE

Bananeiras, 22 de junho de 2022.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, e por permitir a realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e a toda equipe do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar (PPGTA).

À professora Dra. Raunira da Costa Araújo por ter me orientado durante todo o processo de formulação da proposta, execução e escrita deste trabalho.

A meu irmão Isaú Nunes da Cruz, meus sobrinhos, Gabriel de Oliveira Nunes e Guilherme de Oliveira Nunes que me ajudaram durante as visitas aos umbuzeiros, me auxiliando nas medições dos mesmos. A minha esposa Janecleide Alves Dantas Nunes pela ajuda durante as colheitas dos frutos e preparo das amostras, e pelo apoio durante todo o curso.

Aos professores Dr. Laesio Pereira Martins, Dra. Solange de Sousa e Dr. George Beltrão da Cruz, pelas contribuições no trabalho.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE DIFERENTES ACESSOS DE UMBU (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) COLETADOS NO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO

RESUMO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera tropical nativa do Nordeste brasileiro, que se destaca por apresentar grandes perspectivas de mercado, especialmente na forma de polpa de frutas, sucos e sorvetes. O fruto do umbuzeiro é amplamente conhecido por suas características sensoriais agradáveis, como suculência e sabor agridoce. Os frutos também são fonte de compostos bioativos e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta humana, garantindo segurança alimentar nas comunidades rurais. Apesar de todo seu potencial de aplicação, mesmo reconhecendo a riqueza em nutrientes e possibilidades de uso e aplicação desses frutos, como fonte de renda, suas características ainda não foram totalmente elucidadas. Além disso, existe uma grande variabilidade genética, que culmina em variações no tamanho, na forma e nas características físico-químicas dos frutos. Nesse sentido, esse estudo objetivou caracterizar os frutos de diferentes acessos de umbuzeiro coletados na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental Paraibano através dos parâmetros físico e químicos. Apesar da existência de mais umbuzeiros na região estudada, só foi possível utilizar nesse estudo, sete acessos de umbuzeiros (U4, U6, U13, U24, U15, U16 e U19), pois os demais não produziram frutos em função do longo período de estiagem. Os acessos estudados foram avaliados quanto a altura, diâmetro do caule, diâmetro da copa e aos parâmetros físicos através da determinação do diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro equatorial (DE), firmeza e rendimento de polpa, quanto as características químicas, os teores de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável total, teor de açúcares redutores, não-redutores e açúcares totais, teor de compostos fenólicos, ácido ascórbico, pigmentos como, clorofila e carotenoides totais e teor de umidade. Tratando-se dos resultados, dentre os sete acessos de umbuzeiros estudados, os acessos U4 e U13 destacaram-se por apresentarem atributos mais desejáveis, como exemplo os teores mais elevados de sólidos solúveis, açúcares redutores, não redutores e açúcares totais, além de vitamina C e sólidos totais. O acesso U13 se destacou por apresentar teores mais elevados de acidez titulável (1,93%). Também foi identificado que os acessos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) quanto ao perfil de compostos fenólicos totais. A partir da análise de componentes principais (ACP) foi possível discriminar as diferenças e similaridades entre os acessos de umbuzeiro estudados, sendo identificado a formação de quatro grupos de acessos quanto a sua similaridade em função da composição dos parâmetros físicos e químicos dos frutos.

Palavras-chaves: Compostos bioativos, qualidade dos frutos, árvore nativa.

**PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT ACCESSES
OF UMBU (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) COLLECTED IN CURIMATAÚ
ORIENTAL PARAIBANO**

ABSTRACT

Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.) is a tropical fruit tree native to the Brazilian Northeast, which stands out for presenting great market prospects, especially in the form of fruit pulp, juices and ice cream. Umbu is widely known for its pleasant sensorial characteristics, such as juiciness and sweet and sour taste. The fruits are also a source of bioactive compounds and their consumption can contribute substantially to the human diet, ensuring food security in rural communities. Despite all its application potential, even recognizing the richness in nutrients and possibilities of use and application of these fruits as a source of income, their characteristics have not yet been fully elucidated. In addition, there is great genetic variability, which culminates in variations in the size, shape and physicochemical characteristics of its fruits. In this sense, this study aimed to characterize the fruits of different accessions of umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam) collected in Curimataú Oriental Paraíba through physical and chemical parameters. Despite the existence of more umbu trees in the studied region, it was only possible to use in this study seven accessions of umbu trees (U4, U6, U13, U24, U15, U16 and U19), since the others did not produce fruits due to the long dry period. The studied accessions were evaluated for height, stem diameter, crown diameter and physical parameters by determining the longitudinal diameter (DL) and equatorial diameter (DE), firmness and pulp yield, chemical characteristics, and total soluble solids, pH, total titratable acidity, reducing and non-reducing sugars and total sugars, phenolic compounds, ascorbic acid, pigments such as chlorophyll and total carotenoids, moisture content and total solids. In terms of results, among the seven accessions of umbu trees studied, accessions U4 and U13 stood out for having the most desirable attributes, such as higher levels of soluble solids, reducing and non-reducing sugars and total sugars, in addition to vitamin C and total solids. Accession U13 stood out for presenting higher levels of titratable acidity (1.93%). It was also identified that the accessions did not present a significant difference ($p > 0.05$) regarding the profile of total phenolic compounds. From the analysis of principal components (PCA) it was possible to discriminate the differences and similarities between the studied umbuzeiro accessions, being identified the formation of 4 groups of accessions regarding their similarity in function of the composition of the physical and chemical parameters of the fruits.

Keywords: Bioactive compounds, fruit quality, native tree.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição natural do umbuzeiro no Brasil.....	16
Figura 2. Flores de umbuzeiro.....	19
Figura 3. Frutos do umbu	20
Figura 4. Árvore do umbuzeiro no bioma da Caatinga.....	21
Figura 5. Aspecto visual do fruto de umbu na maturação fisiológica (A) e fruto maduro (B).	23
Figura 6. Frutos de umbu apresentando diferentes colorações de acordo com o estado de maturação.....	26
Figura 7. Estrutura química de compostos fenólicos encontrados nos frutos de umbuzeiro.	27
Figura 8. Localização do município de Solânea – PB	29
Figura 9. Localização dos acessos na área estudada. Fonte: Google Earth (2022).	30
Figura 10. Acessos de umbuzeiros selecionados (U4, U6, U13, U24, U15, U16, U19).	31
Figura 11. Relação DL/DE (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	38
Figura 12. Firmeza (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	39
Figura 13. Rendimento de polpa (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	40
Figura 14. Rendimento de casca (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	41
Figura 15. Rendimento de sementes (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	42
Figura 16. Score e carga fatorial da Análise de Componentes Principais das características físicas dos diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	43
Figura 17. Sólidos solúveis (A) e totais (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	49
Figura 18. pH (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	50
Figura 19. Acidez titulável (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	51
Figura 20. SST-ATT (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	52
Figura 21. Açúcares redutores (A) e não redutores (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	52
Figura 22. Açúcares totais (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	53

Figura 23. Compostos fenólicos (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	54
Figura 24. Vitamina C (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	55
Figura 25. Carotenoides totais (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	56
Figura 26. ICLa (A) e ICLb (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	57
Figura 27. Umidade (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	58
Figura 28. Score e carga fatorial da Análise de Componentes Principais das características químicas dos diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados referentes às medidas das variáveis, diâmetro do caule, raio médio da copa, diâmetro da copa e área da copa em diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba... ..	35
Tabela 2. Resultados da análise de variância referente às variáveis: relação DL/DE (diâmetro longitudinal/diâmetro equatorial), firmeza, rendimento de casca (%), rendimento de sementes (%) e rendimento de polpa (%) na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.	37
Tabela 3. Resultados referentes a análise sólidos solúveis, pH, acidez titulável total, SST-ATT, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais, compostos fenólicos, vitamina C, carotenoides, índice de clorofila <i>a</i> (ICL _a), índice de clorofila <i>b</i> (ICL _b), umidade e sólidos totais em diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.....	46

LISTA DE ABREVIACÕES

pH	Potencial hidrogeniônico
SS	Sólidos solúveis
DL	Diâmetro longitudinal
DE	Diâmetro equatorial
ATT	Acidez total titulável
PCA	Principal component analysis (Análises de Componentes Principais - ACP)
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISPN	Instituto Sociedade População e Natureza
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
ETSP	Entrepasto Terminal de São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ACP	Análise de Componentes Principais
AR	Açúcares redutores
ANR	Açúcares não Redutores
AT	Açúcares Totais
ICLa	Índices de clorofila a
ICLb	Índices de clorofila b
DP	Desvio padrão
SST	Sólidos solúveis totais
DPPH	2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
GPS	Sistema de posicionamento global
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	UMBUZEIRO	16
3.2	ASPECTOS BOTÂNICOS E MORFOLÓGICOS	18
3.3	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA.....	20
3.4	POTENCIALIDADES E RENDIMENTOS	21
3.5	MATURAÇÃO	22
3.6	ATRIBUTOS DE QUALIDADE	24
3.6.1	Aspectos físicos	24
3.6.2	Composição química	25
3.6.3	Compostos bioativos.....	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Área do estudo.....	28
4.2	Georreferenciamento e medição dos umbuzeiros	29
4.3	Colheita dos frutos.....	30
4.4	Preparo das amostras	31
4.5	Caracterização física dos frutos	32
4.5.1	Diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro equatorial (DE).....	32
4.5.2	Firmeza.....	32
4.5.3	Rendimento da polpa, casca e semente	32
4.6	Caracterização química dos frutos	32
4.6.1	Determinação dos sólidos solúveis (SS)	32
4.6.2	Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	32
4.6.3	Determinação da acidez total titulável (ATT).....	32
4.6.4	Relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável	33
4.6.5	Determinação do teor de açúcares	33
4.6.6	Determinação dos compostos fenólicos	33
4.6.7	Determinação do teor de Vitamina C.....	33
4.6.8	Determinação dos pigmentos (clorofila e carotenoides totais).....	34
4.6.9	Determinação de umidade e sólidos totais	34
4.7	Análise dos dados.....	34

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	GEORREFERENCIAMENTO E MEDIÇÃO DOS UMBUZEIROS.....	35
5.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS FRUTOS	36
5.3	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS.....	44
6	CONCLUSÃO.....	60
7	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr Cam) é uma importante árvore frutífera para a economia do semiárido nordestino e pode produzir de 28 a 32 mil frutos, com peso variando de 8 a 23 g. É uma espécie bastante representativa do bioma Caatinga, ocupando 11% do território nacional, e 70% da região do Nordeste do Brasil. Dentre outras espécies de fruteiras com potencial de exploração na Caatinga, o umbuzeiro se destaca, devido a seus frutos com aroma e sabor peculiares que agradam ao mercado consumidor nacional e internacional, como também, pela sua importância social para muitas comunidades do semiárido nordestino, visto que durante o período de colheita, o seu extrativismo tem sido a principal atividade econômica. (Batista *et al.*, 2015a).

Esta fruteira apresenta características sensoriais exóticas que despertam o interesse dos consumidores, como o sabor e o aroma que os tornam potenciais candidatos à exportação, bem como alternativas de geração de renda (Gonçalves, 2008).

Nesse contexto, o umbuzeiro apresenta grande importância ambiental e socioeconômica para as populações rurais da região Nordeste, principalmente pela produção expressiva de frutos de alto valor nutricional sob as condições climáticas extremas, visto que em sua composição, possuem teor de compostos bioativos e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta humana, destacando-se também por apresentarem características físicas e químicas desejáveis e de grande importância para o manejo e comercialização. Essas características variam em função de fatores genéticos, localização, práticas de cultivo, época de colheita e estágio de maturação (Santos *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011). Nesse sentido, contribuem com a geração de renda adicional para essas famílias no período de safra (Lima Filho; Aidar, 2016; Mertens *et al.*, 2017).

Contudo, trata-se de um fruto de curto período de sazonalidade e de alta perecibilidade, e como consequência disso, possui alto índice de desperdício, em torno de 50% da produção, devido às técnicas inadequadas de colheita e pós-colheita, sendo necessário o estudo sobre a qualidade dos frutos. Atualmente, o umbu é explorado de forma extrativista, apresentando grande potencial agroindustrial em função de suas características sensoriais agradáveis, podendo ser consumidos *in natura* ou na forma de polpa congelada, sucos, balas, picolés e sorvetes (Santos *et al.*, 2019).

Porém, mesmo reconhecendo a riqueza em nutrientes e a amplitude de possibilidades de utilização desses frutos, eles não têm recebido a devida atenção quanto as suas

potencialidades. Além disso, nas populações de umbuzeiros ocorre uma grande variabilidade genética, que culmina na variação no tamanho, na forma e nas características físico-químicas dos seus frutos em todo Nordeste brasileiro (Lima; Silva, 2016). Em virtude disso, a caracterização físico-química dos frutos apresenta uma importante ampliação e enriquecimento das informações sobre o fruto do umbu, visando aprimorar seu cultivo e comercialização, além de preservar sua variabilidade genética e sua utilização em futuros trabalhos de melhoramento. Em face disso, são necessários estudos de caracterização desses frutos (Santos *et al.*, 2019). Nesse sentido, esse estudo objetivou caracterizar os frutos de diferentes acessos de umbuzeiros coletados na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental Paraibano através dos parâmetros físicos e físico-químicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os frutos de diferentes acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa*, Arr Cam.) coletados na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental Paraibano através dos parâmetros físico-químicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a identificação e o georreferenciamento dos diferentes acessos de Umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea - PB;
- Realizar as medições das árvores (diâmetro do caule, altura e diâmetro da copa);
- Efetuar a coleta e avaliação das características físico-químicos dos frutos;
- Discriminar as diferenças e similaridades dos acessos de umbuzeiros em função de suas características físico-químicas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 UMBUZEIRO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera tropical nativa do Nordeste brasileiro, com alta capacidade de exploração na região do semiárido brasileiro, e se destaca por apresentar ampla relevância socioeconômica para as populações rurais da região. Além de ser endêmica do Bioma Caatinga, a espécie também pode ser encontrada no Sudeste do país (Figura 1). Sua predominância fitogeográfica é na Caatinga e na Savana do Brasil Central, ocupando 11% do território brasileiro e 70% da região Nordeste do país (Santos 1997; Lima *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Flora do Brasil, 2019).

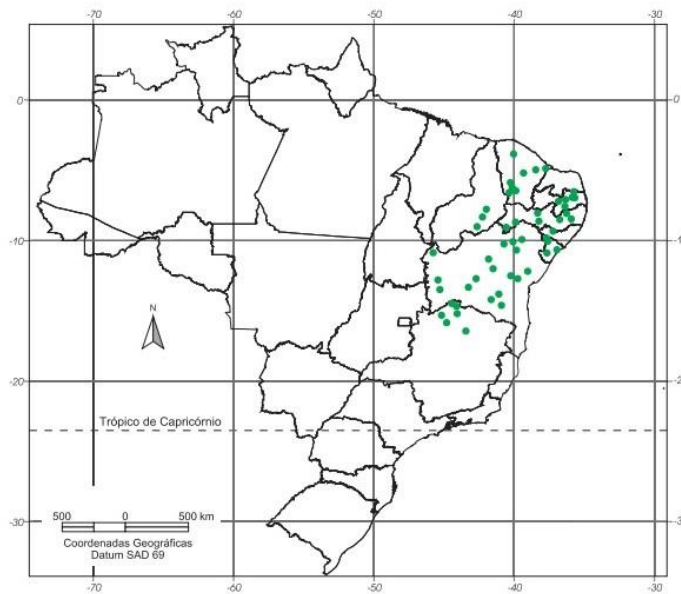


Figura 1. Distribuição natural do umbuzeiro no Brasil.

Fonte: Carvalho (2014).

O umbuzeiro também é reconhecido pela capacidade de sobrevivência em períodos de seca, possui relevância por exibir valor ambiental e econômico, por ser xerófila lenhosa, perene e produzir os frutos em épocas de baixa precipitação (Lins Neto *et al.*, 2010; Menezes *et al.*, 2017). Adapta-se a períodos prolongados de seca, sendo considerado resistente ao estresse hídrico, devido ao armazenamento de água e reservas nutritivas nas raízes modificadas (xilopódios), concentrar a maior parte dos estômatos na face abaxial da folha e ter hábito caducifólio. Desenvolve-se, em estado nativo, em regiões de clima quente, com temperaturas situando-se entre 12 °C e 38 °C, umidade relativa do ar entre 30 e 90% e 400 a 800 mm de chuva entre os meses de novembro a fevereiro (Barreto; Castro, 2010; Antunes *et al.*, 2016; Menezes *et al.*, 2017).

A planta também apresenta um ciclo de desenvolvimento longo; estima-se que viva cerca de 150 anos com manutenção da vida produtiva de até 100 anos. O período de tempo elevado para começar a produzir, provavelmente deve-se ao intenso *deficit* hídrico que o bioma possui, visto que os frutos do umbuzeiro tendem a apresentar um decréscimo na massa, diâmetro e espessura da polpa quando submetidos ao déficit hídrico (Cavalcanti *et al.*, 2010; Batista *et al.*, 2015b).

O umbuzeiro possui apenas um período de floração e frutificação por ano, coincidindo com o período mais crítico de ausência de chuvas em regiões semiáridas do Nordeste. O início da floração e frutificação varia entre regiões, ocorrendo normalmente entre os meses de janeiro a março, com produtividade média de 300 kg de frutos/safra (Batista *et al.*, 2015b; Santos *et al.*, 2018b). Seu fruto, o umbu, fornece, além de alimentação para humanos e animais, auxilia na renda do trabalhador rural, desempenhando dessa forma um papel importante no Nordeste Brasileiro, principalmente como recurso nutricional e fonte alternativa comercial para agricultura familiar durante o período da seca (Lins Neto *et al.*, 2010).

Normalmente, o umbu é comercializado em feiras livres e em pequenas cooperativas. O extrativismo intensificou a pressão sobre a espécie, reduzindo, assim, a sua densidade na Caatinga (Lima Filho, 2011) e em comparação com outras espécies nativas desta região do Brasil, os frutos do umbu são os mais consumidos pela população local. Neste sentido, do umbuzeiro é possível produzir uma série de produtos, e o fruto pode ser consumido diretamente na forma natural ou processada, a citar como exemplo, a umbuzada, produção de doces, farinha da raiz, bebidas, gelatinas, vinho, refresco, sorvete, os quais têm ganhado espaço nos mercados nacional e internacional, atingindo outras regiões brasileiras e nichos de mercado na Europa (Vidigal *et al.*, 2011; Menezes *et al.*, 2017). Conforme reportado por Ataíde *et al.* (2017) as principais regiões produtoras do umbu situam-se no estado da Bahia, com comercialização em feiras livres na forma de fruta fresca e principalmente para o processamento de polpa, além de ser utilizada também na fabricação de cerveja artesanal, e em cultivos comerciais neste estado vêm sendo incrementados com novas áreas de produtores orgânicos, visando agregar valor aos produtos e aumentar a renda familiar (Ataíde *et al.*, 2020).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018) a venda do saco de umbu pesando 45 kg pode variar de R\$ 25,00 a R\$ 130,00 dependendo da região de cultivo. E tratando-se da produção anual, as estatísticas oficiais registraram valores de 12.771 t em 2021 (IBGE, 2021). Contudo, estima-se que apenas cerca de 20% dos frutos

são colhidos e relatados nas estatísticas (Cavalcanti *et al.*, 2001). Esse fato decorre das grandes perdas atribuídas à queda natural dos frutos que amadurecem na planta, à dificuldade de alcançar plantas localizadas longe das comunidades, aos danos causados pelo manejo e ao rápido amadurecimento pós-colheita (Lima *et al.*, 2018).

Segundo Menezes *et al.* (2017), os umbuzeiros ainda são explorados de forma extrativista, carecendo assim de estudos que tenham por objetivo sua domesticação e desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a instalação de pomares comerciais, visto que os frutos são sazonais e a safra é restrita a alguns meses, além disso, devido à sua perecibilidade, há perda considerável de frutos durante a colheita, e o transporte para outras regiões do país, se torna inviável (Santos *et al.*, 2016). É válido destacar que a colheita extrativista, a variabilidade genética da espécie, a perecibilidade do fruto, a falta de conhecimentos e técnicas que favoreçam a produção e uma conservação pós-colheita mais racional dificultam o progresso, e uma maior inserção no mercado (Lima *et al.*, 2018). Também é importante citar que ao longo dos anos vem sendo desenvolvida a implantação de cultivos comerciais de “umbu gigante” no sudoeste baiano. Esta variedade produz frutos com até 150g. (Pires *et al.*, 2018). A parceria entre prefeituras, universidades, governo do estado, empresas de pesquisa agropecuária e agricultores familiares, tem promovido a implantação de fazendas experimentais para a produção de mudas do “umbu gigante”, seu cultivo e comercialização no estado da Bahia. O exemplo da fazenda experimental da Pedra Mole no município de Vitória da Conquista, a produção de mudas de umbu gigante por agricultores na comunidade de Gameleira, no município de Anagé, localizado no Sudoeste Baiano. Também tem sido empregado com sucesso o cultivo comercial instalado no município de Januária em MG, considerado o pioneiro na produção de umbus “gigantes” na região (Lima Filho; Aidar, 2016; Car, 2019; Pmvc, 2019).

3.2 ASPECTOS BOTÂNICOS E MORFOLÓGICOS

Em relação às origens e aspectos botânicos do umbuzeiro, o mesmo pertence à família Anacardiaceae que é constituída por 6.074 gêneros e 400.600 espécies de árvores e arbustos, apresentando ocorrência em regiões tropicais, subtropicais e limitadas em regiões temperadas. O umbuzeiro se destaca por ser uma espécie frutífera nativa e endêmica do semiárido brasileiro (Lima *et al.*, 2018).

O umbuzeiro é uma árvore com altura que varia de 4 m a 6 m e copa umbeliforme, podendo atingir um diâmetro em torno de 10 m a 22 m (Lima Filho, 2011). O tronco é

atrofiado e retorcido com diâmetro de 0,3 a 1,4 m. A densidade natural varia entre 0,3 e 9 árvores por hectare. Apresenta um sistema radicular especializado formado por raízes longas, espalhadas horizontalmente, próximas à superfície do solo, com túberas ou xilopódios que se caracterizam como intumescências, providas de tecido lacunoso e celulósico. Essas estruturas podem atingir até 20 cm de diâmetro e são, geralmente, encontradas com profundidade variando entre 10 e 30 cm. A principal função destas formações é o armazenamento de água, minerais e outros solutos importantes para a manutenção de um balanço hídrico da planta em condições de estresse hídrico que é característico da Caatinga (Lima Filho, 2009).

O caule apresenta de 3 a 5 ramificações principais, que podem ocorrer desde a base ou até a 1 m de altura do solo. Exibe casca morta de espessura média em torno de 2 a 5 mm, áspera e rígida, de cor cinza claro a negro e uma casca viva, de espessura média entre 5 mm e 12 mm, avermelhada internamente e que, por incisão, apresenta exsudado transparente e resinoso (Pires, 1990; Lima, 1982). As folhas estão dispostas em arranjo alternado, possuem entre 3 e 7 folíolos membranosos, formato oval e medem de 2 a 4 cm de comprimento, possuindo ainda de 2 a 3 cm de largura e totalmente lisas (Pires, 1990). As folhas podem ainda apresentar pilosidades sendo esta última característica, capaz de facilitar os mecanismos de dissipação de energia, mantendo a temperatura das folhas próxima à do ar (Larcher, 2000).

Tratando-se das flores (Figura 2), as mesmas destacam-se por serem pequenas, brancas, com inflorescências terminais unidas em forma de panícula, atingindo 10 a 15 cm de comprimento por 7 a 8 cm de diâmetro, sendo válido destacar que 40% das flores são hermafroditas e 60% são flores masculinas na mesma planta, enquadrando a espécie como andromonóica (Nadia *et al.*, 2007).



Figura 2. Flores de umbuzeiro.

Fonte: O autor (2022).



Figura 3. Frutos do umbu
Fonte: ISPN, (2022).

Usualmente, os frutos podem ainda apresentar coloração amarela esverdeada (quando maduros), com pericarpo coriáceo e polpa succulenta, com uma textura levemente aveludada, com cheiro doce, sabor agradável e levemente azedo, com variações no tamanho do endocarpo ou caroço, com consistência denso-fibrosa, e muito resistente. É possível observar também os orifícios por onde penetra a água e saem o eixo embrionário e os cotilédones, por ocasião da germinação das sementes (Mendes, 1990).

3.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Em virtude do desconhecimento sobre a dinâmica dos ecossistemas e da vegetação da Caatinga, tem sido recorrente ao longo dos anos a devastação desse bioma em função da ação antrópica nas áreas da pecuária extensiva, agricultura, extração de lenha e madeira. Sabe-se que as microrregiões como as do Curimataú (são as mais áridas da Paraíba), foram identificadas áreas com tendência ao processo de desertificação, sendo, portanto, consideradas como áreas prioritárias para conservação da biodiversidade da Caatinga (Araújo *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2012).

Conforme reportado por Santos (1997) a área de vegetação natural do umbuzeiro é representativa nas caatingas elevadas da Serra da Borborema, serras do Seridó Norte rio-grandense, Agreste piauiense, nas Caatingas pernambucanas, paraibanas, baianas e no norte de Minas Gerais, principalmente nas áreas com temperaturas entre 13 a 38 °C e com umidade

relativa situando-se entre 30 e 80%. Esta região é conhecida como centro de alta diversidade e domesticação da espécie, onde é recorrente a alta prevalência de umbuzeiros (Duque 1980; Mendes 1990; Santos 1997). Diante disso, o umbuzeiro é tido como um destacado representante das potencialidades desta região (Figura 4), pois está inserido na cultura do sertanejo, significando para este uma planta sagrada (Medeiros *et al.*, 2019).



Figura 4. Árvore do umbuzeiro no bioma da Caatinga.
Fonte: O autor (2022).

A planta se desenvolve em condições variadas apresentando aptidão por diferentes tipos de solos do Nordeste brasileiro, principalmente dentro da grande unidade de paisagem Depressão Sertaneja, em virtude disso, o umbuzeiro desenvolve o seu ciclo anual juntamente com outras espécies características desse habitat, como o sisal (*Agave sisalana* Perr.) e imburana de cheiro (*Fonsea cearensis* Fr. All.) necessitando de um período de estresse hídrico para iniciar o seu ciclo reprodutivo anual (Cavalcanti *et al.*, 2000).

3.4 POTENCIALIDADES E RENDIMENTOS

O umbuzeiro tem um papel fundamental para a população do semiárido, pois apresenta uma grande versatilidade, importância econômica e um valor cultural simbólico na vida das pessoas. Sendo necessário ressaltar a necessidade de estudos que abordem o manejo e o extrativismo da espécie, uma vez que estas ações podem trazer subsídios para garantir ações que viabilizem tanto à prática cultural dos indivíduos que ali vivem como a proteção da espécie (Dantas, 2019), mesmo se destacando entre as frutas do semiárido brasileiro pela sua identidade cultural, atividade social e econômica entre as populações que ali residem. Seu aproveitamento ainda é comprometido pela falta de conhecimento das suas potencialidades e uso de tecnologias inadequadas pelos produtores rurais (Castro; Rybka, 2015).

Segundo Castro e Rybka (2015), o umbu possui características que têm sido investigadas por áreas de pesquisa que objetivam a produção de ingredientes e produtos de alto valor nutricional, funcional, sensorial e mercadológico. Dentre suas aplicações, a produção de polpas favorece um maior aproveitamento industrial, garantindo o fornecimento do produto fora do período de safra. Mas, ainda se faz necessário a aplicação de um tratamento térmico adequado às suas características físico-químicas como forma de proporcionar maior qualidade do produto final. É importante levar em consideração que a maioria dos pequenos agricultores e comunidades tradicionais que estão envolvidos na cadeia produtiva do umbu ainda não tem acesso ao processo de conservação pelo congelamento.

Alguns autores têm observado que o rendimento de polpa do umbu pode variar conforme as condições. Rendimento este variando de 62% até 77,88%, conforme os genótipos utilizados, a região onde foram colhidos, o estágio de maturação. Silva *et al.* (1987), observaram rendimento em polpa de umbu de 68%, enquanto Cavalcanti *et al.* (2000), observaram valores de rendimento de polpa variando entre 62% e 75%. Rendimento em polpa variando de 58,9% a 63,8% foram observados por Santos *et al.* (2018a). A massa da polpa está diretamente relacionada com o rendimento industrial do umbu, sendo preferido tanto pelas indústrias de processamento como para o consumo *in natura* (Santos *et al.* 2018a). Saturnino *et al.* (2000), ao caracterizarem frutos do umbuzeiro no Estado de Minas Gerais, verificaram percentagens de polpa nos frutos variando de 51,59% a 77,88%, com uma média de 64,73%.

3.5 MATURAÇÃO

O umbu, também conhecido como imbu, derivado da palavra “ymbu”, de origem tupi-guarani, que significa “árvore que dá de beber”, uma referência a sua característica de armazenamento de água, apresenta formato arredondado, com casca lisa e peso variando entre 5,5 a 130 g, sendo que deste peso 22% é constituído por casca, 68% de polpa e 10% pelo caroço (Figura 3), representando uma quantidade considerável de resíduo como resultado de processamento da polpa. Os frutos do umbu têm formato redondo a ovoidal, com 3 a 4 cm de comprimento e 2 a 3 cm de diâmetro e possuem coloração amarelo esverdeada quando maduros (Gonçalves, 2008). Quando maduros, sua polpa é doce (9,5 ° Brix), agradável e de sabor ligeiramente ácido (pH em torno de 3) (Borges *et al.*, 2007; Galvão *et al.*, 2011).

A massa dos frutos pode variar entre 4,88 a 96,7 g, havendo genótipos que podem apresentar massa superior a 100 g. Os frutos possuem diâmetro geralmente de 2 a 4 cm, com

endocarpo ou pedra resistente e tem uma consistência fibrosa densa que contém a semente (Silva e Silva, 1974; Mertens *et al.*, 2016; ISPN, 2022).

O ciclo de desenvolvimento do fruto dura cerca de 120 dias e é caracterizado por um padrão de crescimento sigmoideal simples, ocorrendo em três fases. Na primeira fase ocorre o crescimento acelerado, que termina quando o fruto está verde, mas já existe a degradação dos pigmentos. A segunda fase corresponde ao crescimento lento que dura até que o fruto atinja a maturidade fisiológica. A terceira etapa, que é considerada a fase de estágio final na maturação é observado uma leve diminuição do peso dos frutos (Campos, 2007; Lima *et al.*, 2018).

Contudo, tratando-se da caracterização da maturação dos frutos de umbuzeiro ainda depende de critérios de padronização para identificar e definir os estágios de maturação. Neste sentido, alguns estudos apontam que a firmeza do fruto e a cor da casca, que passa de verde-escuro parcialmente na maturação fisiológica (Figura 5 A), para verde-amarelado no fruto maduro (Figura 5 B), são elementos importantes para caracterizar adequadamente os estágios de maturação dos frutos, assim como também o peso e o diâmetro transversal também são comercialmente importantes e utilizados como critérios de definição (Narain *et al.*, 1992; Costa *et al.*, 2004; Campos, 2007).



Figura 5. Aspecto visual do fruto de umbu na maturação fisiológica (A) e fruto maduro (B). Fonte: Lima *et al.* (2018).

Conforme o processo de maturação dos frutos evolui, os tecidos começam a acumular sólidos solúveis, especialmente açúcares, causando assim a degradação dos ácidos orgânicos, amido e das substâncias pécticas, alterando principalmente a firmeza que é reduzida para menos de 5 N, quando o umbu está pronto para consumo (Lopes, 2007; Almeida *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2010). Essas alterações ocorridas durante a maturação são influenciadas pelo comportamento respiratório do umbu, caracterizado como um fruto do tipo climatérico. Segundo Lopes (2007) o pico respiratório dos frutos é de cerca de 150 mg CO₂/kg por h, a 24

± 2 °C, ocorrendo cerca de 24 h após o processo de colheita na fase de maturação, onde a cor da casca é verde clara. Da mesma forma, o aumento da produção de etileno durante a maturação determina as taxas em que ocorrem as mudanças físicas e químicas no fruto do umbu.

3.6 ATRIBUTOS DE QUALIDADE

O umbuzeiro apresenta grandes perspectivas de mercado. Contudo, devido à sua perecibilidade, há perda considerável de frutos durante a colheita. Dessa maneira, as informações acerca dos parâmetros físico-químicos, nutricionais e funcionais dos frutos de umbuzeiro constituem-se em ferramentas de qualidade importantes, visto que contribui para o interesse da população pelo consumo dos mesmos, bem como para o desenvolvimento de novos produtos, oferecendo uma alternativa de atividade sustentável para as populações das regiões de ocorrência das espécies frutíferas nativas (Santos *et al.*, 2018b).

Assim, associada a esses atributos, a composição dos frutos de umbuzeiro também é muito relevante, em função da presença de vários constituintes físico-químicos e químicos na polpa. É essa qualidade intrínseca que oferece aos frutos e aos produtos derivados deles a qualidade sensorial e nutricional, responsável pela sua aceitação definitiva no mercado (Lima *et al.*, 2002). Além disso, os frutos do umbuzeiro desempenham um importante papel na alimentação humana, contribuindo para o fornecimento de calorias, sais minerais, vitaminas, fibras e água, constituindo-se, dessa forma, em fontes mantedoras da saúde. É válido destacar que essas características de qualidade físicas, físico-químicas e minerais dos frutos podem variar de acordo com os fatores genéticos, local de cultivo, tratamentos culturais, época de colheita, o estágio de maturação, dentre outros (Santos *et al.*, 2010).

Conforme reportado por Silva *et al.* (2019) no estudo da qualidade pós-colheita em frutos nativos, inúmeros parâmetros de qualidade podem ser avaliados, dentre eles, o teor de acidez total, pH, sólidos totais, teor de ácido ascórbico, pectina total, pectina solúvel, antocianinas, flavonoides, atividade antioxidante, entre outros parâmetros.

3.6.1 Aspectos físicos

Como visto por Lima *et al.* (2002) a qualidade dos frutos apresenta relação direta aos seus parâmetros físicos, que correspondem à aparência externa, destacando-se quanto ao tamanho, a forma do fruto e a cor da casca, respectivamente. A aparência externa dos frutos, tais como tamanho, consistência, espessura, forma e coloração da casca são fatores de extrema importância para aceitabilidade pelos consumidores. O conhecimento das

características físicas dos frutos e as mudanças que ocorrem durante a maturação são dados importantes que auxiliam no desenvolvimento de técnicas de manejo e que contribuem para evidenciar a qualidade comercial dos mesmos (Santos *et al.*, 2018b).

Ao estudarem os parâmetros físicos dos frutos de umbuzeiro colhidos na Paraíba, Costa *et al.* (2004) encontraram uma variação de comprimento situando-se entre 2,85 a 4,96 cm e largura no intervalo de 2,64 a 4,91 cm, com peso médio de 15 g, distribuídos em epicarpo (12,8%), mesocarpo (76,8%) e endocarpo (10,4%). Menezes *et al.* (2017), ao avaliarem a influência do estágio de maturação na qualidade físico-química de frutos de umbu procedentes do nordeste brasileiro, encontraram comprimento e diâmetro dos frutos com valores médios variando de 29,90 mm (umbu maduro) a 33,50 mm (umbu verde) e 26,62 mm (umbu maduro) a 27,79 mm (umbu verde) respectivamente, e peso variando entre 10,74 g (umbu maduro) a 14,45 g (umbu verde).

Em estudos realizados por Narain *et al.* (1992), foram observados um percentual de 57,7% de polpa. Para o percentual de semente e casca foi encontrado valores médios variando entre 21,2 e 20,9%, diferindo assim dos valores reportados por Dantas Júnior (2008), com uma média de 13,6% de semente e 17,2% de casca. Gondim *et al.* (2013) verificaram uma amplitude para o comprimento e diâmetro de frutos de diferentes acessos de umbu-cajazeira cultivados na região do Brejo Paraibano variando entre 36,99 a 44,29 mm e 31,82 a 35,97 mm, com média geral de 41,89 e 34,35 mm. Os autores observaram que a avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos dos acessos de umbuzeiros se faz necessário no sentido não apenas de identificar materiais com características promissoras de interesse para a indústria ou consumo fresco, mas também para dar suporte aos programas de melhoramento.

3.6.2 Composição química

A composição química do fruto, também é muito relevante, em função da presença de vários constituintes químicos que são parâmetros de qualidade e do valor nutricional que eles possuem (Silva *et al.*, 2017). Assim, Tratando-se das propriedades químicas dos frutos de umbuzeiro, Santos *et al.* (2018b) reportaram que eles são caracterizados principalmente por apresentarem alto conteúdo de vitamina C, excelentes características de sabor e aroma, aparência e qualidade nutritiva, e com grande potencial tanto para o consumo *in natura* como para o processamento agroindustrial.

Para a caracterização química, os parâmetros de acidez e sólidos solúveis, são as variáveis que apresentam maior interesse para avaliar a qualidade química dos frutos que serão processados. O teor de sólidos solúveis expresso em °Brix, que é uma medida indireta

de determinação do teor de açúcares dos frutos. Esse parâmetro quando relacionado à acidez titulável tem sido associado ao estado de maturação fisiológico dos frutos. O teor de sólidos solúveis totais situa-se em torno de 10,0 °Brix, e o de pH (potencial hidrogeniônico) em torno de 2,45 e corresponde a concentração de íons de hidrogênio (H^+). Nos frutos de umbuzeiro ocorre um aumento na relação de SS/acidez, aumento nos valores de pH, e redução no teor de acidez mediante o avanço do processo de maturação (Costa *et al.*, 2004; Seymour *et al.*, 2012).

De acordo com Ferreira *et al.* (2000), os valores de vitamina C nos frutos podem variar entre 13,31 a 14,78 mg100 g⁻¹ e esses dados corroboram com os reportados por Lima *et al.* (2015) ao verificarem os parâmetros químicos em frutos de umbuzeiros colhidos no estado da Paraíba. Quanto ao perfil de compostos voláteis, os mesmos são tidos como componentes de qualidade importantes nos frutos do umbuzeiro, com ênfase principalmente para o 1-heptanol, 2-nonanol, 1-octanol, 2-octanol, metilpirazina, β -cis-ocimeno, 2-butiltiofeno, octanoato de metila, 2-hexil-furano e (*E*)-2-ciclo-hexen-1-ona, sendo esses compostos identificados principalmente em frutos de umbu maduros (Galvão *et al.*, 2011). Entre os pigmentos presentes no umbu, os principais são a clorofila e carotenoides, o que lhe dá uma coloração verde amarelada (quando maduros), ou verde (imaturo) (Figura 6), além de uma pequena concentração de compostos fenólicos (Xavier, 1999).



Figura 6. Frutos de umbu apresentando diferentes colorações de acordo com o estado de maturação.

Fonte: Embrapa (2022).

3.6.3 Compostos bioativos

Os frutos de umbuzeiro são caracterizados por apresentarem alto conteúdo de vitamina C, excelentes características de sabor e aroma, aparência e qualidade nutritiva. Contudo, verifica-se na literatura escassez de estudos relacionados à caracterização dos compostos bioativos dos mesmos, sendo atributos de qualidade importantes para a inserção e aceitação destes frutos no mercado frutícola brasileiro (Santos *et al.*, 2018b). Os frutos são fonte de compostos bioativos e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta humana, a citar

como exemplo, os compostos fenólicos que vêm sendo encontrados em quantidades significativas (Figura 7) (Santos *et al.*, 2010).

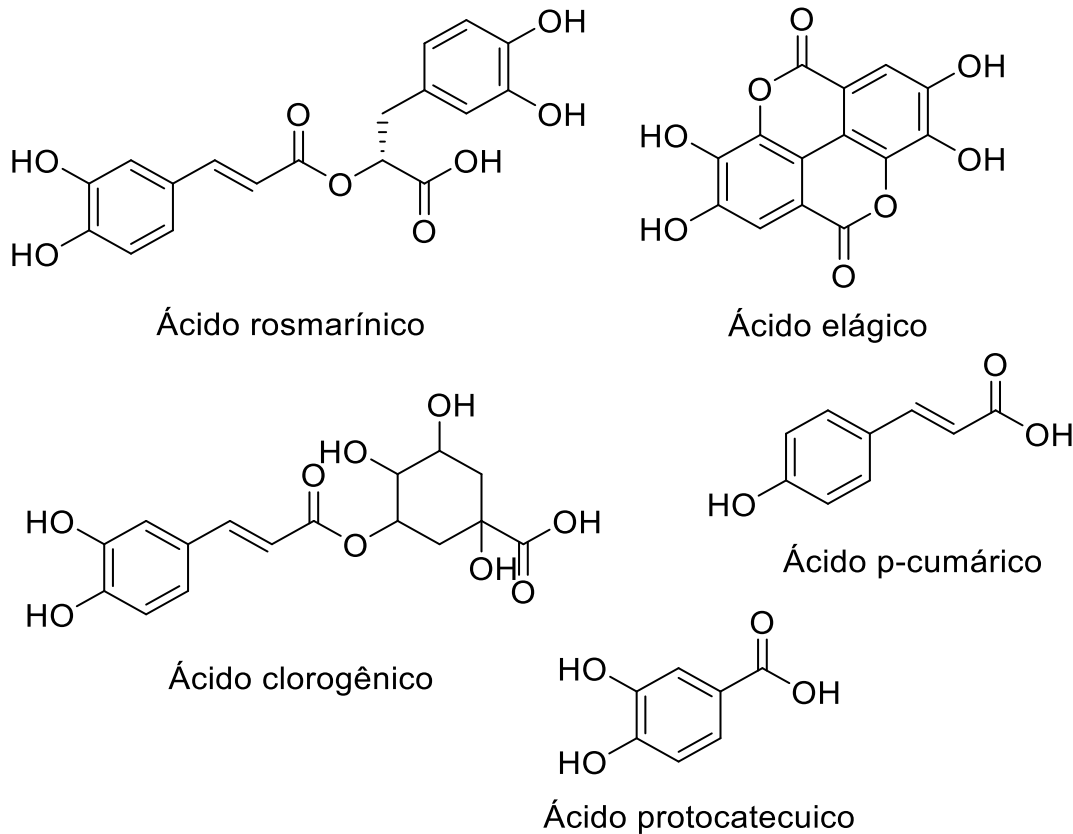


Figura 7. Estrutura química de compostos fenólicos encontrados nos frutos de umbuzeiro. Fonte: Adaptado de Carvalho (2022)

De acordo com Dias *et al.* (2019) e Dutra *et al.* (2017), os compostos bioativos que são constituídos por anéis aromáticos e grupos hidroxilas, podem ser encontrados em quantidades elevadas em frutos nativos e exóticos como o umbu, e tem ganhado amplo destaque por apresentarem atividade antioxidante. Estes compostos compreendem uma extensa quantidade de substâncias que incluem os compostos do tipo flavonoides e não flavonoides. Eles podem ser divididos em ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas e taninos. Em sua maioria são compostos do metabolismo secundário encontrados nas plantas, que os utilizam como forma de proteção contra danos que podem ser causados por radicais livres. Com propriedades antioxidantes tornam-se muito importantes para proteção das moléculas em seus compartimentos celulares (Moreira *et al.*, 2021). Além disso, esses compostos também estão associados a características dos alimentos tais como cor, sabor em diversas plantas (Chirinos *et al.*, 2009).

Os compostos fenólicos presentes nos frutos conferem funções e ações importantes para a saúde humana, principalmente por atuarem como antioxidantes e sequestrantes de radicais livres, capazes de ajudar a reduzir o risco de enfermidades como o câncer, doenças cardiovasculares, artrite reumatoide, doença de Parkinson, e doença de Alzheimer, além de auxiliar na redução ou prevenção do envelhecimento (Pimentel *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2021).

Santos *et al.* (2018b) ao quantificarem os teores de compostos fenólicos em frutos de umbuzeiros nativos de Alagoas, observaram alto conteúdo de substâncias que possuem propriedades funcionais, como as antocianinas e flavonoides, constituindo-se em uma fonte potencial de antioxidantes naturais para a dieta humana, apesar dos autores encontrarem grande variação entre os dados observados. No entanto, segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de compostos com propriedades biologicamente ativas são influenciados por diversos fatores, dentre eles, o genótipo, estágio de maturação, nutrição mineral e condições edafoclimáticas.

Zielinski (2014) ao avaliar a quantidade de compostos fenólicos em polpa de frutas congeladas produzidas a partir do fruto de umbuzeiro, determinou valores de compostos fenólicos de 158,54 (mg GAE/kg) e flavonoides 69,30 (mg CTE/kg), comprovando assim a presença de compostos bioativos e da atividade antioxidante através dos métodos de DPPH e FRAP. Dutra *et al.* (2017), ao estudarem a atividade antioxidante e quantidade de compostos fenólicos em polpas de frutas, identificaram o perfil fenólico de polpa de umbu, tendo encontrado um alto teor de fenólicos livres totais, com alta predominância do ácido protocatecuico. Santos *et al.* (1999) encontraram diferentes compostos bioativos como, alcaloides, esteroides, fenóis, flavonoides, triterpenoides e xantonas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área do estudo

Os frutos estudados foram colhidos na comunidade São Luiz, situada na Zona Rural do Município de Solânea – PB (Figura 8), localizado na microrregião do Curimataú Oriental paraibano (Latitude: 6° 45' 58" Sul, Longitude: 35° 43' 3" Oeste e altitude média de 589 m). Ao todo, 7 acessos de umbuzeiros foram marcados e georreferenciados e posteriormente foram colhidos 100 frutos de cada acesso, no estágio de maturação denominado por Campos (2007) de 3FTV-In Fruto Inchado (início da pigmentação). Apesar da existência de mais umbuzeiros na região estudada, só foi possível o georreferenciamento e a coleta dos frutos em 7 acessos, pois os demais não produziram frutos em função do longo período de estiagem.

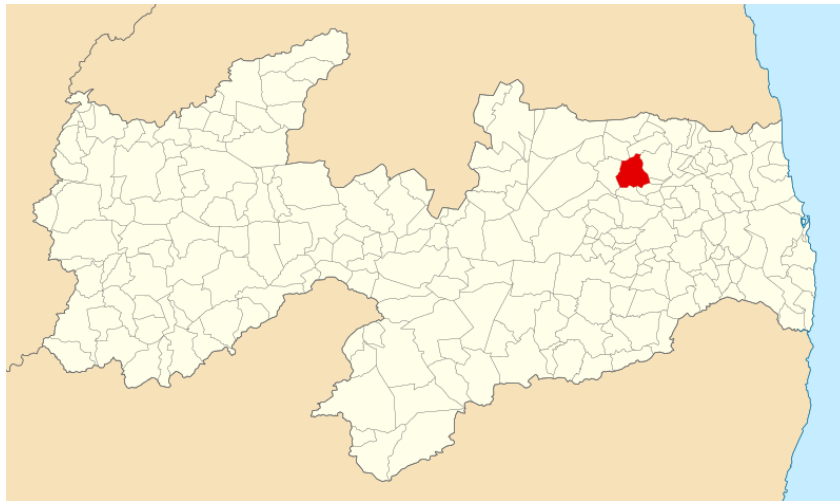


Figura 8. Localização do município de Solânea – PB
Fonte: IBGE (2022).

4.2 Georreferenciamento e medição dos umbuzeiros

Foi realizado o georreferenciamento dos umbuzeiros através do programa C7 GPS (Figura 9). Posteriormente, foram feitas as medições por meio da determinação do diâmetro do caule, altura e diâmetro da copa.

Para a medição do diâmetro do caule foi utilizado uma suta dendométrica, sendo realizada ao nível do solo. A altura da planta foi realizada utilizando-se canos de PVC pintados a cada 1 m, com um comprimento máximo de 5 m. Quando insuficientes, o comprimento vertical das varas encaixadas foi somado à altura do auxiliar de campo para se obter a estimativa da altura. Para a medição do raio e diâmetro da copa, foi feita a medição de oito raios, segundo os pontos cardeais e colaterais. Em relação a estas informações, não foi realizada as análises estatísticas dos dados.



Figura 9. Localização dos acessos na área estudada.
Fonte: Google Earth (2022).

4.3 Colheita dos frutos

Os frutos foram colhidos no horário da manhã, acondicionados em sacos plásticos e devidamente identificados. Em seguida foram transportados em caixas de isopor para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

No laboratório foram classificados de acordo com a uniformidade dos frutos para obtenção da amostra final constituído de ($n = 75$) frutos para cada acesso (Figura 10). As análises foram realizadas em triplicatas, onde cada unidade experimental foi constituída por 25 frutos. Para as análises físicas foi feita uma sub-amostragem com 10 frutos de cada unidade experimental.

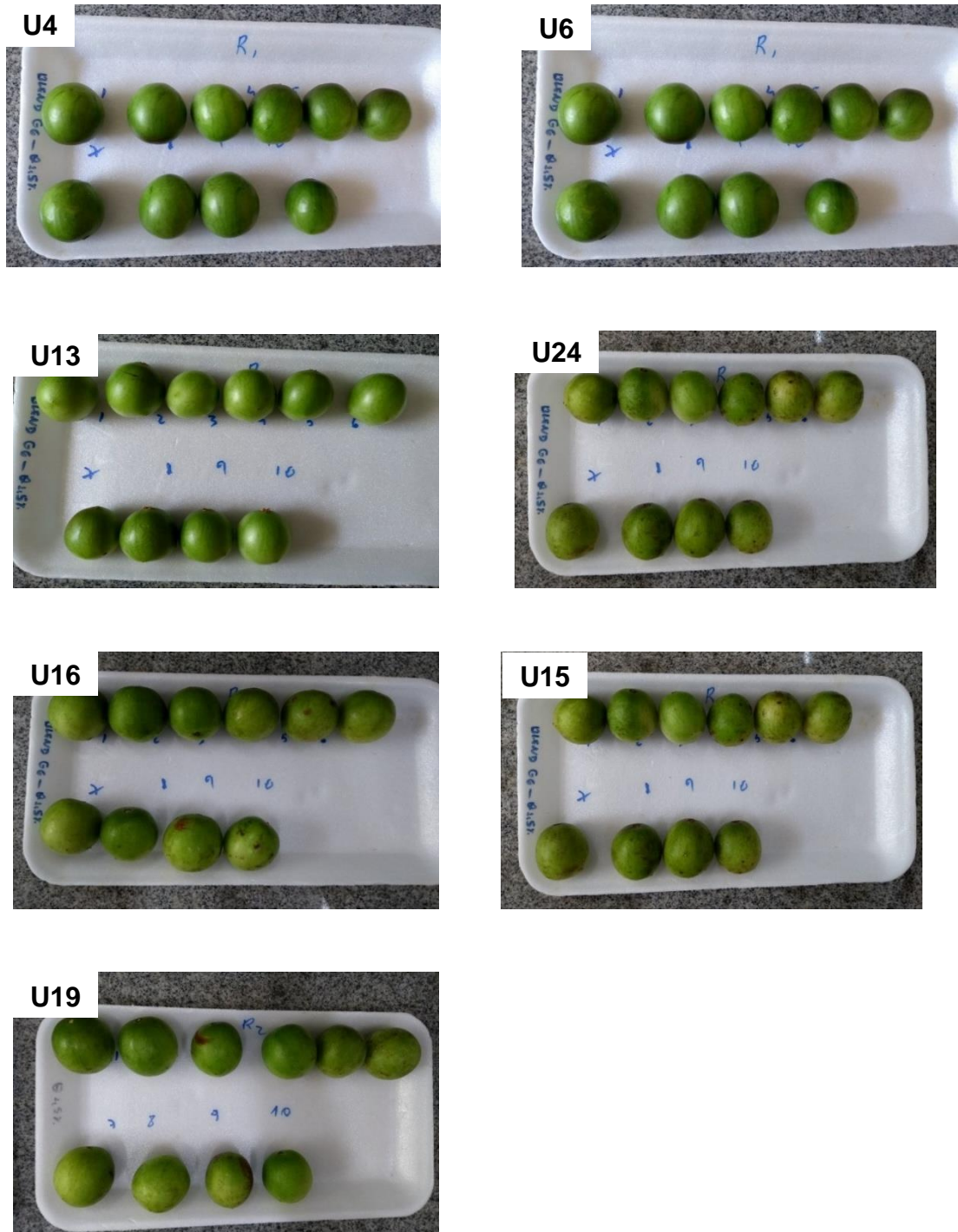


Figura 10. Acessos de umbuzeiros selecionados (U4, U6, U13, U24, U15, U16, U19).
Fonte: O autor (2022).

4.4 Preparo das amostras

Para produção da polpa, foram coletados frutos de vários umbuzeiros e levados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do CCHSA da UFPB. Os frutos foram higienizados e em seguida com o auxílio de facas foram separadas a polpa, semente e casca.

4.5 Caracterização física dos frutos

4.5.1 Diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro equatorial (DE)

A determinação do diâmetro dos frutos foi feita por leitura direta de cada amostra, com o auxílio de paquímetro, graduado em centímetros.

4.5.2 Firmeza

A firmeza foi medida por meio de um penetrômetro digital da marca Instrutherm e modelo PTR-300 usando ponteira de 3 mm, avaliada na região equatorial dos frutos, sem retirada da casca, sendo os resultados expressos em Newton (N).

4.5.3 Rendimento da polpa, casca e semente

Foi determinado através da obtenção da massa (g) total do fruto inteiro. Em seguida, com o auxílio de facas de inox foi feita a separação da casca, da polpa e da semente e, em seguida, pesados individualmente em balança analítica. A partir dos pesos individuais foram determinadas as porcentagens de cada componente (polpa, casca e semente).

4.6 Caracterização química dos frutos

4.6.1 Determinação dos sólidos solúveis (SS)

Os teores de Sólidos Solúveis foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro digital da marca/modelo Megrabrix-BZW92. Os resultados foram expressos em ° Brix, conforme técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.6.2 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi medido utilizando-se um potenciômetro digital da marca/modelo *Tecnopon* – mPA-210, conforme método estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.6.3 Determinação da acidez total titulável (ATT)

A acidez titulável foi realizada a partir da titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1 N, tendo como indicador a solução de fenolftaleína a 1% de acordo com método preconizado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico por 100 g⁻¹ de polpa.

4.6.4 Relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável

A relação entre o teor de sólidos solúveis totais (SS) e acidez titulável (AT) foi realizada através da Equação 1:

$$SS/ATT = \frac{SS}{ATT} \quad Eq. 1$$

Onde:

SS/ATT = Relação entre SS e ATT

SS = Sólidos solúveis

ATT = Acidez total titulável

4.6.5 Determinação do teor de açúcares

A metodologia utilizada para verificar o teor de açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e açúcares totais (AT), foi baseada nas condições propostas por Lane-Eynon descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e os resultados foram expressos em %.

4.6.6 Determinação dos compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi feita a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2012). Os extratos foram preparados a partir de 1 g da amostra, onde foi diluída em 50 mL de água destilada e deixada em repouso por 30 min. Uma alíquota de 500 µL do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, contendo 1,625 µL de água destilada e 125 µL do reagente Folin-Ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após foi adicionado 250 µL de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. O ácido gálico foi utilizado como padrão analítico e as leituras medidas a 765 nm, em espectrofotômetro, marca/modelo Bel Photonics UV-M51. Os resultados foram expressos em mg por 100 g⁻¹ de massa fresca do fruto.

4.6.7 Determinação do teor de Vitamina C

O teor de vitamina C dos frutos foi verificado a partir do método estabelecido pela AOAC (2012). Pesou-se 1 g de amostra, e posteriormente foi transferida para Erlenmeyer, e completado para 50 mL com solução de ácido oxálico a 0,5%, sendo a titulação feita com

solução Tillmans até o ponto de viragem róseo claro. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g⁻¹ de massa fresca do fruto.

4.6.8 Determinação dos pigmentos (clorofila e carotenoides totais)

O teor de pigmentos foi realizado através do método proposto por Nagata e Yamashita (1992). Pesou-se 1 g de amostra, e em seguida foi adicionado 10 mL da solução acetona/hexano na proporção 4:6, seguida da agitação em tubo vortex e posteriormente ficou em repouso na geladeira, sendo as leituras da absorvância realizadas após 24 horas nos seguintes comprimentos de onda 453, 505, 645 e 663 nm. Foi utilizado um espectrofotômetro marca/modelo Bel Photonics UV-M51. Os resultados foram expressos em mg por 100 g⁻¹ de massa fresca do fruto.

4.6.9 Determinação de umidade e sólidos totais

A determinação do teor de umidade e de sólidos totais foram realizadas a partir de pesagem de 3 g da amostra submetida à secagem em estufa, marca Nova Ética - modelo 402/3 pelo método gravimétrico por 24 horas a 105 °C. Os resultados foram expressos em % de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.7 Análise dos dados

Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão e todas as análises estatísticas foram realizadas no *Software R* versão 3.4.1 (2017). Os dados da caracterização físico-química foram submetidos aos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis e Nemenyi-test para variáveis independentes com nível de 5% de significância.

A análise dos componentes principais (ACP) foi aplicada para avaliar a similaridade das características físicas e químicas em função dos diferentes acessos de umbuzeiros que foram estudados e foi calculada a partir da matriz de correlação. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico *Minitab v.17*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 GEORREFERENCIAMENTO E MEDIÇÃO DOS UMBUZEIROS

Os valores referentes aos resultados das medições dos acessos de umbuzeiros estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados referentes às medidas das variáveis, diâmetro do caule, raio médio da copa, diâmetro da copa e área da copa em diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

Valores	Acessos de umbuzeiro							Média
	u.04	u.06	u.13	u.15	u.16	u.19	u.24	
Altura (m)	5,20	8,75	7,77	8,32	6,84	6,87	7,13	7,27
Diâmetro do caule (cm)	38	36	38	38	35	42	27	36,29
Raio médio da copa (m)	4,59	5,49	5,52	5,31	4,36	3,18	4,29	4,68
Diâmetro da copa (m)	9,18	10,99	11,04	10,62	8,72	6,36	8,57	9,35
Área da copa (m ²)	66,12	94,82	95,68	88,54	59,72	31,72	57,68	70,61

Observa-se que as alturas dos acessos estudados variaram de 5,20 a 8,75 metros de altura, com uma média de 7,27 metros. Quanto aos diâmetros dos caules, foram encontrados valores variando de 27 a 42 cm com média de 36,29 cm. Os raios médios das copas variaram de 3,18 a 5,52 metros, com média de 4,68 m. As medidas dos diâmetros das copas tiveram uma variação de 6,36 a 11,04 metros com média de 9,35 m. Quanto aos valores de área de copa dos acessos de umbuzeiros, foram encontrados medidas variando entre 31,72 a 95,68 metros quadrados, com média de 70,62 m². Estes resultados foram bem semelhantes aos valores encontrados por Santos *et al.* (1999) que ao analisar acessos de umbu do

banco de Germoplasma de Umbuzeiro Embrapa Semiárido, Petrolina - PE, obtiveram como valores para altura de árvore de 3,50 m a 8,50 m; circunferência do caule a 20 cm do solo entre 0,40 m a 3,00 m; maior diâmetro de copa de 4,50 m a 15,20 m e menor diâmetro de copa variando de 4,00 m a 14,60 m. Dores (2019) ao fazer avaliações em três acessos adultos de umbuzeiros no município de Serra Talhada – PE, encontrou valores para altura das árvores variando de 4,9 a 6,6 metros, diâmetro do caule rente ao solo apresentaram valores entre 1,4 a 2,0 metros, e o diâmetro de copa valores entre 11,35 a 14,45 metros. Cavalcanti *et al.* (2010) avaliando o crescimento de plantas de umbuzeiro obtiveram aos 9 anos de idade, valores para altura de planta de 2,58 metros, diâmetro do caule de 10,39 centímetros e diâmetro da copa de 5,27 metros.

5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS FRUTOS

Os valores referentes aos resultados da caracterização dos parâmetros físicos dos frutos de diferentes acessos de umbuzeiro estão apresentados na Tabela 1. Através do teste de Kruskal-Wallis, observou-se que o rendimento de polpa ($H = 18,407$; $p = 0,005292$), rendimento de casca ($H = 16,76$; $p = 0,01021$), rendimento de sementes ($H = 18,363$; $p = 0,005387$), firmeza ($H = 16,166$; $p = 0,01289$) e relação DL/D ($H = 18,887$; $p = 0,004359$) foram afetados pelos diferentes acessos de umbuzeiro.

Tabela 2. Resultados da análise de variância referente às variáveis: relação DL/DE (diâmetro longitudinal/diâmetro equatorial), firmeza, rendimento de casca (%), rendimento de sementes (%) e rendimento de polpa (%) na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

Valores	Acessos de umbuzeiro							Média	<i>p-value</i>
	u.04	u.06	u.13	u.15	u.16	u.19	u.24		
Relação DL/DE	1,05±0,01	1,13±0,02	1,05±0,00	1,07±0,01	1,16±0,01	1,07±0,01	1,08±0,00	1,09±0,04	0,00436
Firmeza	17,14±0,75	14,39±0,93	22,12±2,49	23,96±1,93	18,63±1,02	20,84±2,07	23,15±1,28	20,03±3,56	0,01289
Rendimento de casca (%)	15,31±1,00	14,83±0,81	18,88±2,73	17,16±1,46	15,28±0,05	13,39±0,41	13,74±0,48	15,51±2,12	0,01021
Rendimento de sementes (%)	13,58±0,85	9,16±0,28	19,00±1,12	7,93±0,40	9,74±0,34	8,85±0,60	8,24±0,27	10,93±3,85	0,00539
Rendimento de polpa (%)	71,10±1,05	76,01±0,73	62,09±1,56	74,91±1,52	74,98±0,39	77,76±0,35	78,02±0,59	73,55±5,33	0,00529

Significância do teste de Kruskal-Wallis e teste de Nemenyi entre os grupos.

Para os parâmetros que apresentaram diferença significativa no teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Nemenyi-test com a finalidade de encontrar grupos de dados que possuem diferenças significativas após aplicação de um teste estatístico global, rejeitando-se a hipótese nula de que o desempenho das comparações nos grupos de dados é semelhante, conforme ilustram as Figuras a seguir (11, 12, 13, 14 e 15).

Para a relação DL/DE (diâmetro longitudinal/diâmetro equatorial) dos acessos estudados foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) (Figura 11), com os resultados variando entre 1,05 a 1,16; dentre eles, os acessos U15, U24, U13 e U19 destacaram-se por apresentar valores mais elevados. O acesso U06, exibiu valores inferiores em relação aos demais, indicando assim para esse acesso que os frutos possuíam formato elíptico. Segundo Santos *et al.* (2010) é a relação DL/DE, que indica o formato do fruto e quanto mais próximo o resultado de 1 mais arredondado é o fruto.

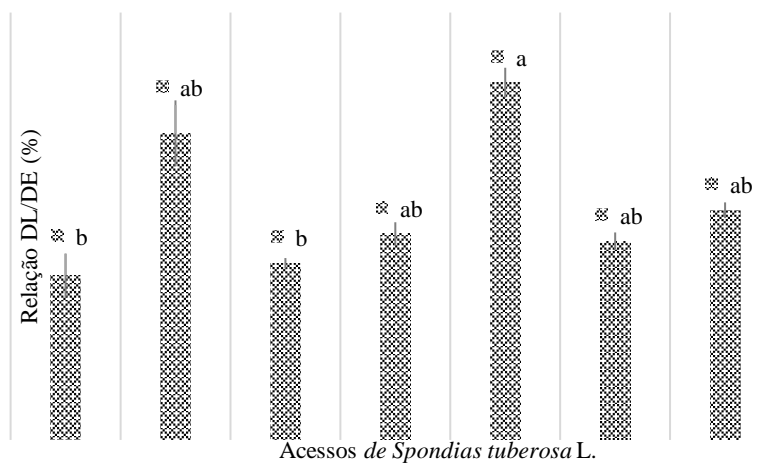


Figura 11. Relação DL/DE (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($P < 0,05$).

Oliveira *et al* (2015) ao avaliar as características físicas e físico-químicas dos frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro implantados no Jardim Clonal do Instituto Federal Baiano, Campus de Guanambi - BA, obtiveram valores de relação entre diâmetro longitudinal e diâmetro transversal DL/DT variando de 1,03 a 1,22. De acordo com os mesmos autores a relação DL/DT indica o formato do fruto, quanto mais próximo o resultado de 1 mais arredondado é o fruto. Assim os frutos estudados variaram do formato arredondado ao formato ligeiramente oblongo.

Ao analisar frutos de umbu de 69 genótipos oriundos do Banco de Germoplasma do Umbuzeiro da Estação Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, Município de Petrolina-PE, Silva (2019) verificou a relação entre diâmetro longitudinal e diâmetro transversal DL/DT com valores entre 0,8 a 1,2.

A forma do fruto exerce influência no seu valor comercial. Frutos com formato pouco uniformes são pouco aceitos e têm baixo preço. Para as indústrias, são preferidos aqueles com valores próximos a 1 por facilitar as operações de limpeza e processamento dos frutos (Chitarra; Chitarra, 2005).

Para a variável firmeza dos frutos oriundos dos diferentes acessos de umbuzeiro, foram determinados valores médios em torno de 14,39 N para U06 a 23,96 N para U15 (Figura 12). Os acessos U15, U24 e U13 apresentaram para essa variável valores mais altos, sugerindo assim que os mesmos tendem a apresentar maior resistência a danos físicos. Santos *et al.* (2019) ao avaliar 4 acessos de umbuzeiros do banco de germoplasma da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG, verificaram valores médios entre 30,2 a 59,8 N. Costa *et al.* (2021) ao avaliar as características físicas e químicas de frutos de umbugueira no semi-árido pernambucano, observaram valores médios de 63,5 N para os frutos maduros, estando esses valores superiores aos encontrados nesse estudo.

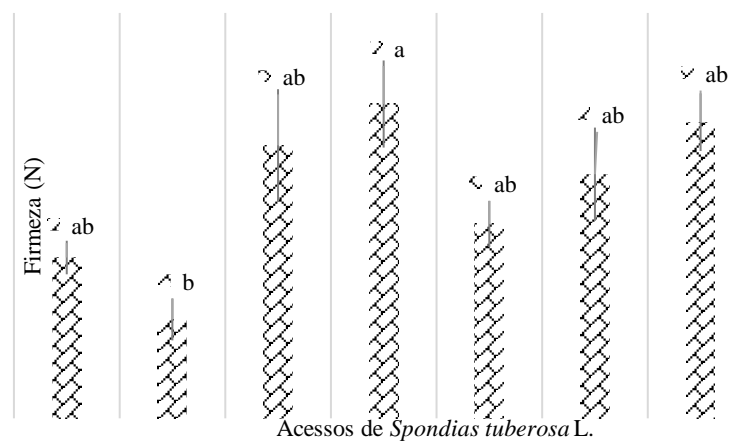


Figura 12. Firmeza (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($P < 0,05$).

Os frutos de umbuzeiro que apresentam valores mais altos de firmeza (N) tendem a exibir maior vida útil pós-colheita em função da maior resistência a danos físicos e mecânicos. Além disso, a perda de firmeza está associada ao aumento das enzimas hidrolisantes que degradam os carboidratos da parede celular (Santos *et al.*, 2019).

Para o rendimento das polpas produzidas a partir dos diferentes acessos de umbuzeiro (Figura 13), foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) e valores que variaram entre 62,09 a 78,02%, com uma média geral de 73,55%, destacando-se os acessos U19 e U24 com valores superiores aos demais 77,76 e 78,02%.

Santos *et al.* (2019) ao avaliar 4 acessos de umbuzeiros do banco de germoplasma da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG obtiveram valores de rendimento de polpa variando de 58,9% a 63,8%. Enquanto Dutra *et al.* (2017) avaliando umbuzeiros produzidos em cinco municípios da Bahia, obtiveram valores de rendimento de polpa variando de 59,18% a 73,54%. Menezes *et al.* (2017) ao estudar a influência do estágio de maturação de frutos do umbuzeiro colhidos no município de São José de Espinharas

localizado na mesorregião do sertão paraibano, verificaram o rendimento de polpa variando entre 74,30% e 80,55%, sendo estes percentuais influenciados pelo estágio de maturação dos frutos, que são reduzidos a medida que o fruto amadurece. Dantas Júnior (2008), ao avaliar frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos de Petrolina, PE, encontrou uma variação de rendimento de polpa de 86,31% a 92,77%. De acordo com o autor, esses resultados são tidos como características satisfatórias para a industrialização dos frutos de umbuzeiro, visto que esses rendimentos são considerados altos. Assim, o percentual de rendimento de polpa obtido no presente estudo demonstra um grande potencial dos frutos para a indústria alimentícia, principalmente de polpa e sucos, sendo o principal fator para a aquisição da matéria-prima, visto que a polpa é considerada a parte comestível da fruta.

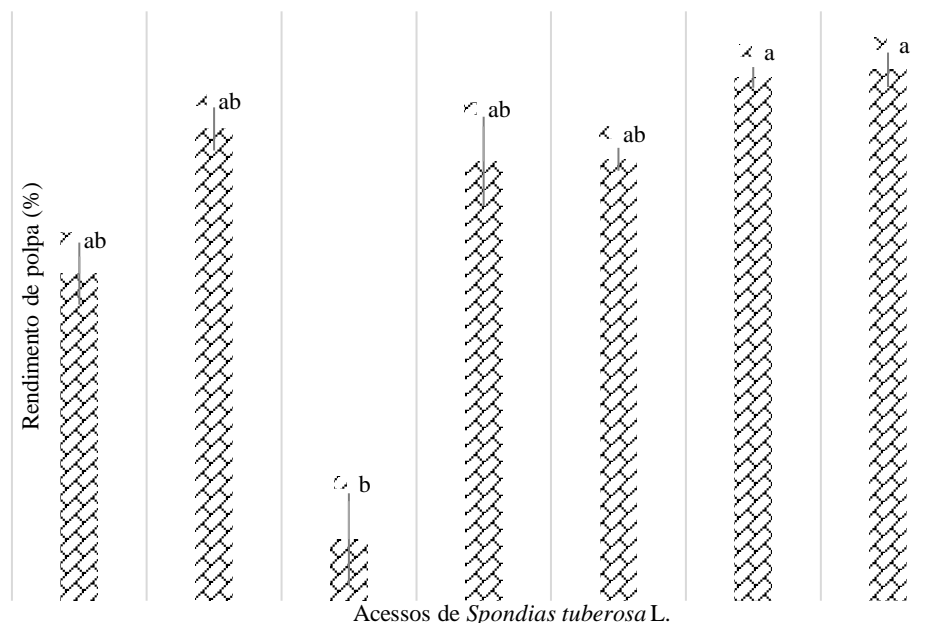


Figura 13. Rendimento de polpa (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

De acordo com Lira Junior *et al.* (2005), o rendimento de polpa também é visto como um atributo de qualidade, especialmente para os frutos que serão destinados para elaboração de produtos, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias processadoras é de 40%. Esse valor é considerado o mínimo estipulado pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) (Brasil, 1999).

Quanto à percentagem do rendimento de casca, os valores médios variaram entre 13,39% (U19) e 18,88% (U13), com as médias diferindo entre si ($p < 0,05$) (Figura 14). A percentagem de casca diferiu entre os acessos, destacando-se o U19 com menor valor em

decorrência, provavelmente, do menor tamanho e da massa do fruto. Os acessos U13 e U15 apresentaram rendimentos de casca superior, em torno de 18,88 e 17,16%, respectivamente. De acordo com Santos *et al.* (2010) essa variação observada entre os acessos pode ser atribuída às condições edafoclimáticas e ao fator genético, influenciando na massa e rendimento dos frutos.

Menezes *et al.* (2017) verificaram que o peso das cascas é inversamente proporcional ao estágio de maturação dos frutos do umbuzeiro, tendo os frutos verdes maior peso em casa. Isso ocorre porque a casca do umbu verde é mais grossa. Santos *et al.* (2010) ao realizarem a caracterização física e físico-química de frutos de umbu cajá produzidos no recôncavo Sul da Bahia, observaram valores médios de casca na ordem de 10,0%. Santos *et al.* (2019) ao avaliarem 4 acessos de umbuzeiros do banco de germoplasma da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG, encontraram valores médios de casca variando entre 6,88 a 11,10%. Lima *et al.* (2018) em seus achados, reportaram valores médios de rendimento de casca entre 17,30 a 24,30%. Gondim *et al.* (2013) ao estudar oito acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) de ocorrência espontânea no município de Areia PB, identificaram percentuais entre 20,04 a 24,81%, com média de 22,08%, estando esses resultados acima dos encontrados nesse estudo.

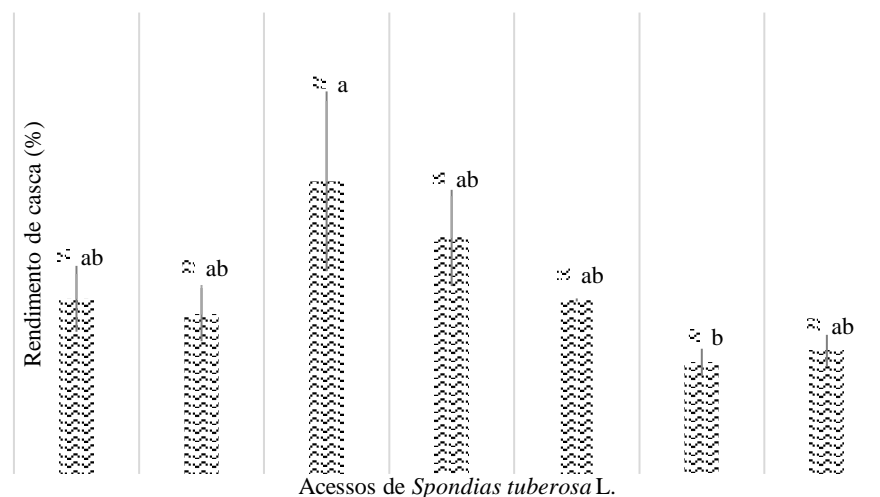


Figura 14. Rendimento de casca (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($P < 0,05$).

De acordo com Santos *et al.* (2019), o rendimento da casca é uma variável importante para o melhoramento genético, pois está associada a outras características que definem o tamanho do fruto, como comprimento e diâmetro, e que interferem na preferência do consumidor.

Para o parâmetro de rendimento de sementes, foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) e valores médios situando-se entre 7,93 a 19,0%. Os acessos U13 e U04 se sobressaíram entre os demais por exibirem percentuais mais elevados (Figura 15).

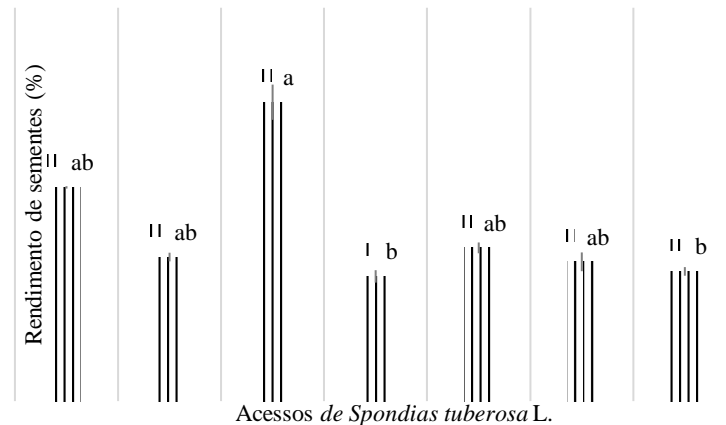


Figura 15. Rendimento de sementes (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($P < 0,05$).

Santos *et al.* (2010) ao realizar a caracterização e a qualidade físico-química de frutos de umbu-cajá provenientes do recôncavo sul da Bahia, reportaram valores de aproximadamente 20,31%, apresentando-se ligeiramente superior aos determinados nesse trabalho. O menor peso de sementes por fruto é considerado um dos principais atributos de qualidade na hora da venda dos frutos para indústrias, visto que essa variável influencia diretamente no percentual de rendimento (Oliveira *et al.*, 1999).

A Figura 16 ilustra os resultados de escores dos primeiros componentes principais, PC1 e PC2, que explicaram respectivamente 59,7% e 25,1% e demonstraram a variância armazenada em cada componente principal expressa pelos autovalores da matriz padronizada. Verificou-se no presente estudo que os dois componentes principais foram usados em conjunto e explicaram 84,8% da variância total observada entre as amostras.

As amostras similares ocuparam regiões próximas no gráfico, enquanto as amostras com características distintas encontram-se mais distantes umas das outras. Cada amostra foi localizada próximo aos vetores que a caracterizaram e que descreveram com maior intensidade suas características, sendo possível observar a formação de quatro grupos em função da similaridade apresentada entre os dados. A análise de componentes principais permitiu discriminar os diferentes acessos de umbuzeiros em função de suas características físicas.

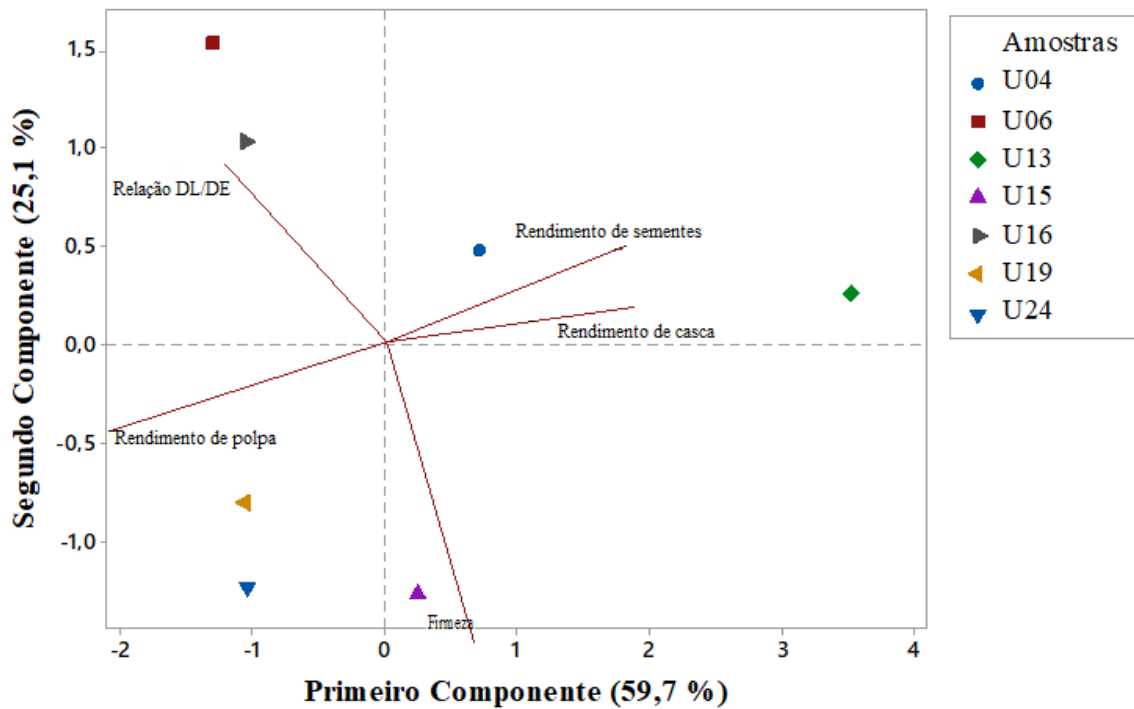


Figura 16. Score e carga fatorial da Análise de Componentes Principais das características físicas dos diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

Observou-se que os acessos de umbuzeiro U15, U24 e U19 ficaram mais próximos entre si, indicando assim uma possível correlação entre eles em função dos vetores de rendimento de polpa e firmeza, enquanto que U06 e U16 foram caracterizadas pelo vetor de relação das variáveis DL/DE. Os demais acessos U04 e U13 estão mais relacionados aos vetores de rendimento de sementes e de cascas, no entanto, não estão próximas entre si.

5.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS

Foi possível identificar similaridades e divergências entre acessos de umbu em relação às características físico-químicas dos frutos, conforme apresentado na Tabela 2.

Observou-se que o teor de sólidos solúveis exibiu valores médios variando entre 8,10 a 11,67 °Brix e de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, apresentaram diferença significativa ($H = 13,726$; $p = 0,03285$). Os valores médios de pH situaram-se entre 2,47 a 2,69 e apresentaram diferença significativa entre si ($H = 14,583$; $p = 0,02376$).

Sobre a acidez titulável foi encontrada diferença significativa entre os acessos estudados ($H = 17,974$; $p = 0,00630$) e os valores médios situaram-se entre 1,08 e 1,97 % de ácido cítrico por 100 g⁻¹ de polpa. Esses resultados são inferiores aos apresentados por Menezes *et al.* (2017) ao estudarem as características químicas dos acessos de umbuzeiros colhidos na mesorregião do Sertão Paraibano que identificaram valores médios de 2,05 a 2,25 %. De acordo com Lima *et al.* (2015), embora o pH e a acidez titulável possuam uma alta correlação, não foi observada a mesma variação entre os tratamentos; visto que os valores de pH não apresentaram variações em relação a acidez titulável, o que pode ocorrer em função de algumas substâncias com poder tampão (Dantas Júnior, 2008). As substâncias que tem a capacidade de provocar o efeito tampão ocasionando a estabilidade do pH, são os ácidos orgânicos, sais de potássio e pectina. A presença destas substâncias nos alimentos tem a capacidade de influenciar na estabilidade e manutenção da qualidade (Cecchi, 2003; Chitarra; Chitarra, 2005).

Para a relação entre SST-ATT houve diferença significativa ($H = 15,1$; $p = 0,01950$) e situaram-se entre 4,78 a 8,74%. Foi observada diferença significativa ($H = 15,827$; $p = 0,01471$), para determinação dos açúcares redutores (glicose e frutose), com valores médios variando entre 2,66 a 3,20%. Conforme foi reportado por Saraiva (2020), durante o processo de amadurecimento, o percentual destes açúcares tende a aumentar. Segundo Oliveira *et al.*, (2001) o processo de amadurecimento do fruto demanda bastante energia, que ocorre no sistema para continuar os processos metabólicos, com a hidrólise de carboidrato de cadeia longa como o amido, e o aumento nos teores açúcares redutores com frutose e glicose.

Quanto aos açúcares não redutores (sacarose), os valores médios situaram-se entre 1,53 a 2,52% e não foi identificada diferença significativa entre as amostras para esse parâmetro ($H = 5,957$; $p = 0,42810$). Em relação aos teores de açúcares totais, os valores médios situaram-se entre 4,27 e 6,42% e não diferiram significativamente entre si ($H = 15,359$; $p = 0,01764$).

Quanto ao teor de compostos fenólicos nos acessos estudados, os valores médios foram de $148,35 \text{ mg.g}^{-1}$ e não foram encontradas diferenças significativas entre os acessos ($H = 4,866; p = 0,56110$).

Tabela 3. Resultados referente a análise sólidos solúveis, pH, acidez titulável total, SST-ATT, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais, compostos fenólicos, vitamina C, carotenoides, índice de clorofila *a* (ICL*a*), índice de clorofila *b* (ICL*b*), umidade e sólidos totais em diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.-

Valores	Umbuzeiros							<i>p-value</i>
	u.04	u.06	u.13	u.15	u.16	u.19	u.24	
Sólidos solúveis (°Brix)	11,67±2,15	8,10±0,20	9,40±0,35	9,13±0,21	8,67±0,78	8,40±0,26	8,67±0,57	0,03285
pH	2,52±0,09	2,69±0,08	2,47±0,02	2,49±0,04	2,67±0,03	2,53±0,02	2,50±0,03	0,02376
Acidez titulável (%)	1,36±0,19	1,06±0,03	1,97±0,05	1,49±0,05	1,08±0,09	1,20±0,09	1,32±0,02	0,00630
SST-ATT	8,74±2,54	7,65±0,25	4,78±0,17	6,13±0,36	8,06±1,34	7,01±0,68	6,58±0,51	0,01950
Açúcares redutores (%)	3,20±0,49	2,82±0,11	3,82±0,09	2,66±0,03	3,00±0,13	3,17±0,10	2,99±0,04	0,01471
Açúcares não redutores (%)	2,01±0,30	1,64±0,41	2,52±1,34	1,53±0,39	1,74±0,32	1,66±0,27	1,55±0,03	0,42810
Açúcares totais (%)	5,31±0,20	4,55±0,47	6,47±1,32	4,27±0,45	4,82±0,24	4,92±0,20	4,62±0,07	0,01764
Compostos fenólicos (mg.g ⁻¹)	141,88±19,55	142,55±5,67	148,11±11,21	148,16±24,61	139,61±5,08	149,45±15,10	168,66±23,17	0,56110
Vitamina C	35,55±1,93	32,44±0,94	25,06±6,07	35,44±0,58	34,40±0,31	31,81±0,81	34,98±1,14	0,01107
Carotenoides totais (mg.g ⁻¹)	0,16±0,05	0,17±0,02	0,13±0,02	0,09±0,03	0,16±0,01	0,09±0,03	0,14±0,02	0,02475

ICLa	0,08±0,02	0,09±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01	0,08±0,00	0,05±0,02	0,07±0,01	0,08153
ICLb	0,04±0,02	0,03±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,03±0,00	0,01±0,01	0,04±0,01	0,08381
Umidade (%)	87,94±0,22	91,15±0,16	89,19±0,07	89,59±0,13	90,24±0,33	89,48±0,65	89,87±0,26	0,00871
Sólidos totais (%)	12,06±0,22	8,85±0,016	10,81±0,07	10,41±0,13	9,76±0,33	10,52±0,65	10,13±0,26	0,00871

Significância do teste de Kruskal-Wallis e teste de Nemenyi entre os grupos.

Para a variável vitamina C nos acessos estudados, foi observado diferença significativa ($H = 16,554$; $p = 0,01107$). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de vitamina C é utilizado como indicativo de qualidade dos frutos e consiste no componente nutricional mais importante. O teor médio de vitamina C identificado entre os acessos foi de $32,82 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Silva *et al.* (2019) ao analisar frutos de umbu adquiridos em estabelecimento comercial do município de Juazeiro – BA, embaladas com filme de PVC com $10 \mu\text{m}$ de espessura e sem embalagem, durante o período de 0, 3 e 6 dias, encontraram teores de ácido ascórbico (vitamina C) variando entre $16,07$ e $33,18 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$, com redução destes valores ao longo do período de armazenamento. Em outro estudo, Silva *et al.* (2015) ao avaliarem a polpa extraída de frutos de umbu maduros provenientes do município de Salgueiro - PE, obtiveram como resultado $4,96 \text{ mg}$ de vitamina C por 100 g de polpa, valores bem abaixo do que foi encontrado neste estudo.

Segundo Campos *et al.* (2018), os teores de vitamina C tendem a reduzir a medida que os frutos do umbu vão amadurecendo, estes valores variam de $40,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ em frutos totalmente verde (em formação) e $8,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ em frutos totalmente maduros. Assim o estágio de maturação fruto inchado (início da pigmentação) que foram utilizados deste estudo pode ter influenciado nos teores maiores de vitamina C.

No que se refere aos carotenoides totais, o valor médio entre os acessos de umbuzeiro foi de $0,13 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e diferiram significativamente entre si ($H = 14,476$; $p = 0,02475$). Tratando-se dos valores médios dos índices de clorofila *a* (ICLa) não foi observado

diferença significativa ($H = 13,835$; $p = 0,08153$), assim como também para os índices de clorofila *b* (ICL*b*) ($H = 11,152$; $p = 0,08381$) não sofreram efeitos significativos das variáveis independentes que foram estudadas.

Em relação a umidade dos frutos, foi identificado um valor médio de 89,63% e as médias diferiram significativamente entre si ($H = 17,16$; $p = 0,00871$). A umidade dos frutos normalmente situa-se entre 80 e 95% e, quando muito baixa, causa o murchamento e amarelecimento do produto, além da perda de massa, que repercute em perda de valor comercial. Já para os sólidos totais, os acessos de umbuzeiro exibiram um valor médio de 10,37% e apresentaram diferença significativa ($H = 17,16$; $p = 0,00871$). Para o teor de sólidos solúveis (Figura 17A), os frutos que se destacaram com maior teor de sólidos solúveis foram os do acesso de umbuzeiro U04, exibindo valores médios de 11,67 °Brix, enquanto que os demais (U06, U13, U15, U19 e U24) apresentaram valores médios de 8,10 a 9,40 °Brix. Dentre os diferentes acessos estudados, os frutos do acesso U06 destacaram-se com os teores mais baixos (8,10 °Brix), contudo, em relação à similaridade, não diferiu significativamente ($p > 0,05$) dos acessos U13, U15, U19 e U24.

Lima *et al.* (2018) detectaram valores de sólidos solúveis em acessos cultivados nos estados da Bahia, Minas Gerais e Pernambuco, situando-se entre 10,0 a 14,80 °Brix. Santos *et al.* (2019) ao avaliarem os umbuzeiros na Região de Minas Gerais identificaram teores de 9,1 °Brix e segundo os autores, à medida que o estágio de maturação do fruto avança, o teor de sólidos solúveis também aumenta.

Neste sentido, valores de 7,0 °Brix indicam que os frutos estão verdes, 8,5 °Brix semimaduros e 10,0 °Brix, os frutos estão maduros e com maturação avançada. Com base nisso, os frutos são considerados doces quando apresentam valores de sólidos solúveis $> 7,3$ °Brix, visto que os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos que estão dissolvidos no suco ou polpa dos frutos, sendo constituídos principalmente por açúcares, que variam de acordo com a espécie, cultivar, estágio de maturação e as condições climáticas, com valores entre 8,0 a 14,0 °Brix (Chitarra; Chitarra, 2005).

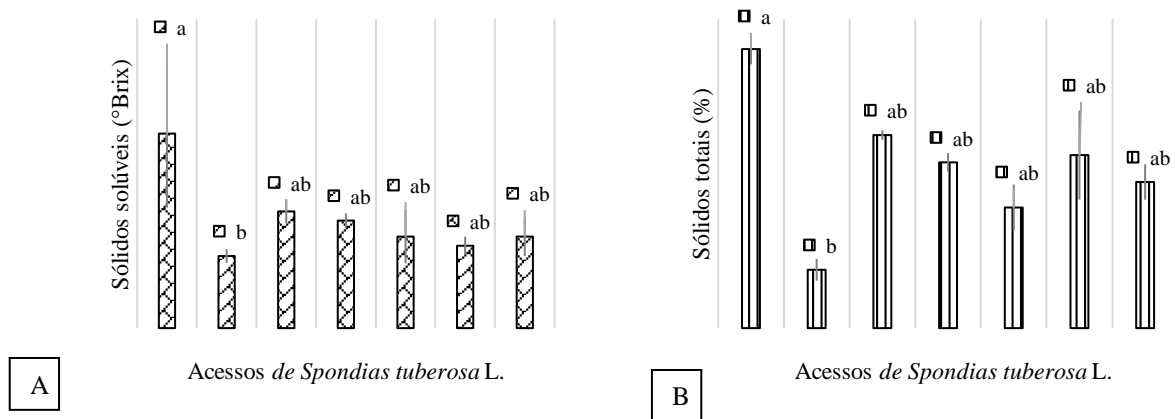


Figura 17. Sólidos solúveis (A) e totais (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Conforme reportado por Saraiva (2020), os frutos com maior teor de sólidos solúveis, geralmente, são os mais apreciados, nesse sentido, em seus estudos, destacaram-se os acessos que apresentaram teores de sólidos solúveis de 12,93 °Brix. O elevado teor de sólidos solúveis obtidos para os frutos de umbuzeiros pode estar relacionado à presença de outros compostos presentes em concentrações elevadas em umbu tais como: pectinas, fenólicos, vitaminas, sais, ácidos, aminoácidos e algumas proteínas (Santos *et al.*, 2019). Assim, durante o amadurecimento dos frutos, os teores de açúcares aumentam por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos como as pectinas, quando há conversão de amido em açúcares solúveis (Siqueira, 2012).

Em relação ao teor de sólidos totais (Figura 17B), também foi observado que para essa variável os frutos pertencentes ao acesso U04 apresentaram teores mais elevados (12,06%), enquanto que os frutos obtidos do acesso U06 evidenciaram teores mais baixos (8,85%), diferindo assim significativamente ($p < 0,05$) de U04. Já os demais acessos (U13, U15, U16, U19 e U24) apresentaram-se similares, não diferindo significativamente entre si.

Tratando-se do pH (Figura 18), as leituras médias não diferiram entre si ($p > 0,05$) nos diferentes acessos de umbuzeiros estudados. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Lima *et al.* (2015) ao estudarem os genótipos de espécies do gênero *Spondias*, que encontraram leituras variando de 2,39 a 2,63. Alves *et al.* (2020) determinaram valores de pH situando-se entre 2,62 e 2,92 e reportaram que o processo de maturação dos frutos apresenta correlação positiva com o aumento do pH. De acordo com Zorzal (2017) tal resultado decorre da diminuição dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento, devido à sua oxidação no ciclo do ácido tricarbóxico, em decorrência da respiração. Lima e Castricini (2019) relataram que os valores de pH geralmente observados estão em torno de 3,0, nos

umbus maduros, caracterizando assim o sabor ácido, que em equilíbrio com os açúcares, particulariza esses frutos.

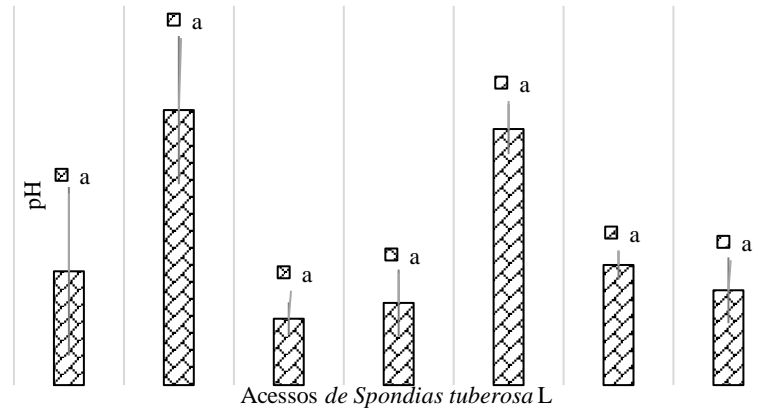


Figura 18. pH (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Conforme Santos *et al.* (2019) durante o processamento dos frutos, o pH baixo favorece a conservação dos alimentos, diminuindo o desenvolvimento de microrganismos, visto que a microbiota capaz de se desenvolver é restrita apenas aos fungos filamentosos e leveduras, e, por vezes, bactérias lácticas e acéticas. Mas para o consumo *in natura*, valores de pH mais elevados são mais aceitos pelos consumidores (Alves *et al.*, 2020).

Para as variáveis que apresentaram diferença significativa no teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Nemenyi-test com a finalidade de encontrar os grupos de dados que diferiram após um teste estatístico global, rejeitando-se a hipótese nula de que o desempenho das comparações nos grupos de dados é semelhante, conforme ilustram as Figuras 19 e 20.

Baseado no teste de Nemenyi-test foi possível verificar que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os acessos de umbuzeiros U4, U15, U19 e U24 para o teor de acidez titulável (Figura 19), Destacando-se ainda os frutos pertencentes aos acessos U06 e U16 que também não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) e exibiram os valores médios mais baixos de acidez (1,06 e 1,08%), enquanto que U13 expressou um teor de acidez mais elevado (1,97%) em relação a U06 e U16.

Costa *et al.* (2004) ao realizarem a caracterização físico-química de frutos do umbuzeiro colhidos em quatro estágios de maturação, encontraram percentuais de acidez de 1,97% para frutos considerados doce e 2,72% para frutos considerados ácidos valores estes,

superiores ao maior valor encontrado neste estudo. Saraiva (2020) ao avaliar as características químicas dos acessos de umbuzeiros no Cariri Paraibano, evidenciou que a acidez titulável apresentou amplitude entre 0,86% e 1,72%, com valor médio de 1,14%, sendo próximos aos valores apresentados neste estudo, que foi de 1,35 %.

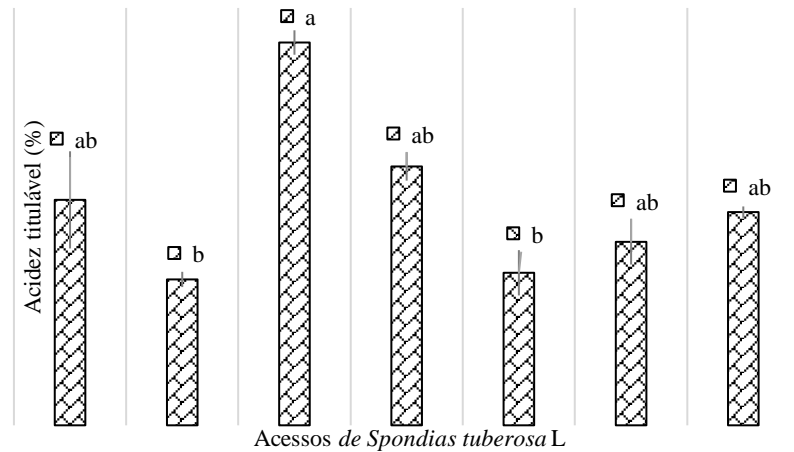


Figura 19. Acidez titulável (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

As diferenças de acidez titulável entre os acessos estudados podem estar relacionadas com o estágio de maturação dos frutos que foram utilizados no presente estudo, visto que os mesmos estavam semimaduros. Freitas *et al.* (2017), estudando revestimento para conservação de umbu, verificaram aumento e posterior redução da acidez titulável ao final do experimento. Os mesmos relataram que o consumo dos ácidos ocorre devido ao processo respiratório do fruto que gera a diminuição dessa característica. Carvalho *et al.* (2008) reportaram que em frutos do gênero *Spondia*, a acidez titulável com valores maiores que 1 e menores que 2% são preferidas pela indústria, pois nestas condições não há necessidade de aplicação de ácidos para conservação da polpa do fruto.

Quanto a relação SST-ATT entre os acessos estudados, ficou evidente que não houve diferença significativa ($> 0,05$), conforme ilustra a Figura 20. De acordo com Saraiva (2020) a relação SS/AT aponta o grau de doçura, o sabor predominante entre doce e ácido e se há equilíbrio entre eles. Esta relação variou entre 4,78 a 8,77 nos diferentes acessos que foram estudados.

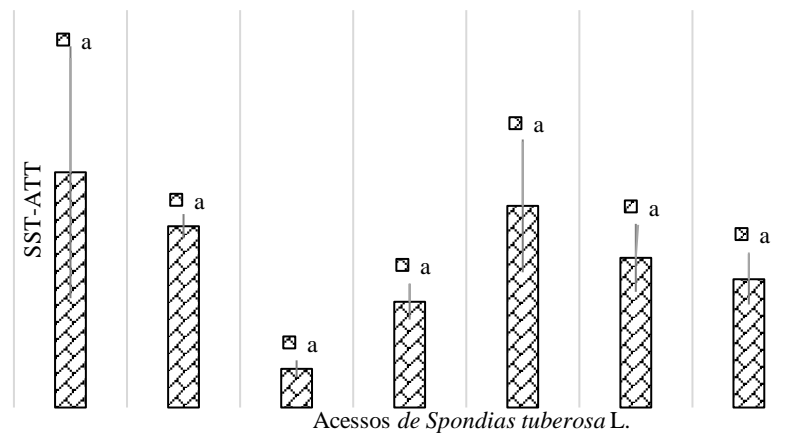


Figura 20. SST-ATT (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Os açúcares redutores variaram entre 2,6% (U15) e 3,82% (U13) e diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$) (Figura 21A), enquanto que os acessos U04, U06, U16, U19 e U24 apresentaram resultados bem similares.

Durante o processo de amadurecimento dos frutos, estes açúcares tendem a aumentar. Em relação aos açúcares não redutores (Figura 21B), a amplitude foi de 1,53% (U15) a 2,52% (U13) e não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), indicando que para essa variável os acessos de umbuzeiros foram similares (Saraiva, 2020).

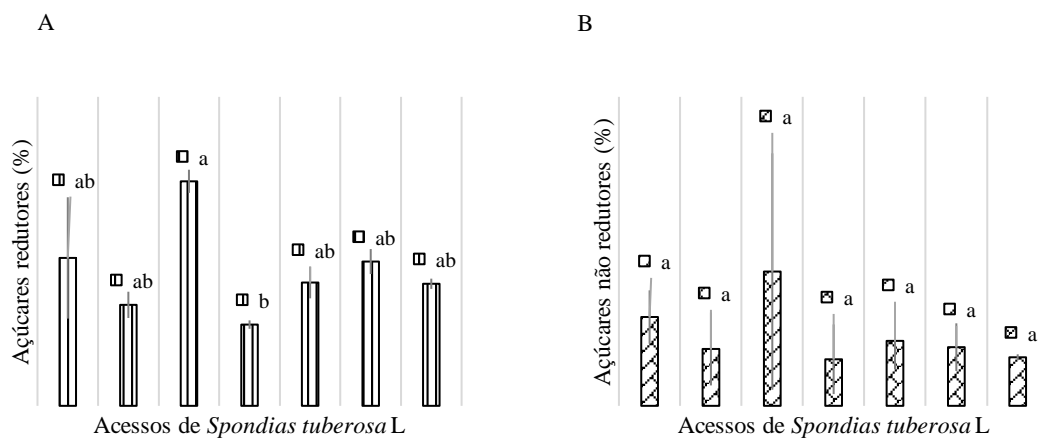


Figura 21. Açúcares redutores (A) e não redutores (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Almeida (1999) identificou valores superiores em relação aos encontrados nesse estudo, de 4,45% para açúcares redutores e 3,92% para açúcares não redutores. Saraiva (2020)

obteve valores médios variando entre 2,38 a 4,52% para açúcares redutores e valores situando-se entre 1,31 a 3,07% para os açúcares não redutores, estando esses resultados em concordância com os apresentados na presente pesquisa. Segundo Kluge (2002), os açúcares constituem a maior parte dos sólidos solúveis encontrados em frutas. Observou-se, também, que os dois acessos que contêm maior teor de sólidos solúveis (U04 e U13) destacaram-se por apresentarem o maior conteúdo de açúcares.

É válido destacar que a relação entre os açúcares, acidez e compostos fenólicos na polpa produzem um sabor exótico no fruto do umbu. O sabor ácido-doce é o principal atrativo para a ingestão da fruta. No entanto, compostos com importância nutricional, como vitamina C, carotenoides e alguns minerais, e até mesmo alguns nutrientes fenólicos, podem potencializar sua maior inclusão na dieta (Santos *et al.*, 2019).

Em média os frutos apresentaram valores de açúcares totais variando entre 4,27% (U15) a 6,47% (U13). Dentre essas médias, as amostras pertencentes ao acesso U13, destacaram-se por apresentar teores mais elevados em relação às demais, diferindo significativamente ($p < 0,05$) apenas de U15, apresentando um perfil similar aos demais acessos que possuem teores médios de açúcares totais entre 4,62 a 5,31% (Figura 22).

Lima *et al.* (2018) obtiveram valores de açúcares totais 8 a 10%, sendo portanto superiores aos encontrados nesse estudo. Essa variação pode estar relacionada a degradação dos açúcares totais durante o processo de amadurecimento, onde os açúcares solúveis passam a ser metabolizados em altas taxas para suportar os processos iniciais de senescência, resultando assim na redução desse parâmetro (Teodósio *et al.*, 2018).

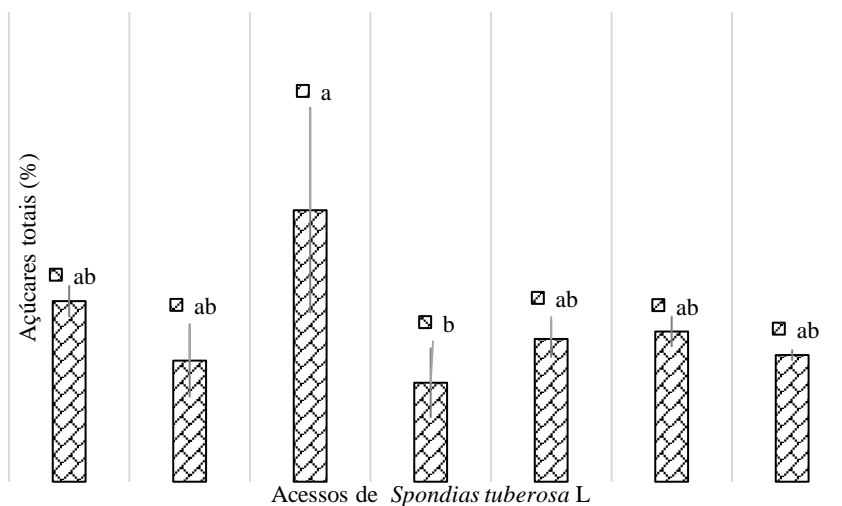


Figura 22. Açúcares totais (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

No que se refere ao teor de compostos fenólicos totais (Figura 23), os diferentes acessos de umbuzeiros apresentaram teores médios entre 139,61 mg 100 g⁻¹ (U16) e 168,66 mg.100 g⁻¹ (U24). Para esse parâmetro, os frutos oriundos dos acessos U04, U06, U13, U15, U16 e U19 apresentaram resultados muito semelhantes.

Melo e Andrade (2010) ao avaliar o teor de compostos bioativos de frutos de umbuzeiro, identificaram para umbus maduros e semimaduros, valores médios de 32,70 mg 100 g⁻¹ e 38,03 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Esses valores foram bem inferiores aos postulados nesse trabalho. Campos *et al.* (2018) observaram valores médios de 15,07 mg 100 g⁻¹ (casca) e 23,13 mg 100 g⁻¹ (polpa) e verificaram que a polpa de umbu contém maiores teores de compostos fenólicos em relação à casca. Já Teodósio *et al.* (2020) detectaram valores mais elevados aos reportados nesse estudo, de 333,90 mg 100 g⁻¹.

Conforme foi reportado por Santos *et al.* (2018b) vários fatores influenciam no teor de compostos fenólicos nos frutos, sendo eles: o estágio de maturação, espécie, técnicas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento.

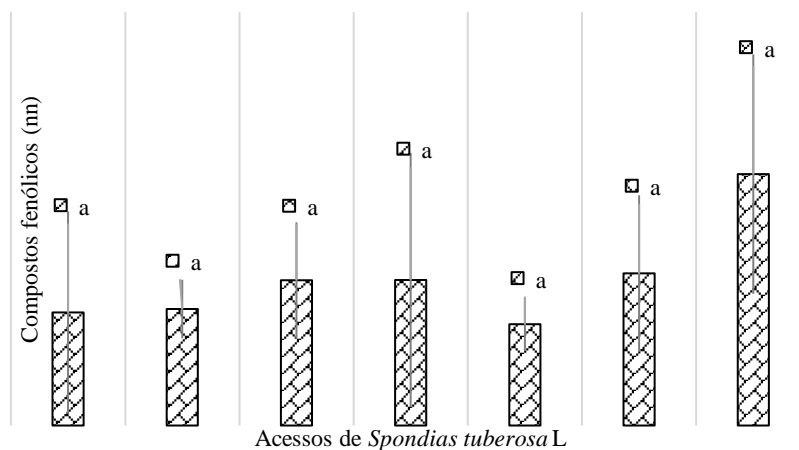


Figura 23. Compostos fenólicos (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Os compostos fenólicos são relacionados com propriedades antioxidantes, eliminando radicais livres. Os teores encontrados em casca e polpa de umbu são inferiores aos descritos em outras espécies da família *Anacardiaceae*. Melo e Andrade (2010) reportaram que o umbu, independente do estágio de maturação, apresenta menor teor de fenólicos totais e de carotenoides totais em relação a outras frutas. Teodósio *et al.* (2020) verificaram que o teor de compostos fenólicos pode aumentar ao longo do armazenamento dos frutos, atingindo o pico após cerca de três dias de armazenamento e, em seguida, reduz gradualmente. Além disso,

como parte da dieta, o umbu pode contribuir para proteger o organismo dos danos causados pelos radicais livres por meio de um efeito sinérgico dos compostos que contém (Melo; Andrade, 2010).

Outro ácido que se destaca na importância para qualidade dos frutos de umbuzeiro é o ácido ascórbico (vitamina C), visto que sua atividade vitamínica confere ao fruto importância alimentar, valor nutricional e potencial antioxidante (Lima; Silva, 2016).

Para essa variável, os frutos dos acessos U06, U13, U16, U19 e U24 foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) (Figura 24), enquanto que U04 diferiu significativamente em relação a U13, e se destacou por apresentar os teores mais baixos ($25,06 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$); já os acessos U4 e U15 foram os que apresentaram valores médios mais altos ($35,55$ e $35,44 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Ferreira *et al.* (2000) identificaram teores de vitamina C de $13,31 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para os frutos de umbu comercializados em Pocinhos - PB. Contudo essa discrepância pode estar relacionada às condições edafoclimáticas da região. Segundo Melo e Andrade (2010), o teor de vitamina C dos frutos pode variar de $9,61 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a $31,26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

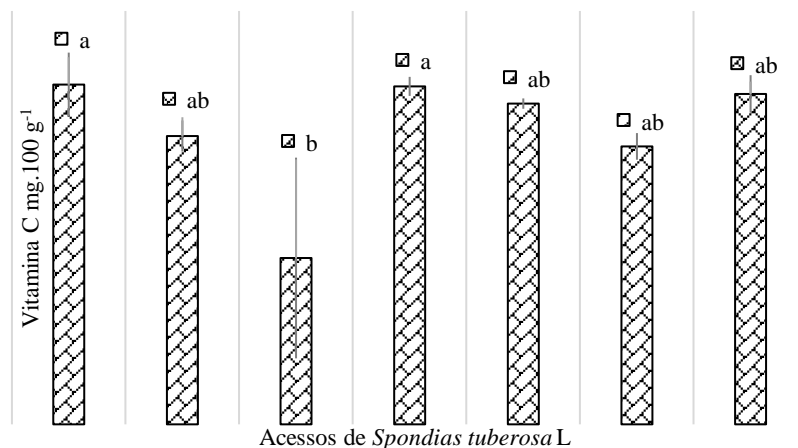


Figura 24. Vitamina C (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Segundo Dantas Junior (2008) frutos que apresentem teores de vitamina C de ($50,06 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), com 53,27% acima da média quantificada, são considerados como ideal. Ainda segundo os autores, esses resultados só foram observados para frutos referentes a genótipos superiores do banco ativo de germoplasma da Embrapa.

Também é válido destacar que com o desenvolvimento do fruto, pode haver diminuição dos teores dessa vitamina e no ponto de colheita, os frutos podem apresentar valores médios de $10,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de vitamina C, assim como ocorre em outras frutas, o teor

de ácido ascórbico do umbu semimaduro é maior do que o do umbu maduro (Melo; Andrade, 2010; Campos *et al.*, 2018).

Conforme reportado por Hancock *et al.* (2007), o teor de ácido ascórbico nas células vegetais é atribuído ao genótipo de cada espécie e são altamente controlados por processos que ocorrem no desenvolvimento. Com isso, variações entre os frutos são encontradas de acordo com as fases de desenvolvimento do fruto, principalmente em função das condições climáticas, visto que mesmo que o umbu seja um fruto de clima quente e não exige muita chuva, o processo de frutificação dos umbuzeiros pode ser afetado, resultando em uma produção dos frutos mais demorada, que provavelmente ocorre devido ao intenso *deficit* hídrico que o bioma possui (Cavalcanti *et al.*, 2006).

Sobre os teores de carotenoides totais (Figura 25), evidenciou-se que os acessos de umbuzeiros são similares em relação a esse parâmetro, visto que não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Contudo, mesmo sendo similares os frutos pertencentes aos acessos U15 e U19 possuem teores inferiores $0,09 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Lima *et al.* (2018) reportaram valores entre 1,5 a $10 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, enquanto que Teodósio *et al.* (2020) determinaram teores variando entre 8 a $9 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$.

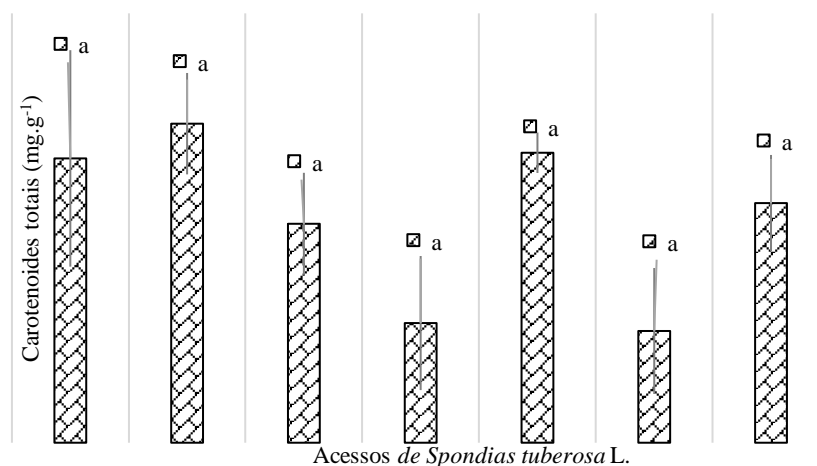


Figura 25. Carotenoides totais (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Segundo Forato *et al.* (2015) conforme ocorre a produção de etileno durante o processo de maturação, vai aumentando a atividade das enzimas clorofilase responsáveis pela degradação da clorofila, e induz a síntese de novas enzimas responsáveis pela biossíntese de carotenoides, sendo assim, os frutos maduros exibem teores mais altos desses constituintes em relação ao umbu semimaduro.

Para os parâmetros de ICLa (Figura 26A) foi observado valores médios de 0,07 mg.100g⁻¹ e todos os acessos apresentaram similaridade, principalmente os frutos pertencentes aos acessos U15 e U19 que exibiram teores iguais (0,05 mg 100g⁻¹). Esse perfil também foi observado para os teores de ICLb (Figura 26 b).

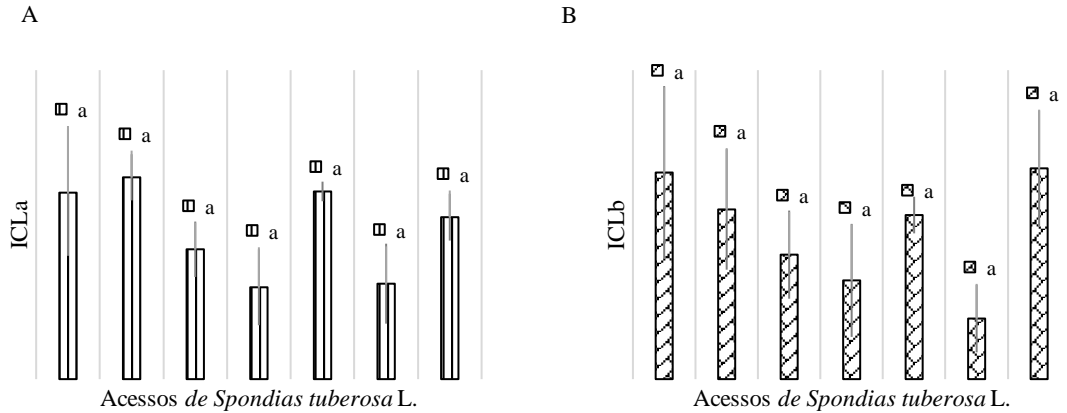


Figura 26. ICLa (A) e ICLb (B) (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Santos (2018) ao avaliar as características químicas de diferentes umbuzeiros, perceberam teores de ICLa variando entre 0,27 a 0,48 mg 100g⁻¹, sendo esses valores superiores aos reportados nesse trabalho. Xavier (1999) afirma que, no umbu, os principais pigmentos são a clorofila e carotenoides conferindo-lhe uma cor verde-amarelada (estágio maduro) ou verde (estágio imaturo), estando esse parâmetro diretamente relacionado ao estágio de maturação dos frutos.

Os valores médios de umidade dos frutos foram de 87,94% (U4) a 91,15% (U06) e apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$) (Figura 27). As variações identificadas entre os acessos foram maiores entre (U04) e (U06); para as demais amostras o perfil foi muito similar.

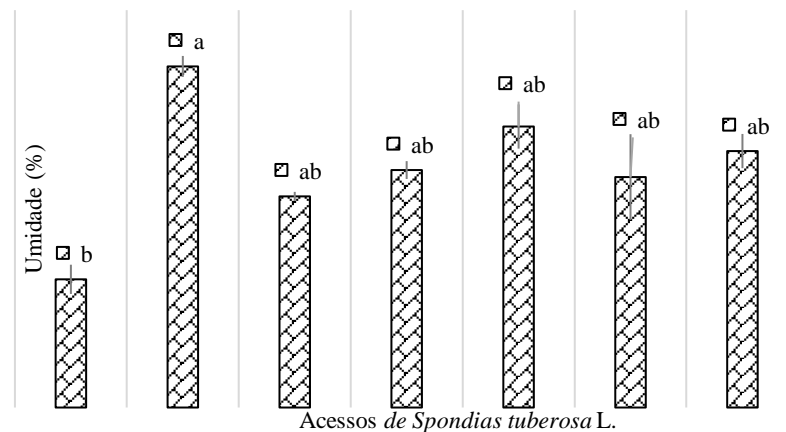


Figura 27. Umidade (\pm DP) dos acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

^{a,b}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem de acordo com o teste de Nemenyi ($p < 0,05$).

Ao avaliar quatorze acessos de umbuzeiros cultivados na região da Serra do Jatobá em Serra Branca - PB, colhidos no período de fevereiro a março de 2019, Saraiva (2020) observou valores de 89,69%, estando esses resultados em concordância com os dados obtidos nesse estudo.

Rufino *et al.* (2010) ao estudar a composição e a capacidade antioxidante de 18 frutos tropicais não tradicionais do Brasil, identificaram no umbu fresco, teores de umidade entre 87,81 a 87,9%. Souza *et al.* (2021) ao estudarem a secagem da polpa do umbu encontraram polpa in natura, valores médios de 87,45% de umidade. Silva *et al.* (2015) ao realizar a caracterização físico-química da espuma da polpa do umbu, obtiveram um valor de 89,04% de umidade. Santos (2018) avaliando a qualidade pós-colheita de frutos de genótipos de umbu das mesorregiões da Borborema e do Agreste da Paraíba reportou valores médios de umidade variando entre 88,8 a 92,1% e observou que normalmente o teor de umidade dos frutos apresenta valores superiores a 70,0%. Ainda é possível destacar a importância do estudo de umidade por se tratar de um parâmetro que está atrelado ao tempo de vida dos alimentos e sua durabilidade (Souza *et al.*, 2021).

A dispersão gráfica da análise de componentes principais (Figura 28), envolvendo os dois componentes principais permitiu a formação de quatro grupos, e ilustra os resultados de escores dos primeiros componentes principais, PC1 e PC2, que explicaram respectivamente 43,3 e 25,0% e demonstraram a variância armazenada em cada componente principal expressa pelos autovalores da matriz padronizada.

Verificou-se no presente estudo que os dois componentes principais em conjunto explicaram 68,3% da variância total observada entre as amostras. As amostras estão

localizadas nas mesmas direções dos vetores que as caracterizam e que descreveram com maior intensidade suas características.

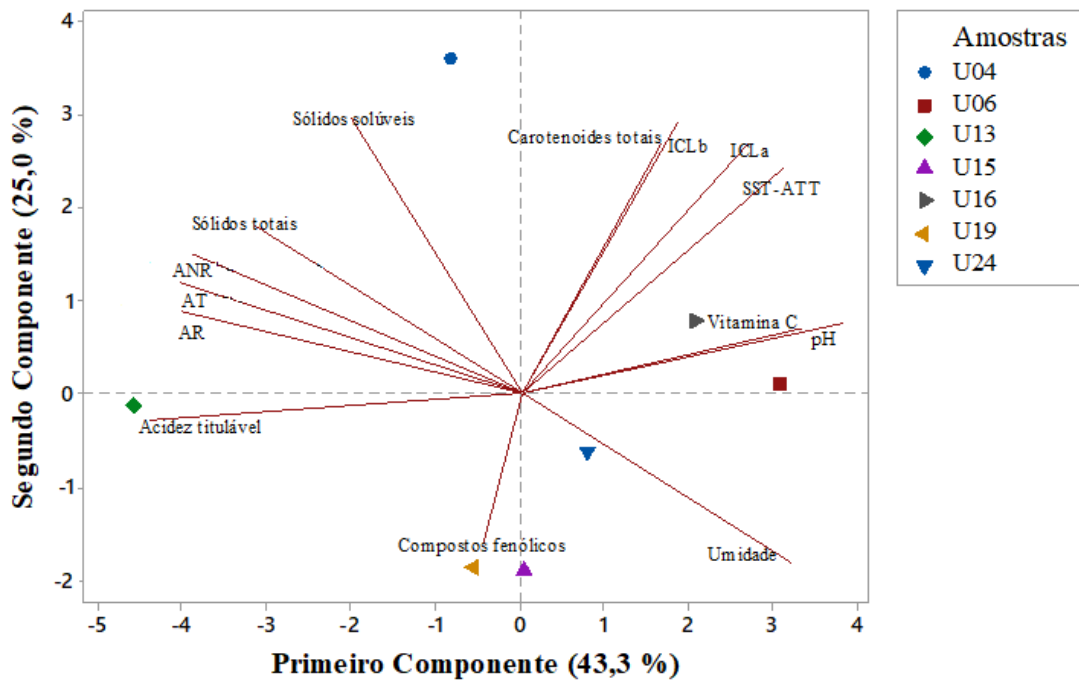


Figura 28. Score e carga fatorial da Análise de Componentes Principais das características químicas dos diferentes acessos de umbuzeiro na comunidade São Luiz, município de Solânea, no Curimataú Oriental da Paraíba.

Foi possível identificar similaridades e divergências entre acessos de umbuzeiro em relação às características físico-químicas. Os acessos U19, U15 e U24 foram semelhantes entre si, influenciados principalmente pelos vetores de umidade e compostos fenólicos.

Os acessos U16 e U06 foram discriminados pelos vetores de vitamina C e pH e possivelmente estão mais correlacionados o que justifica a proximidade entre eles. O acesso U13 foi discriminado principalmente pelo vetor de acidez titulável, sugerindo assim que esse acesso possui um teor mais alto de acidez titulável em relação aos demais acessos. O acesso U04 formou um grupo isolado destacando-se por apresentar sólidos solúveis mais elevados.

6 CONCLUSÃO

Os frutos dos diferentes acessos de umbuzeiro, em relação às variáveis físicas e físico-químicas apresentaram alto rendimento de polpa, com rendimento considerável de casca, frutos com formato arredondados e valores razoáveis de firmeza, indicando assim, um grande potencial dos frutos para a indústria de polpa e sucos.

Os resultados demonstram que os frutos do umbuzeiro podem ser uma alternativa para o mercado de frutas naturais, bem como para a agroindústria, na região do Curimataú Oriental paraibano. Foram encontradas variações nas suas características que podem estar relacionadas às condições edafoclimáticas nas quais as plantas são submetidas e fatores genéticos, influenciando na massa e rendimento dos frutos, firmeza e conseqüentemente, maior resistência a possíveis danos físicos e mecânicos o que pode influenciar nas suas características agroindustriais.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S; ALVES, R. E; ARAGÃO, F. A. S; SOARES, D. J; FREITAS, S. P. de. A. F. Características físicas de frutos de plantas nativas de umbuzeiro oriundos do Semi-Arido piauiense. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20, Vitória. **Anais...**, CD-ROM. 2008.
- ALMEIDA, M. M. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): Alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1999.
- ALMEIDA, A. L. S; ALBUQUERQUE, U. P. e C.C. Castro. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 75, p. 330-337. 2011.
- ANTUNES, W. C; MENDES, K. R; CHAVES, A. R. M; OMETTO, J. P; JARMA-OROZCO, A; POMPELLI, M. F. *Spondias tuberosa* trees grown in tropical, wet environments are more susceptible to drought than those grown in arid environments. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 10, n. 1, p. 9-27. 2016.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 19ed. Gaithersburg, Maryland. 2012.
- ARAÚJO, K. D; PARENTE, H. N; ÉDER-SILVA, É; RAMALHO, C. I; Dantas, R. T; DE ANDRADE, A. P; SILVA, D. S. Estrutura fitosociológica do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no Cariri Paraibano. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 3, n. 14. 2012.
- ARAÚJO, F. S; RODAL, M. J. N; BARBOSA, M. R. V. (Orgs.). **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 446 p. 2005.
- ATAÍDE, E. M; SOUZA, J. M. A; BASTOS, D. C; JARDIM, A. D. R; COSTA, R. S. Ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de umbuzeiro no estágio de repouso vegetativo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, p. 1-14. 2020.
- ATAÍDE, E; SILVA, M; SOUZA, J; BASTOS, D. Ácido indolbutírico e substratos no desenvolvimento de estacas de umbuzeiro em três estádios fenológicos. **Agrarian Academy**, v. 4, p. 21-33. 2017.
- BARRETO, L. S; CASTRO, M. S. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 122, de 10 de setembro de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 de setembro de 1999. Seção 1. Brasília: MAPA, 1999. p.72-76.**

BATISTA, F. R. C; SILVA, M. M. A; ARAÚJO, V. S. **Uso sustentável do umbuzeiro: estratégia de convivência com o semiárido.** INSA, Campina Grande. 2015a.

BATISTA, F. R. C; SILVA, S. M; SANTANA, F. S. S; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro.** INSA, Campina Grande, 72 p. 2015b.

BORGES, S. V; MAIA, M. C. A; GOMES, R. C. M; CAVALCANTI, N. B. Chemical composition of umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam) seeds. **Química Nova**, v. 30, n. 01, p. 49-52. 2007.

CAMPOS, C. O; LOPES, T. V. C; MONTEIRO, G. C; LIMA, G. P. P. Caracterização de umbu (*Spondia tuberosa*) durante seu desenvolvimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 19, n. 2, jul-dez, 2018.

CAMPOS, C. O. **Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam): características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita.** 113f. Tese. (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu. 2007.

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. **Dia de Campo sobre o Umbu Gigante em Anagé.** Secretaria de Desenvolvimento Regional, Governo do Estado da Bahia. Salvador, 20 de setembro de 2019. Disponível em: <<http://www.car.ba.gov.br/noticias/dia-de-campo-sobre-o-umbu-gigante-em-anage>> Acesso em: 30 de maio de 2022.

CARVALHO, L. C. F. **Compostos fenólicos.** Disponível em: <<https://profluiscarloscarvalho.comunidades.net/index.php>> . Acesso em: 10 de maio de 2022.

CASTRO, C. D. P. C; RYBK, A. C. P. **Potencialidades do fruto do umbuzeiro para a agroindústria de alimentos.** Embrapa Semiárido, Petrolina. 2015

CAVALCANTI, N. B; RESENDE, G. M; BRITO, L. T. L. O Crescimento de Plantas de Imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) no semiárido de Pernambuco. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 21-31. 2010.

CAVALCANTI, N. D. B; RESENDE, G. M; BRITO, L. T. D. L. Colheita e comercialização de frutos de imbuzeiro pelos agricultores da Região Semi-Árida do Nordeste. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, p. 81-88. 2006.

CAVALCANTI, N. D. B; RESENDE, G. M; BRITO, L. D. L. Imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): cultivo apropriado para o semi-árido. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Brasileiro de Captação de água de chuva no semi-árido, 3, 2001, **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, Petrolina: Embrapa Semi-árido.2001

CAVALCANTI, N. de B; LIMA, J. L. S; RESENDE, G. M; BRITO, L. T. L. Ciclo reprodutivo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) no Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, 47, 272, 421-439. 2000.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, Brasil. 2014.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**, 2. ed., Campinas: Editora Unicamp, p. 203. 2003.

CHIRINOS, R; BETALLELUZ-PALLARDEL, I; HUAMÁN, A; ARBIZU, C; PEDRESCHI, R; CAMPOS, D. HPLC-DAD characterization of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 1243-1251. 2009.

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

Companhia Nacional De Abastecimento (Conab). **Conjuntura Mensal Umbu (Fruto)**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-umbu>. Acesso em 27 de fevereiro de 2022.

COSTA, R. S; ATAÍDE, E. M; Bastos, D. C. Caracterização física e química de frutos de umbugeleira (*Spondias* sp.) no semiárido pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10 n. 17. 2021.

COSTA, N. D; LUZ, T. L. B; GONÇALVES, E. P; BRUNO, R. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, v. 20, p. 65-71. 2004.

DANTAS, J. I. M. Utilização e importância socioeconômica de *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (Umbuzeiro) em uma comunidade Rural Alagoana. In: IV CONAPESC, 1. Campina Grande. **Anais de Congresso**. Campina Grande: Realize Eventos, p. 1-4. 2019.

DANTAS JUNIOR, O. R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino**. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

DIAS, J. L; MAZZUTTI, S; SOUZA, J. A; FERREIRA, S. R; SOARES, L. A; STRAGEVITCH, L; DANIELSKI, L. Extraction of umbu (*Spondias tuberosa*) seed oil using CO₂, ultrasound and conventional methods: Evaluations of composition profiles and antioxidant activities. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 145, p. 10-18. 2019.

DORES, T. E. **Caracterização fenológica e qualidade de frutos de umbuzeiro em clima semiárido do estado de Pernambuco**. 59 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada. 2019.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 316 p. (Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense, 142). 1980.

DUTRA, R. L. T; DANTAS, A. M; ARAÚJO M. D; BATISTA, J. D. F; ALBUQUERQUE, M. B. R. L; MAGALHÃES C, Â. M. T; BORGES, G. D. S. C. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 100, p. 650-657. 2017.

EMBRAPA. **Recomendações para colheita e pós-colheita do umbu**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69294273/embrapa-divulga-recomendacoes-para-colheita-e-pos-colheita-do-umbu>. Acesso em: 06 de maio de 2022. 2022.

FERREIRA, J. C; MATA, M. E. R. M. C; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 7-17. 2000.

FLORA DO BRASIL. *Spondias Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, 2019. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4405>> Acesso em 19 de fevereiro de 2022.

FORATO, L. A; BRITTO, D; RIZZO, J. S; GASTALDI, T. A; ASSIS, O. B. G. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 5, n. 3, p. 68-74. 2015.

GALVÃO, S. M; NARAIN, N; SANTOS, M. D. S. P; NUNES, M. L. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1919-1926. 2011.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. Universidade de São Paulo. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. 2008.

GONDIM, P. J; SILVA, S. D. M; PEREIRA, W. E; DANTAS, A. L; CHAVES NETO, J. R; SANTOS, L. F. D. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1217-1221. 2013.

HANCOCK, R. D; P. G. Walker, S. D. A. Pont, N. Marquis, S. Vivera, S. L. Gordon, R. M. Brennan, R. Viola. LAscorbic acid accumulation in fruit of *Ribes nigrum* occurs by in situ biosynthesis via the L-galactose pathway. **Funct. Plant Biol**, v. 34, p. 1080–1091. 2007.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Solânea**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/solanea.html>>. Acesso em 10 de maio de 2022. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo – SP, Instituto Adolfo Lutz, 1020p. 2008.

ISPN. Cerratinga – **Produção Sustentável e Consumo Consciente**. Disponível em: <<https://www.cerratinga.org.br/especies/umbu/>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

KLUGE, R. A; NACHTIGAL, J. C; FACHINELLO, J. C; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Rural, 214p. 2022.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP, 531 p. 2000.

LIMA, J. L. S. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga através da morfologia da casca**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1982.

LIMA, M. A. C; SILVA, S. D. M; OLIVEIRA, V. R. Umbu—*Spondias tuberosa*. In Exotic fruits. **Academic Press.**, p. 427-433). 2018.

LIMA, M. S. S; DANTAS, A. C. V. L; FONSECA, A. A. O; BARROSO, J. P. Caracterização de frutos de genótipos selecionados de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Interciencia**, v. 40, n. 5, p. 311-316. 2015.

LIMA, M. A. C; OLIVEIRA, A. B; ROSATTI, S. R; SANTOS, A. C. N; ARAÚJO, A. A; SILVA, R. P. Armazenamento refrigerado de umbu sob atmosfera modificada com uso de filme de cloreto de polivinila. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, XXI, 2010, Natal. **Anais...**, Emparn/UFERSA/Embrapa/SBF, Natal. 2010.

LIMA, E. D. P. A., Lima, C. A. A., Aldrigue, M. L., Gondim, P. J. S. (2002). Umbu-cajá (*Spondias* spp.) aspectos de pós-colheita e processamento. **Universitária/Ideia**.

LIMA, M. A. C; SILVA, A. M. **Qualidade e conservação pós-colheita**. p. 177-215. In: DRUMOND, M. A; AIDAR, S. T; NASCIMENTO, C. E. S; OLIVEIRA, V. R. (Org.). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. 1ed. Petrolina: Embrapa. 2016.

LIMA FILHO, J. M. P; AIDAR, S. T. **Ecofisiologia. U M B U Z E I R O avanços e perspectivas**. In: DRUMOND, M. A; AIDAR, S. de T; NASCIMENTO, C. E. S; OLIVEIRA, V. R. (Ed.). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016.

LIMA FILHO, J. M. P. **Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.)**. Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E). 2011.

LIMA FILHO, J. M. P; SANTOS, C. A. F. Avaliações fenotípicas e fisiológicas de espécies de *Spondias* tendo como porta enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 59-63. 2009.

LINS NETO, E. M. D. F; PERONI, N; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge and management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An endemic species from the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v. 64, n.11. 2010.

LIRA JÚNIOR, J. S. D; MUSSER, R. D. S; MELO, E. D. A; MACIEL, M. I. S; LEDERMAN, I. E; SANTOS, V. F. D. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Food Science and Technology**, v. 25, p. 757-761. 2005.

LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)** 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2007.

MEDEIROS TORRES, E. J; COSTA, N. P; SILVA BARBOSA, A; MEDEIROS, R. L. S; SILVA, R. C; NETO, M. A. B. Estrutura e padrão de distribuição espacial de umbuzeiro em agroecossistemas do agreste da Paraíba. **Revista Cultura Agronômica**, v. 28, n. 4, p. 376-395. 2019.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.): importante fruteira do Semi-Árido**. Mossoró: ESAM, 67 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, série C, 564). 1990.

MENEZES, P. H. S; SOUZA, A. A. D; SILVA, E. S. D; MEDEIROS, R. D. D; BARBOSA, N. C; SORIA, D. G. Influência do estágio de maturação na qualidade físico-química de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, v. 8, p. 73-78. 2017.

MERTENS, J; GERMER, J; SIQUEIRA, J. A; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arr. Cam (Anacardiaceae), uma árvore ameaçada da Caatinga Brasileira? **Revista Brasileira de Biologia**, v. 77, p. 542-552. 2016.

MINITAB, LLC. **Minitab Statistical Software**. Versão 17, 2014.

MOREIRA, M. N; COSTA, E. K. C; DONATO, S. L. R; NARAIN, N. Perfil fitoquímico e propriedade antioxidante de diferentes genótipos de frutos do umbuzeiro (*Spondia tuberosa* Arr. Cam.): Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. 1-13. 2021.

NADIA, T. D. L; MACHADO, I. C; LOPES, A. V. Polinização de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 89-100. 2007.

NAGATA, M; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. J. Japan. Soc. **Food Science and Technology**, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, v. 39, n. 10, p. 925-928. 1992.

NARAIN, N; BORA, P. S; HOLSCHUH, H. J; VASCONCELOS, M. A. D. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, n. 4, p. 255-259. 1992.

OLIVEIRA, M. C; BARCELOS, N. P; CURI, P. N; PIUO, R; FERREIRA, D. F. N. Teores de macro e micronutrientes em frutas nativas do oeste do Mato Grosso do Sul. In: XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais...**, São Luís – Maranhão. 2016.

OLIVEIRA, M. A; CEREDA, M. P; CABELLO, C; URBANO, L. H. Quantificação de açúcares em pêssegos da variedade biuti, armazenados sob condições de ambiente e refrigeração. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 23, n. 2, p. 424-427. 2001.

OLIVEIRA, M. E. B. D; BASTOS, M. D. S. R; FEITOSA, T; BRANCO, M. A. D. A. C; SILVA, M. D. G. G. D. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 326-332. 1999.

OLIVEIRA, C. G; BRITO, I. S; CARDOSO, R. L; CARDOSO, J. A. R; DONATO, S. L. R. Características físico-químicas de frutos de genótipos de umbuzeiro. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. **Anais...**, Aracaju-SE, 2015.

PEREIRA, F. R. A; PEREIRA, W. E; PESSOA, A. M. D. S; VASCONCELOS, E. S. A. G. D. Biometry in Umbu fruits from the semi-arid region of Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p. 1-11. 2021.

PIMENTEL, B. M. V; FRANCKI, M; GOLLUCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Editora Varela. 2005.

PIRES, E. S; AAMARO, C. L; FREITAS, I. A. S; LIMA, G. H. F; GANEM, E. L. O; MATOS, F. S. Análise de crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina. **Revista Agrarian**, Dourados, v.13, n. 48, p.141-150, 2018.

PIRES, M. G. M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (Umbuzeiro) no estado de Pernambuco - Brasil.** 290 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1990.

PMVC - Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista. **Fazenda experimental da Prefeitura é pioneira na produção de umbu gigante. Desenvolvimento Rural.** Vitória da Conquista, 08 de dezembro de 2019. Disponível em: < <https://www.pmvc.ba.gov.br/fazenda-experimental-da-prefeitura-e-pioneira-na-producao-de-umbu-gigante/>>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

R. DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2017.

RUFINO, M. S. M; ALVES, R. E; BRITO, E. S; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F; MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n.4, p. 996-1002. 2010.

SANTOS, C. A. F; NASCIMENTO, C. E. S; OLIVEIRA, M. C. **Recursos genéticos do umbuzeiro: preservação, utilização e abordagem metodológica.** In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 923-930. 1997.

SANTOS, C. A. F; NASCIMENTO, C. D. S. Relação entre caracteres quantitativos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* A. Camara). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 449-456. 1998.

SANTOS, M. B. D; CARDOSO, R. L; FONSECA, A. A. D. O; CONCEIÇÃO, M. D. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1089-1097. 2010.

SANTOS, H. S. N; MIZOBUTSI, G. P; PINHEIRO, J. M. S; SANTOS NETO, J. A; SOUSA, I. P. S; CASTRICINI, A; MIZOBUTSI, E. H. Caracterização física de frutos de diferentes clones de Umbuzeiro. 12º Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão. **Anais...**, Montes Claros - MG, 27 de novembro a 1 de dezembro de 2018. 2018a.

SANTOS, E. F; ARAÚJO, R. R; LEMOS, E. E. P; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, p. 21-29. 2018b

SANTOS, C. M. **Qualidade pós-colheita de frutos de genótipos de umbuzeiros das mesorregiões da Borborema e Agreste da Paraíba.** 60 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2018.

SANTOS, H. S; MIZOBUTSI, G. P; PINHEIRO, J. M. D. S; SANTOS NETO, J. A; CASTRICINI, A; ASPIAZÚ, I; AGUIAR, F. S. Physical and Chemical Characterization of

Fruits of Different Umbu (*Spondias tuberosa*). **Accesses. Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 16. 2019.

SATURNINO, H. M; GONÇALVES, N. P; SILVA, E. B. **Informações sobre a cultura do umbuzeiro**. PAMIG-CTNM.Circular, 8, Nova Porteirinha, MG. 6p. 2000.

SEYMOUR, G. B; TAYLOR, J. E; TUCKER, G. A. (Eds.). **Biochemistry of fruit ripening**. Springer Science & Business Media. 2012.

SILVA, C. M. M. S; PIRES, I. E; SILVA, H. D. **Caracterização dos frutos do umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 34. 1987.

SILVA, A. D; SILVA, M. A. G. O. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* A. Cam. In XXV Congresso Nacional de Botânica, **Anais...** 1974.

SILVA, L. R; ALVES, R. E; SILVA, S. M; NOGUEIRA, D. H. Caracterização físico-química de frutos dos genótipos de umbu-cajazeiras oriundos da microrregião de Iguatu-CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 1, p. 1647-1659. 2015.

SILVA, M. I; SILVA, G. R; ARAÚJO ALVES, J. E; NOBRE, J. **Caracterização físico-química da polpa de umbu in natura**. 2017.

SILVA, V. P; PAZ, M. A; SOUSA, K. D. S. M; ABREU, A. K. F. Qualidade pós-colheita de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.) embalados com filme de PVC. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, p. 7714-7714. 2019.

SILVA, V. P. **Identificação de genótipos de umbuzeiro para consumo in natura e técnicas para manter a qualidade pós-colheita dos frutos**. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Do Vale Do São Francisco - UNIVASF. Petrolina – PE, Setembro de 2019.

SIQUEIRA, A. P. O. **Uso de Coberturas Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Goiaba e Maracujá-Azedo**. 91 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Fribeiro - UENF. Campo dos Goytacazes – RJ, Setembro de 2012.

SOUZA, L. M. R; CANUTO, M. F. C. S; SILVA, D. R. S; FARIAS, F. P. M; SANTOS, F. S. Secagem da polpa do umbu (*Spondias tuberosa*) em camada de espuma. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11. 2021.

VIDIGAL, M. C; MINIM, V. P; CARVALHO, N. B; MILAGRES, M. P; GONÇALVES, A. C. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, v. 44, p. 1988-1996. 2011.

WATERHOUSE, A. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Disponível em: <<http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>>. Acesso em: 01 outubro 2018. 2012.

XAVIER, A. N. Caracterização **química e vida-de-prateleira do doce em massa de umbu**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1999.

ZIELINSKI, A. A. F; AVILA, S; ITO, V; NOGUEIRA, A; WOSIACKI, G; HAMINIUK, C. W. I. The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: An application of chemometrics. **Journal of food science**, v. 79, n. 4, p. 510 – 516. 2014

ZORZAL, T. A. **Influência da temperatura e período de armazenamento na composição química e fisicoquímica de frutos de abacaxi da cv, Pérola**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. 2017.