UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARCILIO NUNES MOREIRA

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FRUTOS UMBUZEIRO *(Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DO SUDOESTE BAIANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Narendra Narain
Coorientador (a): Maria Terezinha Santos Leite Neta
Agência Financiadora: Capes

São Cristóvão – SE
2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Moreira, Marcílio Nunes.
M838c Caracterização e comparação de genótipos de frutos umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) do sudoeste baiano / Marcilio Nunes Moreira; orientador Narendra Narain. – São Cristóvão, SE, 2022.
67 f.; il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Umbuzeiro. 2. Compostos bioativos das plantas. 3. Antioxidantes. I. Narain, Narendra, orient. II. Título.

CDU 634.442

MARCILIO NUNES MOREIRA

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE VARIEDADES DE FRUTOS UMBUZEIRO *(Spondias tuberosa Arruda Câmara*) DO SUDOESTE BAIANO

Dissertação de mestrado aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em 28 de janeiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
NARENDRA NARAIN
Data: 02/05/2022 10:41:32-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Prof. Dr. Narendra Narain
Orientador/ PROCTA -UFS

Documento assinado digitalmente
gov.br
RAQUEL ANNE RIBEIRO DOS SANTOS
Data: 24/04/2022 20:40:47-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Profa. Dra. Raquel Anne Ribeiro dos Santos (IFS)
Externo ao programa

Documento assinado digitalmente
gov.br
RAFAEL DONIZETE DUTRA SANDES
Data: 19/04/2022 16:11:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Dr. Rafael Donizete Dutra Sandes (Pesquisador Externo)
Externo ao programa

São Cristóvão- SE
2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença incondicional na minha vida, pois tudo e por ele e tudo e para ele;

Aos meus pais Marilene Nunes Moreira e Cloves José Moreira ao qual sempre me apoiaram e me incentivaram nessa grande jornada não somente acadêmica, mas em toda minha vida;

A minha grande amiga, minha noiva e minha futura esposa Élia Karina de Carvalho Costa, por toda paciência, incentivo e contribuição não somente em forma de incentivo e apoio, mas também contribuição acadêmica;

Ao meu orientador Prof. Dr. Narendra Narain, por aceitar o convite para me orientar, por compartilhar experiências, pela paciência e por fim pela disposição em repassar seus conhecimentos;

Aos doutorandos do Laboratório de Flavor da UFS, em especial ao Iago Hudson, pelo apoio imprescindível nas análises, pelo apoio na escrita e por essa amizade que o meio acadêmico nos proporcionou sendo de grande valia toda sua contribuição para esse trabalho;

Aos professores Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato pela disponibilidade das amostras sendo possível a realização desse trabalho e a Dr.ª Aureluci Alves de Aquino minha eterna orientadora e como costumo dizer minha mãe na vida acadêmica, a minha colega de profissão amiga e apoiadora Larissa de Almeida Soares;

Aos Técnicos administrativos e funcionários do PROCTA/UFS, em especial a Juliete e Júnior, grato por toda colaboração;

Aos colegas de turma, conhecê-los foi enriquecedor e gratificante, em especial a Iris Conceição Sampaio Santos que me acompanhou por todo esse período, obrigada por se mostrar tão solicita e presente para me ajudar;

A todos (as) amigos (as) próximos e mesmo os que estão à distância e torceram por mim;

Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos que contribuíram de alguma forma, muito obrigado!

MOREIRA, N. M. CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FRUTOS UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DO SUDOESTE BAIANO [Defesa de dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2022.

RESUMO

O umbuzeiro, planta pertencente ao gênero das *Spondias* e família *Anacardiaceae*, possui aproximadamente 18 espécies que estão localizadas nas Américas, Ásia e Oceania. O fruto pode ser consumido *in natura* ou processados em diversos outros produtos. Com produção brasileira estimada em 7765 t no ano de 2018 e tendo a Bahia como maior estado produtor desses frutos, sendo responsável por 5752 t do total produzido, esse fruto foi responsável por movimentar aproximadamente 8.260.000,00 de reais no ano de 2018. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar compostos bioativos, atividade antioxidante e os compostos voláteis de diferentes genótipos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) do sudoeste baiano e realizar a comparação entre eles. As seguintes análises foram realizadas: índice de acidez, pH, sólidos solúveis, atividade de água, cinzas, cor, lipídios, proteínas e umidade segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os compostos bioativos (fenólicos, flavonoides totais, carotenoides totais) foram analisados conforme metodologia específica para frutas e a determinação da capacidade antioxidante, foi realizada pelo método de captura do radical ABTS+•, atividade sequestrante do radical livre DPPH•, potencial antioxidante redutor férrico (FRAP) e capacidade de absorção de radicais de oxigênio (ORAC), aos quais foram determinados por espectrofotometria. A identificação e quantificação dos compostos voláteis foi realizado por cromatógrafo a gás (GC) acoplado a um espectrômetro de massas (MS). Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente com software SAS. Dentre os 13 genótipos analisados se destacaram apresentando mais que 50g de massa dos frutos o BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01. O genótipo BGU 61 apresentou maior teor de umidade, AT (% de ácido cítrico) e maior quantidade de cinzas, BGU44 apresentou maior ºBrix e maior valor de pH. Todas as variedades apresentaram Aw elevada não havendo diferença significativa entre elas. O genótipo BGU45 se destacou obtendo maiores quantidades de compostos fenólicos totais (32,15 mg EAG/100g) -e flavonoides totais (0,88 mg QUERCETINA/100g) o EPAMIG01 foi encontrado 35,3288(µg de β-caroteno/g de polpa) sendo a maior quantidade entre os genótipos analisados. Os genótipos BGU45 e BGU44 obtiveram os melhores resultados para atividade antioxidante pelos

ensaios $ABTS^{+\bullet}$, $DPPH^{\bullet}$, FRAP e ORAC. Foram encontrados compostos voláteis específicos nos genótipos BGU45 (butyl acetate e humulene), BGU61 (γ-muurolene, β-selinene, 3,7(11)-selinadiene, valencene e γ-selinene) e BGU75 (methyl hexanoate, 4-pentenyl butyrate, 1-hexanol, 1-octen-3-ol.). Conclui-se que dentre os 13 genótipos estudados os genótipos EPAMIG01 e BGU75 se mostraram promissores a industrialização e consumo *in natura* devido ao seu tamanho e rendimento de polpa, genótipos BGU44 e BGU45 se destacaram em sua capacidade antioxidante e os genótipos BGU45, BGU61 e BGU75 por apresentarem compostos volteis específicos dentre os 5 que foram estudados.

Palavras-chave: Compostos bioativos, Genótipos de umbu, Compostos Voláteis.

MOREIRA, N. M. CHARACTERIZATION AND COMPARISON OF GENOTYPES OF UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) FRUITS FROM SOUTHEAST BAHIA [Dissertation defense]. São Cristóvão: Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Sergipe; 2022.

ABSTRACT

The umbu tree, a plant belonging to the *Spondias* genus and *Anacardiaceae* family, has 18 species that are located in the Americas, Asia and Oceania. The fruit can be consumed fresh or processed into several other products. With Brazilian production estimated at 7765 t in 2018 and Bahia as the largest producer of these fruits, accounting for 5752 t of the total produced, this fruit was responsible for moving approximately 8,260,000.00 reais in 2018. Therefore, the present work aims to analyze bioactives and antioxidants from different genotypes of umbu (*Spondias* tuberosa Arruda Câmara) from southwestern Bahia and compare them.The following analyses were carried out: acidity index, pH, soluble solids, water activity, ash, color, lipids, proteins and moisture according to the methodology of Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Bioactive compounds (phenolics, total flavonoids, total carotenoids) were analyzed according to the specific methodology for fruits and the determination of antioxidant capacity was performed by the ABTS+• radical capture method, DPPH• free radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant potential (FRAP) and oxygen radical absorption capacity (ORAC), which were determined by spectrophotometry. The identification and quantification of volatile compounds was performed by a gas chromatograph (GC) coupled to a mass spectrometer (MS). The results obtained were statistically treated with SAS software. Among the 13 genotypes analyzed, BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 and EPAMIG01 stood out with more than 50g of fruit mass. The BGU 61 genotype had the highest moisture content, AT (% citric acid) and the highest amount of ash while BGU44 had the highest ºBrix and the highest pH value. All varieties had high Aw with no significant difference between them. The BGU45 genotype stood out, obtaining greater amounts of total phenolic compounds (32.15 mg EAG/100g) and total flavonoids (0.88 mg Quercetina/100g) and EPAMIG01 was found to be 35.3288 (μg of β-carotene/g of pulp) being the largest amount among the analyzed genotypes. The BGU45 and BGU44 genotypes obtained the best results for antioxidant activity by the ABTS+•, DPPH•, FRAP and ORAC assays. Specific volatile compounds were found in the genotypes BGU45 (butyl acetate and humulene), BGU61 (γ-muurolene, β-selinene, 3,7(11)-selinadiene, valencene and γ-selinene) and BGU75 (methyl hexanoate, 4-pentenyl

butyrate), 1-hexanol, 1-octen-3-ol). It is concluded that among the 13 genotypes studied, the genotypes EPAMIG01 and BGU75 showed promise for industrialization and fresh consumption due to their size and pulp yield, genotypes BGU44 and BGU45 stood out in their antioxidant capacity and the genotypes BGU45, BGU61 and BGU75 for presenting specific volatile compounds among the 5 that were studied.

Keywords: Bioactive compounds, Umbu genotypes, HPLC-DAD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Foto tirada pelo autor do genótipo BGU 47 de umbuzeiro da Coleção do IFBAIANO, Campus Guanambi. Guanambi-BA, 2021. 44

Figura 2 - Histograma para os valores da umidade nos diversos genótipos de umbu. 47

Figura 3 - Boxplot para os valores do pH nos diversos genótipos de umbu. 48

Figura 4 - Acidez titulável expresso em % de ácido cítrico/g de polpa em diversos genótipos de umbu. 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição nutricional do umbu por 100 gramas de parte comestível.....21

Tabela 2 - Principais compostos voláteis encontrados em frutos do gênero *Spondias* utilizando diferentes métodos de extração de voláteis. 29

Tabela 3 - Valores médios de diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), massa do fruto (MF),massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP) e rendimento de polpa (RP) de 13 genótipos de umbuzeiro da Coleção do IFBAIANO, Campus Guanambi-BA, 2022. 42

Tabela 4 - Resultados médios dos parâmetros de Umidade (%), °Brix, pH, AT (% ácido cítrico), AW e Cinzas (%) de 5 genótipos presentes acessos de umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. 46

Tabela 5 - Resultados médios de compostos fenólicos totais (mg EAG / 100 g) e flavonoides totais (mg Quercetina / 100 g) de 5 genótipos umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. 50

Tabela 6 - Resultados médios de carotenoides totais (μg de β-caroteno/g de polpa) em 5 genótipos diferentes umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi.....52

Tabela 7 - Resultados médios de valores encontrados para atividade antioxidante pelos ensaios ABTS, DPPH, FRAP e ORAC de 5 genótipos diferentes de umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. 53

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura. 55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

2.1 Umbuzeiro 19

2.2 Composição físico-química 20

2.3 Compostos bioativos 23

2.4 Atividade antioxidante 25

2.4.1 Atividade sequestrante do radical livre DPPH $^{\bullet}$ 25

2.4.2 Atividade antioxidante pelo método do ABTS$^{\bullet+}$ 26

2.4.3 Potencial Antioxidante Redutor Férrico (FRAP) 27

2.4.4 Capacidade de Absorção de Radicais de Oxigênio (ORAC) 27

2.5 Compostos Voláteis 28

3 OBJETIVOS 33

3.1 Geral 33

3.2 Específicos 33

4 MATERIAL E MÉTODOS 34

4.1 Matéria-prima 34

4.1.1 Caracterização físico-química da polpa de fruta 34

4.1.2 Compostos bioativos 36

4.1.3 Atividade antioxidante 37

4.1.4 Analise de compostos voláteis 39

4.1.5 Análises estatísticas 40

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 41

5.1 Caracterização física dos diferentes genótipos de umbu 41

5.2 Caracterização físico-química de 5 genótipos de umbu 46

5.3 Compostos bioativos dos diferentes genótipos de umbu 50

Conteúdo de fenólicos totais (CFT) e flavonóides totais (FT) 50

Carotenoides totais 51

Capacidade antioxidante 52

6 Compostos voláteis das polpas de umbu das variedades BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 54

7 CONCLUSÃO 64

8 REFERÊNCIAS 65

1 INTRODUÇÃO

O umbu, fruto do umbuzeiro, é uma planta que pertence ao gênero das *Spondias*, tem seus frutos colhidos de forma extrativistas sendo principal destaque na região nordeste do Brasil se adaptando as condições climáticas da região. Este fruto tem como característica ser uma drupa arredondada, no seu estágio de maturação maduro tem característica de cor de casca amarelo-esverdeada e cor de polpa branco-esverdeada sendo quase aquosa suculenta e com sabor característico (FOLEGATTI *et al,* 2003; LIMA FILHO, 2011).

As plantas do umbuzeiro em um único período de colheita anual a depender das condições climáticas ao qual se encontram são capazes de produzir até 300kg de fruto por planta (LIMA FILHO, 2011). A produção brasileira no ano de 2018 foi de 7762t com a maioria da sua produção se concentrando na região nordeste do Brasil e tendo o estado da Bahia como líder na produção desse fruto (IBGE, 2019).

Com o consumo sendo crescente no mercado, os frutos tropicais podem se apresentar uma ótima fonte de compostos bioativos tendo grande importância nutricional e terapêutica, entretanto frutos consumidos no mercado local, ainda com informações cientificas sobre esse fruto sendo escassas se faz necessário novos estudos para esses frutos (ZERAIK et al., 2016; RUFINO et al., 2010). Em um estudo, Zielinski (2014) tendo como objetivo do trabalho, compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante *in vitro* de polpa de frutas congeladas que são consumidas no Brasil, encontrou valores para umbu de compostos fenólicos de 158,54 (mg GAE/kg), flavonoides 69,30 (mg CTE/kg) e os seguintes carotenoides: β-caroteno 4,16 (mg de β-caroteno/100 g) e licopeno 5,67 (mg/100g) comprovando a presença de compostos bioativos como também no mesmo trabalho foi comprovada a atividade antioxidante in vitro pelos métodos de DPPH e FRAP.

No entanto, vale ressaltar que são poucos os trabalhos na literatura que realizaram análises de diferentes genótipos do fruto do umbuzeiro; dessa forma é de extrema importância se caracterizar o fruto do umbuzeiro em relação a sua capacidade antioxidante e composição química e se verificar possíveis diferenças entre eles, com alto teor de compostos, benéficos a saúde humana, e podendo vir a encontrar genótipos que sejam superiores aos demais e poder assim indica-los ao processamento industrial. Desta forma,

o presente trabalho tem por objetivo, analisar a composição físico-química, os compostos bioativos, atividade antioxidante e os compostos voláteis de diferentes genótipos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) e realizar a comparação entre eles.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Umbuzeiro

O umbuzeiro é uma planta pertencente ao gênero das *Spondias* pertencente à família *Anacardiaceae* a qual possui 18 espécies que estão localizadas nas Américas, Ásia e Oceania (MITCHELL & DALY, 1995; SATURNINO, 2011). As *Spondias* são gênero de destaque na região nordeste do Brasil, são frutíferas em sua grande maioria exploradas através do extrativismo dentre essas estão as espécies: *Spondias mombin* L. (cajazeira), *Spondias purpurea* L. (cirigueleira), *Spondias cytherea Sonn*. (cajaraneira), *Spondias tuberosa* Arr. Câm. (umbuzeiro) e *Spondias spp*. (umbu-cajazeira e umbugueleira) (MARTINS & MELO, 2005). Por sua vez, a espécie *Spondias tuberosa* Arruda Camara (umbuzeiro) se destaca por grande importância social, comercial e ecológica sendo endêmica da caatinga do Brasil, com ocorrência natural no cerrado, mata atlântica e região pré-Amazônica (DRUMOND *et aI*., 2016;ARAUJO, 2016; SANTOS, 1998), sendo uma xerófita que perdura por mais de 30 anos, com altura média em torno de 6 metros e podendo atingir até 15 metros de diâmetro, sendo uma alternativa de proteção aos animais e ao solo, durante as horas mais quentes do dia. (DUQUE, 2004; SANTOS, NASCIMENTO E OLIVEIRA, 1999; PIRES, 1990; PIRES E OLIVEIRA, 1986)

Com um sistema radicular que pode atingir até um metro de profundidade e longas raízes laterais, com caules subterrâneos, denominados de xilopódios, os quais são responsáveis por realizar o controle de respiração da árvore, podendo armazenar água e contendo nutrientes como proteína, fibra bruta, lipídeos, tanino, amido, enxofre, fósforo, cálcio e magnésio (LIMA, 1996), sendo vitais para nutrição vegetal e sua sobrevivência durante o período de estiagem, garantindo a sobrevivência dessas plantas por mais de trinta anos (DUQUE, 2004); tais características apresentadas anteriormente permitem ao umbuzeiro crescer em regiões com temperaturas na faixa de 12 ºC a 38 ºC, umidade relativa do ar (UR) de 30% a 90% e exposição solar de 2.000 – 3.000 horas/luz/ano e quantidade de chuva de 400 a 800mm entre os meses de novembro a fevereiro, se adaptando a locais com até 1600mm/ano.(SATURNINO, 2011; DUQUE, 2004).

Com a sua frutificação tendo início em média 25 dias após o florescimento e levando em torno de 120 dias para atingir a sua maturação dos frutos, possuindo somente um período de colheita por ano, período este cujo clima e ambiente tem total influencia,

tornando-se possível uma colheita de até 300kg de fruto por planta durante a safra (LIMA FILHO, 2011).

O umbu fruto do umbuzeiro é descrito por Folegatti *et al*. (2003) e por Lima Filho (2011) que quando maduro se caracteriza como sendo uma drupa de forma arredondada a ovalada, liso ou com algumas protuberâncias, coloração de casca amarelo-esverdeado, polpa branco-esverdeada mole e suculenta quase aquosa com sabor característico.

Dentro da atual tendência de consumo de alimentos saudáveis, o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) apresenta grande potencial para uso em sucos de frutas, a fim de atender aos requisitos desejados para a saúde do consumidor.

2.2 Composição físico-química

Com a demanda para o consumo de alimentos que venham a ser benéficos a saúde, o umbu pode se apresentar elevado potencial para atender requisitos que venham conferir saúde aos consumidores que desejam se alimentar de forma saudável associando também a experiências de novos sabores (VIDIGAL *et al*, 2011). O umbu se apresenta como fonte de vitamina C sendo encontrado em sua composição elementos como cálcio, ferro e fosforo que se tornam essências para uma boa dieta, (Tabela 1).

Tabela 1- Composição nutricional do umbu por 100 gramas de parte comestível.

Composição por 100 gramas de parte comestível	
Calorias	37kcal
Proteína	0,80g
Carboidratos	9,40g
Fibra alimentar	2,00g
Cálcio	12mg
Magnésio	0,03mg
Fósforo	13mg
Ferro	0,10mg
Potássio	152mg
Cobre	0,04mg
Zinco	0,40mg
Tiamina	0,05mg
Riboflavina	0,06mg
Piridoxina	0,03mg
Vitamina C	24,10mg

Fonte: Adaptado das NEPA (2011); IBGE (2011)

Com a produção brasileira estimada em 7765t no ano de 2018, sendo a Bahia como o maior estado produtor sendo responsável por 5752t do total produzido, esse fruto foi responsável por movimentar aproximadamente 8.260.000,00 de reais no ano de 2018 (IBGE, 2019). O umbu pode ser utilizado como opção de alimentação por se tornar uma fonte nutricional e servir como fonte de renda para os agricultores em seu período de colheita, que por sua vez pode ser comercializado em sua forma *in natura* ou processado em diversos produtos como os que foram desenvolvidos e são comercializado pela COOPERCUC - Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá (BA), que tem em seu catálogo os seguintes produtos: compota de umbu, cerveja de umbu, geleia de umbu, doce de umbu cremoso, doce de umbu light, doce de umbu de corte, doce de umbu em barra, nego bom de umbu e doce de umbu e goiaba (COOPERCUC, 2019) e podendo servir como matéria prima para sucos, licores, polpas congeladas, picolés e sorvete, destacando assim sua importância socioeconômica e com grande potencial para exploração agroindustrial tendo em vista que além de uma alternativa de substância alimentar podendo também ser econômica gerando ocupação e renda a diversas famílias.

No jardim clonal implantado na EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, há relato de 32 genótipos de umbu, adquiridas em diferentes cidades. Em estudo (SATURNINO, 2011), foi identificado frutos de 32,98 gramas a 87,19 gramas de peso sendo as médias obtidas com amostragem de 20 frutos por genótipos. Tal informação é de suma importância, tendo em vista que autores como Duque (2004) relatou que o peso de frutos de umbu varia de 10 a 20 gramas por frutos; Santos (1997) apresenta informações de que o peso médio dos frutos se encontra na faixa de 15,80 a 26,70 gramas; a EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária indica que no seu banco ativo de germoplasma de umbu da sua unidade Embrapa semiárido localizada em Petrolina, Pernambuco são encontrados valores de peso de fruto que vão de 2,50 a 85,00 gramas, sendo este por sua vez composto por 79 acessos diferentes (MACHADO *e tal*, 2015). Vale ressaltar também que esses conflitos de informações indicam os avanços genéticos que vem acontecendo ao longo dos anos.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus de Guanambi possui diversos acessos de umbuzeiro, mantidos em condições de campo, características climáticas e ambientais únicas da região, com a área implantada no ano de 2007, o campus dispõe de uma área experimental composta por 24 acessos de umbuzeiro, sendo uma parceria entre o Instituto, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG Norte, Nova Porteirinha – MG, sendo as seguintes variedades Arrecife, Boquira, Cavaco, BGU 44, BGU 45, BGU 47, BGU 48, BGU 50, EPAMIG 05, EPAMIG 01, BGU 75, Laranjão, EPAMIG 03, EPAMIG 04, EPAMIG 06, EPAMIG 07, EPAMIG 08, EPAMIG 09, EPAMIG 10, EPAMIG 13, São Timóteo, Testemunha, BGU 61 e BGU 68 (SANTOS, 2018). As variedades em que a descrição se inicia com o termo EPAMIG foram originados e cedidos da Coleção da EPAMIG Norte, em Nova Porteirinha, MG, os genótipos com identificação utilizando termo BGU tem como frutos originados do Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE e cedidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA. O genótipo com nome origem desconhecida e uma planta considerada doce cedido pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA (OLIVEIRA et al., 2015); os demais genótipos Arrecife, Boquira, Cavaco e Laranjão não tem sua origem conhecida não sendo possível a sua descrição. As variedades EPAMIG 01 e BGU 68 correspondem a mesma planta tendo origem do município de lontra, MG como descrito por Saturnino, Gonçalves e Silva (2000)

e por Santos, Nascimento e Oliveira (1999). A caracterização dos frutos se torna de suma importância com relação aos descobrimentos de características especificas de cada genótipo, podendo se tornar de grande ferramenta para destiná-los a suas diversas formas de processamento, como relatado anteriormente.

2.3 Compostos bioativos

As frutas podem se apresentar como uma excelente fonte de compostos bioativos, além de ser uma fonte renovável, apresentando em sua composição compostos fenólicos, vitaminas, carotenoides e minerais; alguns compostos desses bioativos obtêm propriedades antioxidantes. As frutas podem ser também consideradas fonte de fibras alimentares solúveis ou insolúveis que desempenham um papel benéfico quando introduzidas na alimentação humana por serem associadas a prevenção de algumas doenças (SCHIASSI *et al.,* 2018). Fang, Meng e Min (2018) descrevem que o consumo de frutas que são ricas em propriedades antioxidantes pode atuar na prevenção de doenças como o diabetes, hipertensão, insuficiência cardíaca, AVC, câncer, mal de Alzheimer, reumatismo, esclerose múltipla, artrite deformante, despertando assim o interesse e se descobrir frutas ricas nas propriedades citadas anteriormente afim de se trazer benefícios a saúde humana.

Amplamente encontrados em alimentos de origem vegetal, essa classe de compostos se destaca pela sua alta atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo capazes de amenizar sintomas de diversas doenças crônicas. (ALU'DATT, RABABAH, EREIFEJ, & ALLI, 2013; SHAHIDI & AMBIGAIPALAN, 2015; ZHOU *et al*, 2019). Estes compostos fitoquímicos compreendem uma extensa quantidade de substâncias que incluem flavonoides e não flavonoides, que em sua maioria são compostos de metabolismo secundários encontrados nas plantas, que por sua vez os utilizam como forma de proteção para a suas células contra danos que podem ser causados por radicais livres, com a sua propriedade de oxirredução, eles se tornam muito importantes para proteção das moléculas em seus compartimentos celulares contra oxidação (ORSAVOVÁ *et al*, 2019). Os compostos fenólicos também estão associados a características dos alimentos tais como cor, sabor em diversas plantas. (CHIRINOS *et al*, 2009).

Desde o início dos anos 1950, os carotenoides tem sido continuamente estudados devido as suas propriedades benéficas (RUSSO *et al*, 2021). Os carotenoides são

compostos associados a cor dos alimentos que podem variar do amarelo ao vermelho, podendo ser encontrados amplamente em alimentos de origem animal e vegetal, podem trazer diversos benefícios a saúde humana, sua bioatividade e dada pelo metabolismo de carotenoides chamados de precursores da vitamina A, que por sua vez e responsável nos seres humanos e mamíferos em geral em manter o crescimento e robustez celular, o consumo de alimentos ricos em carotenoides e associado a prevenção do envelhecimento prematuro da pele, tendo também efeitos benéficos sobre a funcionalidade do sistema imunológico e com sua forte atividade antioxidante, podendo agir na prevenção de doenças crônicas (SCHWEIGGERT & CARLE, 2017).

Em estudo realizado por Petropoulosp *et al.* (2018) avaliando a composição nutricional de 8 genótipos diferentes de alcachofra grega, encontrou um total de 8 compostos fenólicos diferentes que estão presentes nos genótipos em quantidades distintas entre elas, quatro dos oito genótipos se destacaram dos demais apresentando maiores quantidades de ácidos fenólicos total e compostos fenólicos totais (extrato mg/g), as quantidades de compostos fenólicos totais, por serem os mais abundantes, com intuito de se aproveitar a biodiversidades desses genótipos alguns se tornam promissores, quanto ao perfil de compostos fenólicos são entre eles 2 cultivares comercias expressados no artigo como A4 e A5 e o genótipo A7 por serem superiores entre os demais genótipos estudados, abundantes em ácidos fenólicos totais e compostos fenólicos totais.

Gundogdu & yilmaz (2012) analisaram o conteúdo de compostos fenólicos no suco de romã em um total de 11 cultivares diferentes com um total de 13 compostos distintos, dentre os quais tiveram variações como o ácido gálico com valores de 0,190 a 6,361 g L^{-1}, catequina de 0,533 a 3,176 g L^{-1} e ácido clorogênico entre 0,0375 a 0,5473 g L^{-1}. Dentre os outros compostos encontrados que obtiveram diferença significativas determinadas entre as cultivares tais características e variabilidades podem ser justificadas por hábitos diferentes de fertilização, período de poda, irrigação dentre outros fatores da região como clima e solo, como também atribuídas a características inerentes as cultivares estudadas, como valores distintos os compostos fenólicos podem afetar no sabor e na cor das frutas, tornando as genótipos sensorialmente únicas e distintas entre si.

2.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante é um dos parâmetros utilizados para avaliar o valor nutricional de frutas, todavia com a alta variedade de cultivares de frutas e consequentemente a grande gama de composição química, os dados sobre atividade antioxidante se tornam inconsistentes assim dificultando o estabelecimento de padrões e de resultados mais precisos a partir dos dados disponíveis na literatura. Cada fruta dispõe de várias especificidades na atividade antioxidante dos diversos compostos bioativos encontrados nas respectivas frutas, essas especificidades se estendem quando estudado os diferentes genótipos de uma mesma fruta. Com diferentes métodos analíticos de avaliação de atividade antioxidante, os resultados obtidos podem oferecer uma visão mais ampla das interações entre os fatores, como os genótipos da fruta estudada, que podem influenciar na atividade antioxidante, levando a um maior conhecimento das propriedades antioxidantes de genótipos (SOOBRATTEE *et al*., 2005; GRANATO *et al*., 2018).

2.4.1 Atividade sequestrante do radical livre DPPH ·

Para avaliação da atividade antioxidante pelo método sequestrante do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), são utilizados ensaios colorimétricos que consistem em uma reação de oxirredução, que por meio de captura de um elétron torna o radical livre estável, assim o 2,2-difenil-1-picrilhidrazila de cor característica purpura, com a reação é reduzido a difenil-picril-hidrazina, de tonalidade amarelada permitindo assim utilizar o decréscimo da absorbância para se caracterizar a resposta da atividade antioxidante da amostra. Quanto maior o consumo de DPPH·, maior será a sua atividade antioxidante sendo expressa em % e pela quantidade necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH· (BRAND-WILLIANS; CURVELIER; BERSET, 1995; RUFINO *et al*., 2007; DUARTE-ALMEIDA *et al*., 2006; BORGES *et al*., 2011).

Zeraik *et al* (2016) utilizando frutos de *S. tuberosa* Arr., sendo coletados na cidade de João Pessoa no estado da Paraíba, realizaram diferentes ensaios de atividade antioxidante; dentre eles, utilizaram o método de atividade sequestrante do radical livre DPPH· encontrando em seu trabalho 89% de inibição do radical livre resultados estes encontrados no extrato metanólico da polpa de umbu. Islam *et al*. (2013) realizaram um estudo comparativo dos antioxidantes, antimicrobianos, citotóxicos e potencial trombolítico dos frutos e folhas de *Spondias dulcis*, fruto esse conhecido popularmente como cajá-manga, utilizando a o método de redução do DPPH· e extrato metanólico da

fruta em questão encontrou valores menores em comparação ao controle positivo que foi usado no trabalho (ácido L- ascórbico), sendo os valores de IC_{50} (1,91µg/mL) e de IC_{50} (4,94µg/mL), respectivamente. O mesmo estudo avaliou a atividade antioxidante em diferentes concentrações de conteúdos fenólicos, e comprovou que a alteração do conteúdo fenólico está diretamente ligada a capacidade antioxidante do extrato, onde com o aumento da concentração de compostos fenólicos também ocorreu o aumento da eliminação de radicais de $DPPH^{\cdot}$, sugerindo que a concentração de compostos fenólicos esta proporcionalmente associada a capacidade antioxidante do cajá-manga. Vale ressaltar que apesar de serem frutos diferentes, o umbu e o cajá-manga pertencem ao mesmo gênero das *Spondias*, entretanto não são encontrados amplamente na literatura, trabalhos que desenvolvem os estudos mais aprofundados em frutos das mesmas espécies cuja a diferença que a entre si sejam os genótipos.

2.4.2 Atividade antioxidante pelo método do $ABTS^{\cdot+}$

Sendo considerado um método rápido de analise o $ABTS^{\cdot+}$ é um radical produzido quimicamente com persulfato de potássio, a utilização deste método para avaliação de atividade antioxidante da amostra se baseia na reação de transferência de elétrons, em que é medida a capacidade de capturar o cátion radical $ABTS^{\cdot+}$, com o decréscimo da absorbância de 734nm. A coloração característica verde-escura passa para verde-claro, o que caracteriza a atividade antioxidante com o resultado sendo expresso em atividade antioxidante equivalente a 1mM de Trolox (análogo hidrossolúvel da vitamina E), a comparação é realizada a partir de uma curva de calibração gerada pelo Trolox, que e posteriormente comparada a atividade antioxidante para que se possa calcular os resultados que serão expressos em mMol trolox/100g. (ARNAO, 2000; KUSKOSKI, 2005; RUFINO *et al*, 2007).

Ribeiro *et al.* (2019) avaliaram a composição nutricional e compostos bioativos na polpa do fruto do umbu, com intuito de descobrir seu potencial de aplicação na indústria e comparação com uma polpa congelada, já comercializada. Os frutos foram coletados na cidade de milagres, Bahia para elaboração da polpa fresca e a polpa congelada adquirida de uma pequena empresa na cidade de itamari, Bahia, os valores encontrados para atividade antioxidante determinada pelo método de redução do $ABTS^{\cdot+}$, para a polpa congelada adquirida comercialmente e para polpa fresca foram de 105,24 (µmol $TE.g^{-1}$) e 25,24 (µmol $TE.g^{-1}$), respectivamente. Através dos resultados obtidos pode se perceber a

diferença entre a constituição química das polpas de diferentes locais, os autores não detalham informações como genótipo ou condições climáticas e ambientais ao qual os frutos foram cultivados e posteriormente adquiridos. Através da discrepância de resultados se faz necessária maiores informações sobre a capacidade antioxidante de polpas do fruto do umbu afim de se definir um genótipo superior para utilização na indústria.

2.4.3 Potencial Antioxidante Redutor Férrico (FRAP)

Utilizando a redução do ferro como indicador de doação de elétron, sendo um importante mecanismo de ação antioxidante, o mecanismo consiste na redução do complexo de Fe^{3+}**,** pela presença de antioxidantes na amostra utilizada, para a forma ferrosa Fe^{2+}. A coloraçao amarela da soluçao teste pode variar para tonalidades como verde e azul a depender da composiçao da amostra analizada, se obtem uma resposta ligada ao aumento da absorbancia a 595 nm medido por epectrofotometria para se avaliar a concentraçao de Fe^{2+} (VASCONCELOS *et al*., 2007; TIVERON, 2010; SUCUPIRA, 2012).

Zielinski *et al* (2014) utilizando a metodologia de potencial antioxidante redutor férrico (FRAP) analisou polpa de umbu congelada e de outros frutos do mesmo gênero como cajá e seriguela os qual também são de destaque na região nordeste e compartilham de características semelhantes ao umbu, com os valores da capacidade antioxidante em FRAP de 14.613,33µ mol TE/kg), 12.644,44(µ mol TE/kg) e 11.542,22(µmol TE/kg) sendo seriguela, cajá e umbu respectivamente, ficando evidente a presença de atividade antioxidante no gênero das *Spondias* quando na espécie do umbu. É de suma importância que haja mais pesquisa voltadas ao gênero das *Spondias*, e em especifico a espécie do umbu tendo em vista que até o presente momento não são amplos os trabalhos, que expressam a diferenciação de genótipos em suas pesquisas.

2.4.4 Capacidade de Absorção de Radicais de Oxigênio (ORAC)

O método ORAC que consiste na capacidade de absorção de radicais de oxigênio é realizado com auxílio de espectrofotômetro, utilizando como referência o composto Trolox. O ensaio mede a atividade antioxidante pelo mecanismo de proteção exercida por moléculas contra oxidação da fluoresceína provocada pelo radical AAPH (22,'- azobis 2-amidino-propano diidroclorido). A diminuição da fluorescência da fluoresceína e o

indicativo da atividade antioxidante comprova assim o seu efeito protetor (HAMPSCH-WOODILL E PRIOR, 2001; SHAHIDI; ZHONG, 2015). Rufino *et al* (2010) avaliando o potencial antioxidante de 18 frutas tropicais brasileiras; dentre elas estavam presentes o cajá e o umbu, utilizando o ensaio ORAC, encontraram para o cajá 92,7% e para o umbu 63,4% de inibição de oxidação, valores estes encontrados em polpas frescas dos frutos. Entretanto, não são encontrados na literatura muitos trabalhos que utilizassem essa metodologia para atividade antioxidante em umbu.

2.5 Compostos Voláteis

Os compostos voláteis são produzidos a partir de vários compostos formados no período de desenvolvimento da planta, incluindo açúcar, aminoácidos, lipídeos, carotenoides entre outros compostos (LEE et al., 2017). Dessa forma é interessante notar que os compostos aromáticos são formados através do metabolismo de compostos lipídicos, aminoácidos e carboidratos que podem estar presentes naturalmente nos vegetais e podem gerar compostos cetônicos, aldeídicos, ácidos orgânicos, álcoois, lactonas e ésteres quando originados de lipídeos ou álcoois metílicos ramificados (MEHTA et al., 2017). Tabela 2 apresenta a lista dos principais compostos voláteis encontrados nas diversas frutas da espécie *Spondias*.

Cada fruta possui um aroma que o distingue de diversas outras e essa formação do aroma é resultado de dezenas ou centenas de compostos voláteis, presentes no meio em níveis traços e mesmo presente em baixas concentrações, esses voláteis exercem influência sobre o aroma característico da fruta (GARRUTI, 2001).

Tabela 2 - Principais compostos voláteis encontrados em frutos do gênero *Spondias* utilizando diferentes métodos de extração de voláteis.

Principais compostos voláteis	**Fruta**	**Método de Extração**	**Autor-Ano**
Hexanal Trans-2-hexenal 3-hexen-1-ol 2-hexen-1-ol Acetato de etilo Acetato de hexilo	Siriguela (*Spondias purpurea* L.)	SPME	Ceva-Antunes et al., 2006.
n-butanol Butirato de etilo α-pineno Caproato de etilo Limoneno y-terpineno Ocimeno Álcool fenquilico copaeno Cariofileno	Cajá (*Spondias lutea*, L.)	SPME	Augusto et al., 2000.
Acetato de etilo Álcool isoamilico Aldeído capróico 3-hexen-1-ol n-hexanol Nonilaldeído decilaldeído	Siriguela (*Spondias purpurea* L.)	SPME	Augusto et al., 2000.
4-metil-3-penten-2-ona Etilbenzeno 1-penten-3-ona 2-acetil tiazona *p*-xileno Limoneno 2,2-dimetil 4-octenal 3-hexanol 2-nonanol 1-nonanol 2-pentanol 2-octanol 3-metiletil 2-butanoato benzoato de butil 3-alil ciclohexeno 2 -acetil furano 2-hexil furano β-cariofileno	Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara)	Destilação e extração simultâneas; Likens & Nickerson, 1964	Galvão et al., 2011.

α-pineno canfeno, β-mirceno α-felandreno D – limoneno (*E*)-ocimeno alo-ocimeno	Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara)	-	Franco & Janzantti., 2005.
β-cariofileno 2-metil butanal 2-hexanol butirato de etilo α-cariofileno	cajá-umbu (*Spondias* sp.) meio maduro	Técnica de purga e armadilha	Narain et al., 2007.
2-metil butanal 2-hexanol β-cariofileno butirato de etila α -cariofileno Metilpirazina	cajá-umbu (*Spondias* sp.) maduro	Técnica de purga e armadilha	Narain et al., 2007.

SPME - *Solid Phase Micro Extraction* (Microextração em Fase Sólida)

Fonte: Elaborada pelo autor

A determinação de compostos que influenciam o aroma é um importante tarefa, desde que estejam relacionados à qualidade dos alimentos. Muitas formas de determinação do conteúdo volátil dessas matrizes foram aplicadas para prévio isolamento desses compostos e identificação dos mesmos através de análises químicas. Existem diversas técnicas para extração de compostos voláteis em alimentos sendo a *Solid Phase Micro Extraction* (SPME) ou Microextração em Fase Sólida uma das mais usadas (MEHTA et al., 2017).

A microextração em fase sólida (SPME) baseia-se na partição do analito entre a fase de extração imobilizada em uma fibra de sílica fundida ou revestimento interno e a matriz (ar, água, etc.). Depois de atingir o equilíbrio ou um tempo bem definido, os compostos absorvidos são dissolvidos termicamente expondo a fibra no injetor de um Cromatógrafo a gás Gasoso ou redissolvidos num solvente orgânico para posterior análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, Cromatografia Gasosa ou eletroforese (DUAN *et al.*, 2011).

O SPME é uma técnica avançada de pré-tratamento de amostras que integra amostragem, extração, concentração e introdução de amostras em um único passo livre de solvente. As principais vantagens do SPME são sua fácil miniaturização, automação de dispositivos e sua conveniência no acoplamento com instrumentos cromatográficos. A facilitação de métodos analíticos de alta qualidade baseados na técnica de SPME requer otimização dos parâmetros que afetam a eficiência da extração, como química de extração,

modo de extração, método de agitação, modificação de amostra (pH, força iônica, teor de solvente orgânico), temperatura da amostra, tempo de extração e condições de dessorção (DUAN *et al.*, 2011). Dentro desses parâmetros, o revestimento de fibra é um dos fatores mais críticos que influencia o desempenho dos métodos SPME. No passado, foram propostas tecnologias de ponta para a fabricação do revestimento/fibra/ dispositivo ideal SPME para análise de alimentos, por exemplo revestimento sol-gel (KABIR, FURTON e MALIK, 2013), revestimento polipirrol/sol-gel (SARAJI, JAFARI e SHERAFATMAND, 2015) e líquidos iônicos (YU, HO e ANDERSON, 2013). A adequação do revestimento de fibra para um analito específico de interesse é determinada pela polaridade do revestimento e sua seletividade em relação aos analitos de interesse em contraste com outra matriz componente.

Recentemente, os novos materiais de revestimento da SPME foram resumidos por Xu *et al.* (2013), pois entre todos os materiais de revestimento, o PDMS, como um revestimento líquido com uma superfície lisa e homogênea, sofre menos com o efeito de incrustação irreversível causado pelos componentes da matriz do que o revestimento sólido (BELTRAN, LÓPEZ e HERNÁNDEZ, 2000). Isso torna o revestimento PDMS a opção mais robusta para análise direta da amostra de alimentos. No entanto, sua sensibilidade em relação aos analitos de interesse era um problema crítico. Isso motivou a modificação dos revestimentos comerciais de fibra SPME existentes com uma camada fina de PDMS para criar um novo tipo de revestimento de fibra SPME, alcançando compatibilidade com a matriz, mantendo a sensibilidade do revestimento original em relação aos analitos de interesse (RISTICEVIC, DEELL e PAWLISZYN, 2012). O revestimento de fibra modificada SPME, como PDMS/DVB, DVB/CAR/ PDMS, PDMS/DVB/PDMS, demonstrou possuir eficiência de extração e longevidade quando diretamente submetido a uma matriz complexa (RISTICEVIC, DEELL e PAWLISZYN, 2012). Portanto, estes revestimentos modificados com PDMS foram as ferramentas favoritas para o SPME na análise de alimentos.

A quantidade extraída pelo SPME é proporcional à concentração livre dos analitos nas amostras devido à natureza de equilíbrio da técnica SPME (RISTICEVIC, DEELL e PAWLISZYN, 2012). Este princípio frequentemente causa equívocos em relação às capacidades de quantificação do SPME, especialmente quando se trata de matrizes complexas, em que a recuperação absoluta dos analitos pode estar dentro de uma pequena porcentagem da quantidade total. Nestes casos, a escolha de uma técnica de extração adequada é vital para a obtenção de uma quantificação precisa. A abordagem de extração mais comumente empregada

na análise de alimentos, onde matrizes complexas estão presentes, é a correspondência de matriz com a amostra desconhecida.

Outra técnica de extração que tem se destacado na extração de compostos voláteis é a headspace sorptive extraction (HSSE) ou Extração Sortiva Headspace. No HSSE, a amostragem é realizada colocando a barra de agitação no HS (*Headspace*) de uma amostra líquida ou sólida. HSSE foi aplicado com sucesso na análise de alimentos (CORDERO et al., 2013; VALLONE et al., 2013; TRIAUX et al., 2019).

Há menos estudos usando HSSE em comparação com o uso da fibra SPME. Isso pode ser atribuído a dois motivos. Uma unidade de dessorção térmica é necessária para desenvolver um método verdadeiramente verde usando HSSE, e o revestimento por polidimetilsiloxano (PDMS) tem sido o único revestimento disponível. Este revestimento não seletivo resulta em baixa recuperação de compostos de ligação de hidrogênio de matrizes aquosas. Recentemente, barras de agitação revestidas com copolímero polietileno glicol-polidimetilsiloxano (PEG-PDMS) e revestida por poliacrilato (PA), tornaram-se comercialmente disponíveis (LA-HOZ, SALINAS & FERRANDINO, 2016; DEVARAJ et al., 2018). No entanto, há relatos de que tais revestimentos polares não melhoraram a eficiência de extração em comparação com o revestimento PDMS tradicional (CACHO et al., 2105; COSTA et al., 2020).

Os frutos tropicais possuem um sabor característico e atraente para o consumidor, havendo a necessidade por parte da indústria de aromas em destacar as particularidades desses aromas o umbu estando entre esses frutos com sabor característico desperta interesse para a indústria (FRANCO & JANZANTTI, 2005). No entanto não são abundantes na literatura estudos que realizam a diferença do perfil de compostos voláteis entre os diferentes genótipos do fruto do umbuzeiro.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Determinar a composição físico-química, os compostos bioativos, atividade antioxidante e os compostos voláteis de diferentes genótipos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

3.2 Específicos

Determinar os parâmetros físicos dos frutos: peso total, altura, largura, peso da casca, peso da semente e rendimento de polpa.

Determinar características físico-químicas da polpa dos frutos: acidez, pH sólidos solúveis, cinzas, lipídios, e teor de umidade.

Identificar e quantificar os compostos voláteis por sistema de cromatografia gasosa de alta resolução acoplado com vários detectores.

Quantificar e comparar os teores de compostos fenólicos totais, carotenoides totais e de flavonoides totais.

Determinar a atividade antioxidante de polpas de umbu pelos seguintes métodos: método de captura do radical $ABTS^{+\bullet}$, atividade sequestrante do radical livre $DPPH^{\bullet}$, potencial antioxidante redutor férrico FRAP e atividade de absorção de radicais de oxigênio (ORAC).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi e no Laboratório de Flavor e Análises Cromatográficas/LAF da Universidade Federal de Sergipe. Neste estudo foram determinadas as características físico-químicas, o perfil de compostos bioativos, atividade antioxidante e composto voláteis de diferentes genótipos de umbu.

4.1 Matéria-prima

Os genótipos utilizados no presente estudo foram escolhidos com base no critério: média de peso total dos frutos superior ou próximos a 50g. Os frutos foram obtidos da Coleção de Acessos de Umbuzeiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, localizado no município de Guanambi, BA, Distrito de Ceraíma. Os frutos em seu período de maturação “de vez” sendo caracterizado por coloração parcialmente verde escuro e polpa com consistência firme, foram colhidos de forma aleatória durante as primeiras horas do dia, após realizada a colheita, os frutos foram identificados e transportados ao Laboratório de Bromatologia do IFBAIANO, Campus Guanambi. O período de colheita se deu nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020.

4.1.1 Caracterização físico-química da polpa de fruta

Os frutos foram avaliados conforme parâmetros físicos: peso total, altura, largura, peso da casca, peso da semente e peso da polpa e os resultados foram expressos em %. As análises contaram com utilização de paquímetro digital, balança analítica e faca de aço inoxidável para o despolpamento dos frutos.

Foram determinadas as características físico-químicas das polpas de umbu: acidez, pH, lipídeos, cinzas, sólidos solúveis, umidade. Todas as análises foram realizadas em triplicata conforme metodologia descrita a seguir.

4.1.1.1 Análise de acidez

A análise de acidez foi realizada de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (IAL), utilizando a metodologia 016/IV Frutas e produtos de frutas – Determinação da

acidez titulável onde, ocorreu a pesagem 1 a 5g da amostra, e titulada com solução de hidróxido de sódio (0,1M) (IAL, 2008).

4.1.1.2 Análise de pH

A análise de pH foi realizada pelo método de determinação direta, através de medição pelo potenciômetro diretamente na amostra, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 017/IV Determinação do pH. Foram pesadas 10g da amostra, diluídas com auxílio de 100 ml de água, homogeneizadas e o pH determinado utilizando pHmetro (Marca: Hanna), previamente calibrado com soluções tampão 4,7 e 10 (IAL, 2008).

4.1.1.3 Análise de sólidos solúveis

A análise de sólidos solúveis foi realizada pela medição de seu índice de refração por comparação com tabelas de referência, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 315/IV Frutas e produtos de frutas – Determinação de sólidos solúveis por refratometria. A amostra homogeneizada foi transferida para o prisma do refratômetro, previamente calibrado e após um minuto foi feito a leitura diretamente na escala dos graus brix, observando a temperatura da amostra para, se necessário, corrigir pelo fator de correção (IAL, 2008).

4.1.1.4 Análise de cinzas

A análise de cinzas foi realizada pelo método de determinação de cinzas, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 018/IV Resíduo por incineração – Cinzas, onde foram utilizados cadinhos de porcelana previamente tarados a 500ºC em mufla, nos quais foram pesados 5g da amostra. As amostras passaram por processo de evaporação em placa aquecedora, incineradas em mufla, resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas. A pesagem foi feita até a obtenção do peso constante (IAL, 2008).

4.1.1.5 Análise de proteínas

A determinação de conteúdo de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl onde foi pesado 2g da amostra, na qual a matéria orgânica foi decomposta pelo ácido sulfúrico e mistura catalítica. A amostra foi digerida em tubos digestor e a titulação foi feita com ácido

clorídrico (0,1M). O fator de correção utilizado para transformação do nitrogênio em protídeos será de 6,25 (IAL, 2008).

4.1.1.6 Teor de umidade

A análise de umidade foi realizada por gravimetria, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 012/IV Perda por dessecação (umidade), secagem direta em estufa a 105ºC, utilizando balança analítica com precisão de 0,0001g, cadinho de porcelana e estufa de circulação de ar a uma temperatura de 105°C (IAL, 2008).

4.1.2 Compostos bioativos

Os ensaios espectrofotométricos foram realizados com auxílio de espectrofotômetro conforme as metodologias descritas a seguir.

4.1.2.1 Compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin Ciocateau utilizando ácido gálico como padrão de referência de acordo com Singleton & Rossi, (1965), onde primeiramente foram preparadas as soluções de ácido gálico (5mg de ácido/100mL), carbonato de sódio (20mg de carbonato/100mL) e a curva de calibração. Em seguida, as amostras analisadas utilizando 50 μL de extrato na diluição 1:8, 3,95ml de água, 0,25ml da solução de Folin Ciocateau e 0,75ml de carbonato. Foi homogeneizado e incubado no escuro por 2 horas. Após o período de incubação foi realizada a leitura no espectro com comprimento de onda de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg EAG/100g.

4.1.2.2 Carotenoides totais

O teor de carotenoides foi determinado conforme o método descrito por Lichtenthaler et al. (1987) onde se realizou a pesagem de 0,8g da amostra e 0,08g de carbonato de cálcio. Adiciona-se 2,8mL de acetona a 80% e homogeneíza-se. Em seguida, foi filtrado o extrato diretamente no balão volumétrico de 10mL envolto por papel alumínio. O resíduo do papel de filtro foi lavado 2 vezes com acetona a 80% e o volume completado com acetona a 80%. A leitura foi realizada em um espectrofotômetro com comprimentos de onda de 470 nm para carotenoides totais, 647 nm e 663 nm para clorofila a e b, respectivamente. Os resultados foram

calculados de acordo com as normas recomendadas pela metodologia utilizada e expressos em μg de β-caroteno/g de polpa.

4.1.2.3 Flavonoides totais

O teor de flavonoides totais foi analisado conforme método descrito por González Aguilar et al., (2007) onde, foram preparadas as soluções de $NaNO_2$ (nitrito de sódio) a 5%, $AlCl_3$ (solução metanólica) a 10%, NaOH 1M e a curva de calibração (quercetina 500mg/L). Em seguida, as amostras foram analisadas utilizando 1mL de extrato na diluição 1:8, 4mL de água e 300 μL de nitrito de sódio. As soluções foram homogeneizadas e deixadas em repouso por 5 minutos. Após o repouso foi adicionada 300 μL de solução metanólica, novamente foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 minuto. Foi adicionado 2mL de hidróxido de sódio até completar o volume para 10mL com água. Em seguida, foi lida no espectro com comprimento de onda a 415 nm. Os resultados foram expressos em mg quercetina/100g.

4.1.3 Atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante das amostras foi realizada utilizando espectrofotômetro, conforme as seguintes metodologias:

4.1.3.1 Atividade antioxidante pelo método de captura do radical $ABTS^{+\square}$

A atividade de captura do radical livre $ABTS^{+\square}$ foi determinada conforme o método descrito por Ré et al. (1999) onde, primeiramente foram realizadas o preparo das soluções de persulfato de potássio 140 μmol, $ABTS^{+\square}$ a 7 μmol (16 horas antes da análise). Após as 16 horas do preparo da solução, foi realizada a diluição da solução de $ABTS^{+\square}$ em álcool etílico até obter a absorbância de 0,7. As amostras foram analisadas utilizando 30 μL do extrato (na diluição 1:1,8), e 3mL da solução diluída de $ABTS^{+\square}$. Foi homogeneizada e incubada por 6 minutos. Após o período de incubação foi lida as amostras no espectro com comprimento de onda a 734 nm. Os resultados foram expressos em mMol Trolox/100g de extrato seco.

4.1.3.2 Atividade sequestrante do radical livre $DPPH^{\square}$

A atividade de sequestro do radical $DPPH^{\square}$ foi realizada conforme a metodologia de Kim et al. (2002) onde, primeiramente foi realizado o preparo das soluções de $DPPH^{\square}$ a 1,0

µmol/L, Trolox a 10 µmol/L e a curva do potencial de inibição do radical DPPH pelo Trolox. Em seguida, as amostras foram analisadas utilizando100 µL do extrato na diluição 1:27 e 2,9ml da solução de DPPH diluída (com ajuste da absorbância entre 0,900 a 1000). Em seguida, foram homogeneizados e incubados por 30 minutos. Após o período de incubação as amostras foram lidas no espectro com comprimento de onda a 517 nm. Os resultados foram expressos em mMol Trolox/100g.

4.1.3.3 Potencial Antioxidante Redutor Férrico FRAP

A atividade antioxidante pelo método de redução do ferro – FRAP foi determinada conforme o método descrito por Thaipong et al., (2006) onde, primeiramente foram realizados o preparo das soluções de HCl 40 µmol, TPTZ 10 µmol, tampão acetato 0,3 µmol, cloreto férrico 20 µmol e a curva de calibração. Em seguida, foi preparada a solução de FRAP em ambiente escuro, utilizando 25mL da solução de acetato, 2,5mL de TPTZ e 2,5mL de cloreto férrico. A solução foi homogeneizada e transferida para os tubos já contendo 150 µL de extrato na diluição 1:27, 2,85mL da solução de FRAP. Os tubos foram incubados em banho com água a 37°C por 30 minutos. Após o período de incubação as amostras foram lidas no espectro com comprimento de onda a 593 nm. Os resultados foram expressos em mMol de sulfato ferroso/g de extrato seco.

4.1.3.4 Atividade de Absorção de Radicais de Oxigênio (ORAC)

A capacidade de absorção do radical oxigênio - ORAC foi realizada conforme o método descrito por Albarici et al. (2009) onde, primeiramente, foi realizado o preparo das soluções de tampão fosfato (pH 7,4), fluoresceína 16,371 x 10-8 mol/L em tampão fosfato, AAPH 178 µmol/L. Em seguida, as amostras foram analisadas utilizando 0,75 mL do extrato na diluição 1:250, e 1,5 mL da solução de fluoresceína. Foi homogeneizada e incubada a 37°C por 15 minutos. Após o período de incubação foi adicionada 0,75mL da solução de AAPH. As amostras foram homogeneizadas e lidas no espectro nas condições de fluorescência de excitação com comprimento de onda a 485 nm e emissão com comprimento de onda a 520 nm. O espectro foi programado para leitura em 24 horas de 10 em 10 minutos. Os resultados foram expressos em mMol/100g.

4.1.4 Analise de compostos voláteis

4.1.4.1 Extração sortiva por headspeace (HSSE)

A metodologia de extração dos compostos voláteis utilizada foi conforme método otimizado por Santos (2021). Foi utilizada a técnica de extração sortiva em headspeace (HSSE) com barras de agitação de 10 mm com revestimento PDMS (0,5 mm polidimetilsiloxano) fornecidas por Gerstel (Muelheim an der Ruhr, Alemanha). Para cada extração, 3 g de cada amostra, foram colocados em um *vial* de 20 mL vedado com septo, a temperatura ambiente (± 25 °C), sob agitação magnética de 750 rpm. O *twister* foi exposto ao *headspace* da amostra para adsorção dos analitos por 70 min e após a extração, foi removido com pinça, enxaguado com água deionizada, seco com tecidos sem fiapos e inserido em um tubo de vidro condicionado para a Unidade de Dessorção Térmica TDU 2 (Gerstel, Alemanha). Os compostos voláteis capturados foram dessorvidos no cromatógrafo a gás através de uma TDU (*Thermal Desorption Unit*) da marca Gerstel (Alemanha), com a seguinte programação: A temperatura da TDU foi mantida a 45°C por 0,1 min, depois aumentada com 60°C/min para 250 °C e mantida por 2 min para dessorver os compostos aromáticos (termodessorção). Os analitos foram condensados em um sistema de injeção a frio (CIS) equipado com um revestimento de lã de vidro (2 mm) (Gerstel). Após a condensação, o CIS foi imediatamente aquecido a 12°C/s de 40 a 250°C e mantido por 5 min para liberar os analitos para a coluna do cromatógrafo a gás.

Os *twisters* foram recondicionadas após cada análise em um Tubo Condicionador (TC 2; Gerstel, Alemanha). Cada experimento foi repetido três vezes.

4.1.4.2 Separação dos compostos voláteis por cromatografia gasosa

As amostras foram analisadas em cromatógrafo a gás (marca Agilent modelo 7980C) acoplado a um espectrômetro de massas (MS), voltagem de ionização de 70 eV. Os compostos foram separados em coluna capilar: DB-5MS (30m x 0,25mm x 0,25µm). As condições utilizadas no sistema do GC-MS foram: temperatura inicial do forno 40 °C, aumentando-se 2 °C por minuto até atingir 95 °C, permanecendo por 2min; em seguida a temperatura atingiu 130 °C aumentando-se 2 °C/min e por fim a temperatura subiu até 280 °C aumentando-se 15°C/min, permanecendo por 3 min. O hélio foi o gás de arraste com vazão de 1,3 mL por min no sistema

de injeção *splitless*. A temperatura da linha de transferência foi de 290 °C e a faixa de *scanning* de massa foi de 35a 350 u.m.a.

4.1.4.3 Identificação dos compostos voláteis

A identificação dos compostos voláteis foi realizada com base nos índices de retenção linear (IRL) e com seus fragmentos de MS. os valores de IRL foram determinados usando n-alcanos C7-C30 (Sigma-Aldrich) como padrões nas mesmas condições do instrumento e calculados baseado no tempo de retenção dos padrões de alcanos autênticos versus o número de átomos de carbonos dos respectivos padrões de alcanos, multiplicado por 100, e em seguida comparados aos da literatura. Além disso, os espectros de massa foram comparados aos disponíveis na biblioteca NIST.

4.1.5 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados por meio de delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 amostras independentes de cada genótipo (cada amostra sendo construída com polpa referente a 20 frutos). Os testes foram realizados em triplicata. Com os resultados, os experimentos foram comparados utilizando a análise de variância (ANOVA), e o teste de Tukey foi utilizado para identificar as diferenças significativas. As diferenças de $p<0,05$ foram consideradas significativas. Todos os cálculos e análises foram realizados com o software SAS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização física dos diferentes genótipos de umbu

Os resultados da caracterização física dos 13 genótipos que foram utilizados no presente estudo estão apresentados na Tabela 3. Os diferentes genótipos dos frutos do umbu foram caracterizados quanto aos seguintes parâmetros: diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), massa do fruto (MF), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP) e rendimento de polpa (RP).

Os resultados dos coeficientes de variação (Tabela 3), calculados a partir do desvio padrão e média de cada genótipo de umbu (n = 30 frutos) para cada parâmetro, indicaram que os dados são razoavelmente homogêneos (c.v≤25%), indicando que os genótipos podem ser comparados a partir de seus resultados.

Tabela 3 - Valores médios de diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), massa do fruto (MF),massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP) e rendimento de polpa (RP) de 13 genótipos de umbuzeiro da Coleção do IFBAIANO, Campus Guanambi-BA, 2022.

Genótipo	DT (mm)	DL (mm)	MF (g)	MC (g)	MS (g)	MP (g)	RP (%)
BGU44	47.14±1.33^{c,d}	45.44±5.89^{b}	57.12±4.92^{b}	12.70±1.05^{c}	4.99±0.37^{b}	39.42±4.77^{b}	68.83±3.16^{b,c,d}
BGU45	47.13±1.64^{c,d}	45.96±2.02^{b}	53.65±6.46^{b}	10.92±1.21^{d}	2.98±0.41^{e}	39.62±5.86^{b}	73.81±3.22^{a}
BGU47	24.01±0.79^{g}	22.91±0.68^{g}	7.15±0.63^{e}	1.62±0.31^{g}	0.81±0.21^{g}	4.72±0.69^{f}	65.80±4.83^{d,e}
BGU61	48.21±1.80^{c}	45.19±1.81^{b}	54.29±6.21^{b}	12.99±1.81^{c}	4.11±0.48^{c}	37.19±4.75^{b}	68.43±2.64^{b,c,d,e}
BGU75	51.68±1.79^{a}	50.90±1.55^{a}	69.11±6.40^{a}	14.92±2.01^{a,b}	4.85±0.72^{b}	49.33±5.10^{a}	71.35±2.51^{a,b}
EPAMIG01	51.43±1.59^{a}	50.49±1.99^{a}	78.09±7.26^{a}	15.62±1.32^{a}	5.69±0.48^{a}	51.77±6.86^{a}	70.66±2.75^{a,b}
EPAMIG03	50.23±1.73^{b}	45.75±1.45^{b}	57.89±5.14^{b}	15.12±6.17^{a,b}	4.84±0.38^{b}	37.92±6.71^{b}	70.12±9.49^{a,b,c}
EPAMIG04	46.91±1.33^{d}	46.85±1.22^{b}	57.82±4.92^{b}	13.66±0.98^{b,c}	4.35±0.25^{c}	39.81±4.71^{b}	68.67±2.88^{b,c,d,e}
EPAMIG07	44.45±1.39^{e}	42.23±1.15^{c}	42.89±2.51^{c}	8.75±0.52^{e}	3.39±0.29^{d}	30.76±2.78^{c}	71.59±2.64^{a,b}
EPAMIG09	30.39±0.97^{f}	29.18±0.99^{e}	14.64±1.14^{d}	3.36±0.31^{f}	1.48±0.13^{f}	9.80±0.95^{d,e}	66.86±2.41^{c,d,e}
EPAMIG13	46.18±1.20^{d}	39.73±1.35^{d}	40.98±11.43^{c}	8.31±0.87^{e}	3.55±0.31^{d}	29.13±11.21^{c}	70.12±4.42^{a,b,c}
AFRANIO	30.00±0.97^{f}	30.59±1.92^{e}	15.30±1.56^{d}	3.33±0.39^{f,g}	1.02±0.12^{g}	10.95±1.36^{d}	71.44±2.55^{a,b}
DESCON	23.92±0.92^{g}	24.82±1.12^{f}	8.56±1.00^{e}	1.95±0.43^{f,g}	1.05±0.24^{g}	5.59±0.94^{e,f}	65.12±6.15^{e}
CV (%)	3.33	5.45	12.90	21.14	11.19	17.66	6.21

Médias±desvio-padrão (n=30 amostras) seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). CV= coeficiente de variação.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, foi observado que para o parâmetro massa do fruto os 13 genótipos de umbu apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) e foram agrupados em 5 grupos a partir do teste de Tukey sendo o grupo "a" composto por EPAMIG01 e BGU75, grupo "b" (EPAMIG03, EPAMIG04, BGU44, BGU61 e BGU45), grupo "c" (EPAMIG07 e EPAMIG13), grupo "d" (AFRANIO E EPAMIG09) e grupo "e" (BGU 47 e desconhecido) sendo a ordem apresentada da maior massa para a de menor massa, respectivamente.

Os resultados de massa de fruto (Tabela 3) variaram de 7,15 g (BGU47) a 78,09 g (EPAMIG01). Os resultados também mostraram que todos os genótipos do presente estudo apresentaram mais de 60% em rendimento de polpa variando de 65,12% (DESCONHECIDA) a 73,81% (BGU45) de rendimento de polpa. Os resultados do presente trabalho foram semelhantes aos observados por Nascimento *et al*. (2002) que avaliaram *in-situ* 78 acessos diferentes provenientes de diferentes localidades do nordeste que compõem o Banco de Germoplasma do Umbuzeiro (BGU), da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, e encontraram uma variação de massa dos diferentes genótipos de 2,80 g a 120,00 g entre os genótipos e relataram também que os frutos que apresentam peso médio maior que 70,00 gramas, 60% do peso total e representado pela polpa, No presente trabalho todos os frutos tiveram mais de 60% do seu peso representado pela massa da polpa variando de 65,12% a 73,81% como expresso na tabela 2.

Os resultados do presente estudo também corroboram com os resultados de Fonseca *et al.* (2017) que em sua pesquisa desenvolvida na Embrapa observaram que a média da massa do fruto variou de 4,88 g a 85,00 gramas em frutos de acessos de *Spondias* do Banco Ativo de Germoplasma de Spondias da Embrapa Mandioca e Fruticultura localizada em Cruz das Almas, BA, safra 2012/2013 e de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) da Embrapa Semiárido, localizada em Petrolina. A massa do fruto e o seu rendimento em polpa são parâmetros da caracterização física importantes para indústria, pois permite a implantação de plantios comerciais utilizando mais de um genótipo permitindo assim uma padronização dos frutos no momento da colheita e despolpamento, facilitando também o desenvolvimento de embalagens para os frutos comercializados *in natura* (SANTOS, 2018).

Ressalta-se com destaque para o genótipo BGU47 que apesar de estar no grupo com menor massa do fruto, ele apresenta uma característica peculiar em relação a sua frutificação

que ocorre em formato de cacho, semelhante a uvas. Esse genótipo foi descrito por Santos, Nascimento e Oliveira (1999) como contendo 25 frutos por cacho. Esse formato peculiar e diferente é um atributo que pode trazer um apelo visual no momento da compra para o consumidor final (NASCIMENTO et al., 2002).

Figura 1 - Foto tirada pelo autor do genótipo BGU 47 de umbuzeiro da Coleção do IFBAIANO, Campus Guanambi. Guanambi-BA, 2021.

Fonte: autor.

A partir dos resultados da caracterização física foram selecionados 5 genótipos para continuidade do presente estudo, sendo dois genótipos (EPAMIG01 e BGU75) pertencentes ao grupo “a” e os genótipos (BGU44, BGU45 e BGU61) pertencentes ao grupo “b”. Estes genótipos passaram por análises físico-química, capacidade antioxidante e composição volátil, sendo os mesmos escolhidos com base no parâmetro massa do fruto, parâmetro este que por sua vez é de suma importância facilitando a utilização pela indústria para posterior processamento dessas variedades e por apresentarem fruto maiores e mais vistosos assim facilitando sua comercialização *in-natura* (SANTANA, 2010).

As variedades previamente selecionadas (Tabela 3) que apresentaram massa do fruto acima de 50 g; as variedades BGU44, BGU45, BGU61 e BGU75 podem ser classificadas como ‘umbu-gigante’ por apresentarem massa média superior a 50 gramas (NEVES, 2010).

Segundo Santos, Nascimento e Oliveira (1999) em seu estudo sobre caracterização física das variedades BGU44, BGU45 e BGU61 reportaram que essas variedades apresentaram

massa média de frutos do umbu em torno de 86,70 g, 75,30 g e 85,30 g, respectivamente. Esses valores foram superiores aos obtidos no presente estudo, podendo ser destacado que essas diferenças podem ser tanto pelo estudo ter sido realizado nas plantas matrizes *in-situ*, quanto pelas diferenças climáticas, uma vez que os frutos utilizados em seus estudos foram coletados em Anagé/BA, Brumado/BA e Januária/MG enquanto no presente estudo, os frutos foram obtidos da Coleção de Acessos de Umbuzeiro localizado na cidade de Guanambi/BA.

Por sua vez o genótipo BGU75 tem a sua planta matriz localizada na cidade de Macaúbas/BA, sendo relatado por Nascimento et al. (2002), como um fruto com aproximadamente 120,00 g em massa. Os autores não especificaram em seus trabalhos as condições de colheita dos frutos, menos ainda a quantidade de frutos por colheita. Apesar dessas informações estarem ausentes em seus estudos, pode-se assim dizer que os frutos expressam a sua condição genética de gigante mesmo cultivado em outra localidade.

Já o genótipo EPAMIG01, pode ser considerado um fruto excêntrico tendo em vista que sua média de massa de fruto superou as 70 g. Esse genótipo apresentou aproximadamente 78,09 g em massa de fruto e 70,66% em rendimento de polpa, valor similar ao de 79,95 g em massa de fruto com 68,59% de rendimento de polpa para a mesma variedade relatado por Saturnino e Gonçalves (2011), sendo que este fruto é relatado por Saturnino e Gonçalves (2011) como sendo de origem do município de Lontra/MG.

A partir da caracterização física dos genótipos do umbu neste estudo, foi observado que os mesmos apresentaram média de massas muito acima dos frutos encontradas em várias partes da caatinga, sendo que a caracterização física é extremamente importante para o direcionamento da safra obtida seja para consumo *in natura* seja para produção de produtos industrializados. Santos (1997) avaliando 340 árvores de umbuzeiro em suas localidades espalhadas pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, encontraram valores médios de massa de fruto variando de 15,8 g a 26,7 g, enquanto Saturnino e Gonçalves (2011) revelaram que frutos de plantas espontâneas na caatinga variam de 18 a 20 g em massa de fruto, Costa et al. (2015) investigando 58 acessos de umbuzeiro dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte obtiveram como resultados frutos com médias de massa que variavam de 9,96 a 37,65 g ressaltando que as médias de massas das variedades – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 – do presente estudo estão acima dos resultados de diversos autores, sendo que essa diferença pode ser atribuída a expressão genética ao qual esses

acessos herdaram das suas respectivas plantas matrizes onde foram coletados. O rendimento de polpa (Tabela 3) é uma característica de grande importância para processamento na indústria bem como para seu consumo *in natura* (DONATO, 2019). Os resultados mostraram que o rendimento de polpa foi de um valor médio de rendimentos entre os genótipos de 70,62%, valor aproximado ao encontrado por Santos (2018) em seus estudos avaliando 16 genótipos diferentes provenientes do mesmo local de coleta ao qual foi desenvolvido esse trabalho. Dentre os genótipos avaliados estão EPAMIG 01, BGU 44, BGU 45 e BGU 75, as variedades apresentaram rendimento de 70,86%, 73,80%, 74,69% e 76,36%, respectivamente. Entretanto, neste estudo foram encontrados valores de rendimento de polpa que variam de 68,43% a 73,81% sendo o genótipo BGU 75 o de maior destaque para o rendimento de polpa mas para o genótipo BGU 61, foi encontrado o menor rendimento de polpa mas valor esse superior ao encontrado por Nascimento (2002) de 63,66% esse genótipo tem como planta matriz localizada em Januária-MG, Saturnino e Gonçalves (2011) avaliando os genótipos EPAMIG 07, EPAMIG 09, EPAMIG 10 e EPAMIG 13 todos também oriundos do município de Januária-MG encontrou valores médio de rendimento menores do que os do presente estudo, e também para o genótipo EPAMIG 01, essa diferença no rendimento de polpa em relação aos valores reportados por outros autores pode se dar aos frutos estarem bem adaptados as condições climáticas de Guanambi onde se encontram.

5.2 Caracterização físico-química de 5 genótipos de umbu

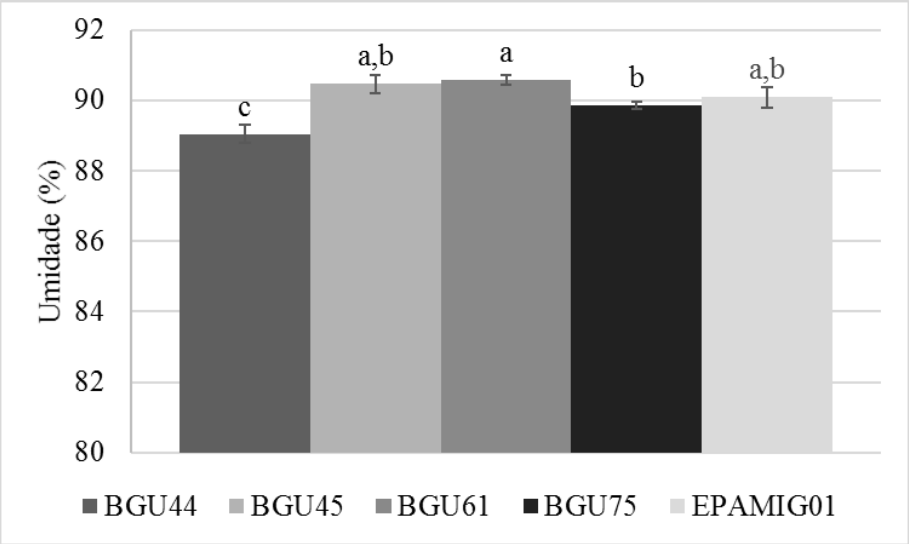
Tabela 4 - Resultados médios dos parâmetros de Umidade (%), °Brix, pH, AT (% ácido cítrico), AW e Cinzas (%) de 5 genótipos presentes acessos de umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi.

Parâmetro	BGU44	BGU45	BGU61	BGU75	EPAMIG01
Umidade (%)	89.05 ± 0.27^{c}	$90.46\pm0.26^{a,b}$	90.59 ± 0.14^{a}	89.87 ± 0.1^{b}	$90.09\pm0.29^{a,b}$
°Brix	9.64 ± 0.19^{a}	7.36 ± 0.18^{c}	7.16 ± 0.04^{c}	8.72 ± 0.22^{b}	7.43 ± 0.19^{c}
pH	3.47 ± 0.03^{a}	3.25 ± 0.01^{b}	3.22 ± 0.02^{b}	3.24 ± 0.01^{b}	3.27 ± 0.08^{b}
AT (% ácido cítrico)	1.05 ± 0.01^{c}	0.91 ± 0.01^{e}	1.56 ± 0.00^{a}	1.48 ± 0.01^{b}	0.97 ± 0.01^{d}
Aw	0.98 ± 0.00^{a}	0.99 ± 0.00^{a}	0.98 ± 0.00^{a}	0.98 ± 0.00^{a}	0.99 ± 0.00^{a}
Cinzas (%)	$0.39\pm0.01^{a,b}$	0.29 ± 0.02^{b}	0.45 ± 0.02^{a}	$0.40\pm0.02^{a,b}$	0.30 ± 0.07^{b}

Médias±desvio-padrão (n=3 repetições) seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p\leq0.05$).

Os resultados da caracterização físico-química estão apresentados na Tabela 4 e mostram que a umidade apresentou uma variação de 89,05% a 90,59%, estes resultados apesar de mostrarem diferença significativa ($p<0.05$) se mostram bem próximos como apresentado na figura 2.

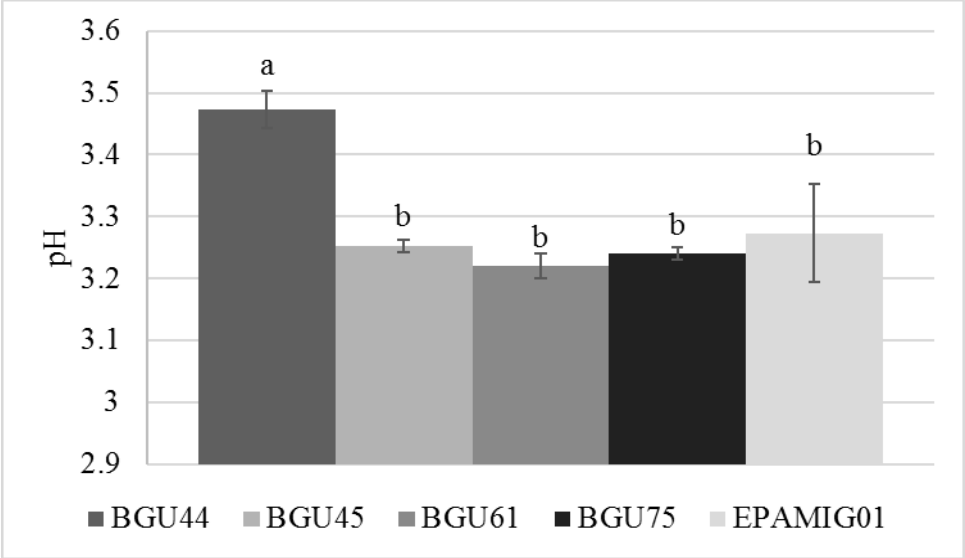
Figura 2 - Histograma para os valores da umidade nos diversos genótipos de umbu.



Fonte: Elaboração do autor

O percentual de umidade pode sofrer alterações devido tanto a características naturais da fruta, quanto as condições climáticas do local de plantio ou até mesmo a época do ano (ARAÚJO et al., 2017) em que são colhidas. No presente trabalho, essa variação da umidade pode ser justificada em relação característica intrínseca do genótipo tendo em vista que todas as frutíferas estavam sob as mesmas condições de plantio e foram colhidas na mesma época do ano. A umidade elevada é uma característica presente em frutas que quando associada também ao alto teor de Aw como encontrado para todos os genótipos neste trabalho reduzem o tempo de prateleira que esses frutos podem ser armazenados (SANTOS et al., 2019). Assim sendo, e com base nos resultados de umidade e atividade de água, faz-se necessário a utilização de métodos de refrigeração para armazenamento das polpas, pois as mesmas estariam nessas condições suscetíveis a degradação por contaminação microbiana (FRANCO & LANDGRAF, 2005).

Figura 3 - Boxplot para os valores do pH nos diversos genótipos de umbu.



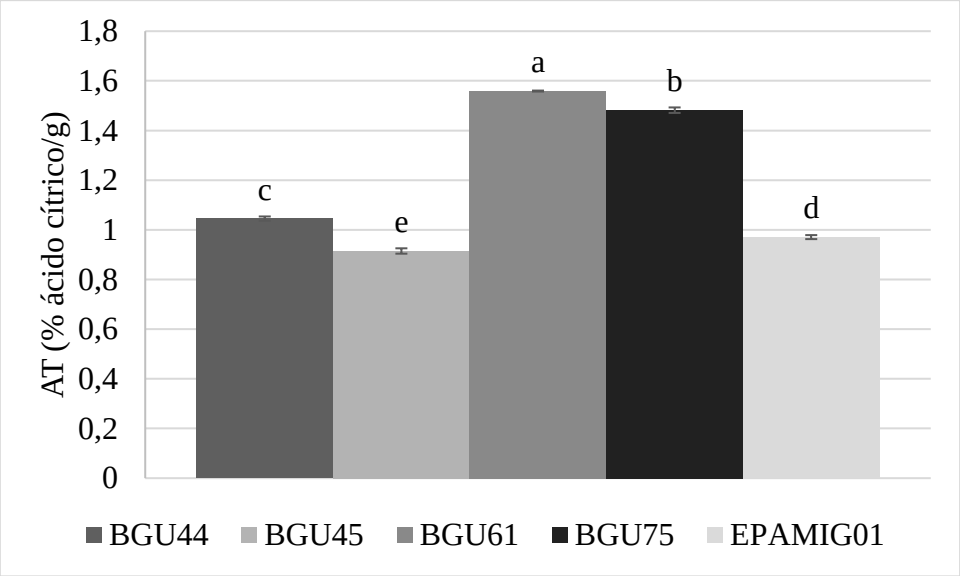
Fonte: Elaboração do autor

Com relação ao pH (Figura 3), observou-se uma variação de 3,22 (BGU61) a 3,47 (BGU44) e o teste de Tukey mostrou que os genótipos diferiram significativamente ($p<0.05$) podendo os genótipos serem agrupados em 2 grupos com o genótipo BGU44 destacando-se com o maior pH. Os valores de pH do presente estudo foram similares aos encontrados por Santos (2018) que avaliando o pH de diferentes genótipos observou que o pH 3,29 foi encontrado para o genótipo BGU61, resultado semelhante também foi observado por Gondim (2012) que analisando 20 genótipos diferentes de 3 municípios paraibanos obteve uma média de pH 3,36 para os frutos avaliados. Os valores de pH encontrados no presente estudo estão dentro de mínimo (pH 2,4) necessário exigido pela Instrução Normativa (IN) nº 37 relacionado ao padrão de identidade e qualidade das polpas de umbu (BRASIL, 2018).

O °Brix dos 5 genótipos avaliados (Tabela 4) variaram de 7,16 (BGU61) a 9,64 (BGU44) °Brix. Esse parâmetro é importante para ser avaliado porque é utilizado para definir um ponto ótimo de colheita. Tornando-se essencial para seleção de genótipos que se adequem mais ao perfil do consumidor final assim permitindo a seleção de genótipos competitivos tanto para consumo *in natura* quando para industrialização. Somente os genótipos BGU44 e BGU75 atenderam ao mínimo exigido de 8,5 ºBrix exigido pela legislação vigente (BRASIL, 2018).

Para acidez titulável, pode-se perceber que todas as amostras apresentaram diferença significativas entre si ($p<0.05$), como expresso na Figura 4. Os resultados variaram de 0,91% a 1,56% e foram similares aos encontrados por Silva et al. (2011) que obtiveram valores de acidez de 0,87 % a 1,48% em contrapartida os valores são inferiores aos encontrados por Dutra et al. (2017). Lima et al. (2002) reportaram que fruto que apresentam acidez titulável acima de 1% são melhores para interesse industrial pois permite economia durante o processamento, minimizando a necessidade de padronização e dificultando a ação de microrganismos, levando em consideração essa informação e o parâmetros exigidos para o padrão de identidade e qualidade para polpa de umbu (BRASIL, 2018), somente os genótipos BGU 75 e BGU 61 se mostram promissores a industrialização.

Figura 4 - Acidez titulável expresso em % de ácido cítrico/g de polpa em diversos genótipos de umbu.



Fonte: Elaboração do autor.

Em relação ao teor de cinzas, foram encontrados valores que variam de 0,29% a 0,455 sendo um parâmetro importante pois representa o conteúdo de minerais podendo ser utilizado também como indicador de qualidade. Bastos, Martinez e Souza (2016) em um trabalho onde realizaram o levantamento de valores de cinzas reportados em literatura e analisando polpa comercial e polpa comercial concentrada de umbu encontraram valores que vão de 0,37% para polpa comercial a 0,42% para polpa comercial concentrada valores próximos aos encontrados neste estudo, tendo como destaque as variedades BGU 61 e BGU 75 como tendo maior

conteúdo de cinzas dentre as variedades analisadas, sendo associado ao genótipo tendo em vista que o teor de cinzas tem correlação ao tipo de solo e sua composição (BURVALL, 1997).

Observa-se que não foi detectado teor de lipídeos entres as amostras analisadas, isso pode ser explicado pelo fato de que grande parte de frutas e hortaliças apresentam baixo teor de lipídeos, ou até mesmo por ter apresentado uma quantidade insatisfatória que não foi detectada, e sendo difícil a sua extração em amostras que apresentam altas proporções de umidade (IAL, 2008). Alguns autores como Carvalho et al. (2015) encontraram teores de lipídeos em caracterização físico-química da polpa de umbu de 0,08%.

5.3 Compostos bioativos dos diferentes genótipos de umbu

Conteúdo de fenólicos totais (CFT) e flavonóides totais (FT)

Os resultados de CFT (mg EAG/100 g) e FT (mg de Quercetina/100 g) estão apresentados na Tabela 5. Os dados mostram que o valor do CFT variou de 19,06 (EPAMIG01) a 32,15 (BGU45) mg EAG/100 g de polpa de umbu em peso fresco.

Tabela 5 - Resultados médios de compostos fenólicos totais (mg EAG / 100 g) e flavonoides totais (mg Quercetina / 100 g) de 5 genótipos umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi.

Genótipo	CFT	FT
BGU44	27.97 ± 1.53^{b}	$0.67 \pm 0.10^{b,c}$
BGU45	32.15 ± 1.76^{a}	0.88 ± 0.10^{a}
BGU61	27.93 ± 0.69^{b}	$0.79 \pm 0.01^{a,b}$
BGU75	20.09 ± 0.50^{c}	0.52 ± 0.03^{c}
EPAMIG01	19.06 ± 1.96^{c}	0.54 ± 0.00^{c}

Médias±desvio-padrão (n=3 repetições) seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Dentre os genótipos avaliados, o BGU45 foi o que apresentou o maior CFT seguido por BGU44, BGU61, BGU75 e EPAMIG01, com 32,15; 27,97; 27,93; 20,09 e 19,06 mg EAG/100 g de polpa de umbu, respectivamente. De acordo com Jiang et al. (2021), o ambiente de cultivo e a diferença no período de colheita podem interferir na composição de compostos fenólicos. Essas diferenças de CFT entre os genótipos podem estar associadas às suas características intrínsecas, pois as condições de cultivo, colheita e tratamento pós-colheita foram igualmente

aplicadas. O CFT do genótipo BGU45 (32,15 mg EAG/100 g) obtido no presente estudo foi similar ao CFT (32,70 mg EAG/100 g) observado por Melo & Andrade (2010) para polpa de umbu em maturidade comercial e foi superior ao observado em outras frutas como pêssego (27,58 mg EAG/100 g), melancia (24,66 mg EAG/100 g) e pêra varietal mel (11,88 mg GAE/100 g) (FU et al., 2011; ALFARIS et al., 2021).

Os resultados de flavonoides totais (Tabela 5) mostraram uma variação de 0,52 a 0,88 mg de Quercetina/100 g de polpa de umbu em peso fresco. Os resultados diferiram signicativamente ($p<0.05$) e a partir do teste de Tukey os dados foram agrupados em "a" compostos BGU45 e BGU61 e grupo "b" para os BGU44, BGU75 e EPAMIG01.

Para o quesito flavonóides totais, as amostras se diferiram em 2 grupos sendo eles o grupo a com os genótipos BGU 45 e BGU 61 apresentando maior conteúdo de flavonoides com 32,15 e 27,93 mg de Quercetina / 100 g respectivamente e o grupo b com os genótipos EPAMIG 01, BGU 75 e BGU 44 respectivamente com maior e menor medias de flavonoides encontrados nesse estudo. O grupo a (BGU45 BGU61) apresentou maior teor de flavonoides em relação ao encontrado por Rufino et al., (2010) analisando o teor de flavonoides amarelos em 18 frutas tropicais brasileiras; dentre elas estavam o umbu que apresentou teor de 6,9 mg/100g. Os genótipos BGU45(32,15 mg de Quercetina/100g) e BGU61(27,93mg de Quercetina/100g) do grupo a também se destacam com maior valor de flavonoides totais em comparação a abobrinha (7,69 ± 0,96 µg EEC/mL) (SANTOS, 2017). Se destacando também com maior valor de flavonoides totais se comparados com o tomate em cultivo convencional e orgânico, banana em cultivo convencional e orgânica com resultados que variaram de (2,8 a 8,8 mg/100g) (SAVI et al., 2017). Valores divergentes dentre os genótipos nesse trabalho podem ser justificados pelos genótipos, tendo em vista que Al Amri & Hossain (2018) também encontraram valores divergente para flavonoides totais em duas variedades de banana estudadas. Estudos descrevem os abundantes benefícios a saúde dos flavonoides como sua atividade antioxidante, alguns flavonoides são potenciais antivirais, a prevenção de doenças coronária, atividades anti-inflamatórias e atuando na prevenção contra o câncer (KUMAR & PANDEY, 2013).

Carotenoides totais

Os carotenoides são os pigmentos encontrados em diversas frutas e sendo precursores da vitamina A e tendo grande destaque para atividade antioxidante (EGGERSDORFER, 2018).

Tabela 6 - Resultados médios de carotenoides totais (μg de β-caroteno/g de polpa) em 5 genótipos diferentes umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi.

Genótipo	**Carotenoides totais** (μg de β-caroteno/g de polpa)
BGU44	23.1666±0.59^{c}
BGU45	19.5249±0.36^{d}
BGU61	31.4604±0.84^{b}
BGU75	32.7982±0.52^{b}
EPAMIG01	35.3288±0.80^{a}

Médias±desvio-padrão (n=3 repetições) seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

A tabela 6 mostra os resultados para carotenoides totais nesse estudo o que mostram que os 5 genótipos se dividiram em 4 grupos sendo o genótipo EPAMIG 01 se destacando o obtendo maiores medias sendo seguido pelos genótipos BGU 61 e BGU 75 que não apresentaram diferenças significativas entre si e BGU 44 e BGU 45 que obtiveram as menores médias, respectivamente. Os valores encontrados nesse estudo se mostraram superiores em relação aos apresentados por Melo & Andrade (2010) que encontrou valores de 3,02 $\mu g.g^{-1}$ e 1,70 $\mu g.g^{-1}$ em frutos de umbu maduro e semi maduro, respectivamente. Os genótipos EPAMIG 01, BGU 61 e BGU 65 apresentam maior teores de carotenoides totais em relação se comparado a outros frutos como caju, manga espada e melão japonês foi de 5,34; 17,98 e 23,27 $\mu g.g^{-1}$, respectivamente (IMEH & KHOKHAR, 2002).

Capacidade antioxidante

Os resultados da avaliação da capacidade antioxidante obtidos pelos quatro métodos de avaliação – ABTS, DPPH, FRAP e ORAC – a partir dos extratos de cada genótipo de umbu, estão apresentados na Tabela 7 Os resultados foram expressos em mM Trolox/100g de polpa de umbu em base úmida para ABTS, DPPH e ORAC e mM de sulfato ferroso/100g de polpa de umbu em base úmida para FRAP.

Tabela 7 - Resultados médios de valores encontrados para atividade antioxidante pelos ensaios ABTS, DPPH, FRAP e ORAC de 5 genótipos diferentes de umbuzeiros presentes na coleção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi.

Genótipos	**ABTS$^{+\bullet}$**	**DPPH$^{\bullet}$**	**FRAP**	**ORAC**
BGU44	229,21±14,66^{a}	101,92±2,58^{a}	30,45±1,47^{b}	63,42±5,48^{a,b}
BGU45	238,47±14,1^{a}	83,03±3,69^{b}	34,68±1,55^{a}	66±5,53^{a,b}
BGU61	180,89±8,30^{b}	64,97±1,61^{c}	30,58±0,81^{b}	71,48±5,61^{a}
BGU75	11685±9,92^{c}	28,96±1,56^{d}	22,63±0,53^{c}	56,97±4,28^{b}
EPAMIG01	150,65±6,98^{b}	35,09±4,68^{d}	21,53±1,96^{c}	54,45±4,44^{b}

Médias±desvio-padrão (n=3 repetições) seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Os resultados da avaliação da capacidade antioxidante (Tabela 7) mostraram que o extrato da polpa de umbu genótipo BGU45 apresentou os melhores resultados para os métodos ABTS$^{+\bullet}$ com 238,47 mM Trolox/100g de polpa e FRAP com 34,68 mM de sulfato ferroso/100g de polpa. O mesmo extrato do genótipo BGU45 (66,00 mM Trolox/100g de polpa) não apresentou diferença estatística ($p>0,05$) entre as amostras do extrato obtido do genótipo BGU61 (71,48 mM Trolox/100g de polpa) para ORAC. Apenas para DPPH, a amostra BGU45 não apresentou maior poder de captura do radical DPPH$^{\bullet}$. Assim pode observar que comparado as polpas BGU44, BGU61, BGU75 e EPAMIG01, a polpa do genótipo BGU45 apresentou os melhores resultados, resultados esses que poderiam ser contrastados com os resultados de fenólicos totais e flavonoides totais, nos quais a polpa de BGU45 apresentou os maiores resultados com 32,15 mg EAG/100 g e 0,88 mg de Quercetina/100 g de polpa para CFT e FT, respectivamente.

Os resultados do presente estudo em relação ao ABTS foram superiores aos observados por Almeida et al. (2011) que obtiveram 107 µM Trolox/100 g de polpa de umbu, enquanto o menor valor do presente trabalho foi de 116,85 mM Trolox/100 g de polpa (BGU75). Com relação aos valores da DPPH e ORAC, os também foram superiores ao observado por Gonçalves (2008) que obteve como resultados 2,1 mM Trolox/100 g de polpa para DPPH$^{\bullet}$ e 4,2 mM Trolox/100 g de polpa. No entanto, no presente estudo, o menor valor observado foi 28,96 mM Trolox/100 g de polpa (BGU75) e 54,45 mM Trolox/100 g de polpa (EPAMIG01) para DPPH$^{\bullet}$ e ORAC, respectivamente. Porém, com relação ao FRAP, todas as amostras foram baixas quando comparadas ao obtido por Fraga (2016) que obteve 166 mM Fe^{2+}/100 g de polpa.

6 Compostos voláteis das polpas de umbu das variedades BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01

A Tabela 8 lista os compostos voláteis identificados na polpa dos frutos do umbu de 5 genótipos cultivados no sudoeste da Bahia e colhidos em estágio de maturação comercial. Todos os experimentos foram realizados analisando 2 extrações diferentes e estes geraram 2 cromatogramas. A área do pico de cada composto é o valor médio de 2 dados e é expressa como % da área total. Além disso, os dados sobre a área total de compostos pertencentes a diferentes classes orgânicas também são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Composto	**IR** exp.	**BGU44**	**BGU45**	**BGU61**	**BGU75**	**EPAMIG01**	**Odor**[a]
Terpenos							
α-Pinene	930	Nd	0,31	Nd	0,11	Nd	Herbal
β-Pinene	986	10,27	2,5	3,99	0,98	11,75	Herbal
p-Cymene	1018	0,55	0,49	0,56	0,83	0,64	Terpênico
Limonene	1020	11,18	50,34	22,7	9,16	19,76	Cítrico
β-Ocimene	1032	0,34	2,75	Nd	Nd	Nd	Floral
trans-β-Ocimene	1044	0,14	0,72	Nd	Nd	Nd	-
Linalol	1095	Nd	0,38	0,2	0,26	Nd	Floral
Terpinen-4-ol	1167	Nd	0,14	0,1	0,28	0,12	Picante
Carvone	1230	Nd	0,09	0,1	0,12	0,09	Mentolado
Copaene	1365	0,21	0,26	0,42	Nd	0,13	Amadeirado
Caryophyllene	1410	1,05	0,98	0,44	Nd	Nd	Picante
β-Gurjunene	1432	Nd	Nd	0,12	Nd	Nd	-
Aromandendrene	1436	0,26	Nd	0,56	Nd	Nd	-
Humulene	1456	Nd	0,08	Nd	Nd	Nd	Amadeirado
γ-Muurolene	1479	Nd	Nd	1,57	Nd	Nd	Amadeirado

[a] Todas as informações sobre a descrição do odor foram coletadas no site (The Good Scents Company, 2021): http://www.thegoodscentscompany.com/

Nd: Não detectado

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Composto	**IR** exp.	**BGU44**	**BGU45**	**BGU61**	**BGU75**	**EPAMIG01**	**Odor**
Terpenos							
β-Selinene	1485	Nd	Nd	0,33	Nd	Nd	Herbal
γ-Cadinene	1505	0,17	Nd	0,62	Nd	0,11	Amadeirado
δ-Cadinene	1518	0,07	0,04	0,41	Nd	Nd	Herbal
3,7(11)-Selinadiene	1531	Nd	Nd	0,36	Nd	Nd	-
Valencene	1513	Nd	Nd	0,11	Nd	Nd	Cítrico
γ-Selinene	1538	Nd	Nd	0,2	Nd	Nd	Amadeirado
cis-α-Bisabolene	1521	0,14	Nd	0,29	Nd	Nd	Frutado
Caryophyllene oxide	1580	0,23	0,11	Nd	Nd	Nd	Amadeirado
		24,61	59,19	33,08	11,74	32,6	-

[a] Todas as informações sobre a descrição do odor foram coletadas no site (The Good Scents Company, 2021): http://www.thegoodscentscompany.com/

Nd: Não detectado

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Composto	**IR** exp.	**BGU44**	**BGU45**	**BGU61**	**BGU75**	**EPAMIG01**	**Odor**
Aldeídos							
3-Methylbutanal	697	1,62	0,7	1,08	1,32	0,99	Aldeídico
(*E*)-2-Pentenal	750	0,19	0,15	0,33	0,15	0,22	Verde
Hexanal	798	3,5	1,61	2,77	1,82	2,1	Verde/Frutado
2-Hexenal	847	1,68	0,52	0,52	1,27	0,72	Verde
Heptanal	899	5,56	3,16	5,49	5,95	4,3	Verde
(*Z*)-2-Heptenal	951	0,27	0,21	0,4	0,24	0,39	-
Octanal	1000	21,11	11,51	19,57	21,32	21,68	Aldeídico
(*E*)-2-Octenal	1055	0,64	0,64	0,73	0,93	0,77	Gorduroso
(*Z*)-6-Nonenal	1079	1,21	0,33	0,72	1,32	0,34	Melão
Nonanal	1101	15,14	6,19	13,49	17,23	12,71	Cítrico
(*E*,*E*)-2,6-Nonadienal	1146	0,13	0,07	0,06	0,07	0,04	Verde
2-Nonenal	1154	0,73	0,35	0,63	0,77	0,53	Gorduroso
(*Z*)-4-Decenal	1192	0,94	0,64	0,63	1,4	0,86	Cítrico
Decanal	1200	2,45	1,32	2,9	3,04	1,84	Aldeídico
(*E*)-2-Decenal	1237	0,4	0,24	0,28	0,44	0,31	Gorduroso

[a] Todas as informações sobre a descrição do odor foram coletadas no site (The Good Scents Company, 2021): http://www.thegoodscentscompany.com/

Nd: Não detectado

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Composto	**IR** exp.	**BGU44**	**BGU45**	**BGU61**	**BGU75**	**EPAMIG01**	**Odor**
Aldeídos							
(*Z*)-Dec-2-enal	1252	7,85	6,08	7,12	12,06	9,34	Gorduroso
10-Undecenal	1288	Nd	0,09	0,12	0,24	0,14	Aldeídico
Undecanal	1300	0,12	0,1	0,18	0,1	0,11	Aldeídico
2-Undecenal	1359	2,17	0,84	1,55	2,63	1,32	Frutado
Dodecanal	1402	0,11	0,08	0,14	0,07	0,06	Aldeídico
2-Dodecenal	1449	Nd	Nd	0,07	0,07	0,04	Herbal
Tetradecanal	1601	Nd	0,06	0,06	0,03	Nd	Ceroso
		65,82	34,89	58,84	72,47	58,81	
Alcool							
1-Pentanol	761	0,16	0,06	0,18	0,06	0,09	Fermentado
1-Hexanol	863	Nd	Nd	Nd	0,73	Nd	Herbal
1-Heptanol	969	1,16	0,21	0,55	1,44	0,59	-
1-Octen-3-ol	975	Nd	Nd	Nd	0,21	Nd	Terroso
1-Octanol	1068	3,12	1,17	1,88	4,49	3,01	Ceroso
1-Nonanol	1166	Nd	0,07	0,13	0,17	0,08	Floral
1-Dodecanol	1480	Nd	0,25	Nd	0,1	0,16	Ceroso
		4,44	1,76	2,74	7,2	3,93	

[a] Todas as informações sobre a descrição do odor foram coletadas no site (The Good Scents Company, 2021): http://www.thegoodscentscompany.com/

Nd: Não detectado

Tabela 8 - Compostos voláteis identificados na polpa de 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano – BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01 - agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.), % de área relativa de cada constituinte volátil e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Composto	**IR** exp.	**BGU44**	**BGU45**	**BGU61**	**BGU75**	**EPAMIG01**	**Odor**
Ésteres							
Ethyl butanoate	801	1,9	0,58	1,16	3,38	1,75	Frutado
Butyl acetate	811	Nd	0,14	Nd	Nd	Nd	Etéreo
3-Methyl-3-butenyl acetate	885	Nd	Nd	Nd	0,19	Nd	Frutado
Propyl butanoate	896	Nd	0,43	0,35	Nd	Nd	-
Methyl hexanoate	923	Nd	Nd	Nd	0,31	Nd	Frutado
4-Pentenyl butyrate	1064	Nd	Nd	Nd	0,57	Nd	-
		1,9	1,15	1,51	4,45	1,75	
Cetonas							
1-Octen-3-one	972	0,11	0,04	0,14	0,05	0,2	Terroso
2,3-Octanedione	981	0,21	0,11	0,27	0,12	0,18	Endro
6-Methyl-5-heptene-2-one	983	1,33	1,01	1,25	1,96	0,98	Cítrico
3,3-Dimethylbicyclo[2,2,1]heptan-2-one	1036	0,58	0,42	0,61	0,98	0,64	Cânfora
Geranyl acetone	1461	0,6	0,37	0,38	0,56	0,24	Floral
β-Ionone	1486	Nd	0,06	0,14	0,14	0,1	Floral
		2,83	2,01	2,79	3,81	2,34	
Lactona							
Butyrolactone	915	Nd	Nd	0,29	Nd	0,35	Cremoso
Composto aromático							
Benzaldehyde	953	0,41	0,49	0,72	0,35	0,17	Frutado
Alceno							
3,4-Dimethyl-2,4,6-octatriene	1132		0,48	Nd	Nd	Nd	

[a] Todas as informações sobre a descrição do odor foram coletadas no site (The Good Scents Company, 2021): http://www.thegoodscentscompany.com/

Nd: Não detectado

Na polpa de umbu de maturação comercial dos 5 genótipos cultivados no sudoeste baiano (Tabela 8), um número total de 67 compostos voláteis foi separado e dos quais foram identificados tentativamente. Entre os componentes identificados estavam 23 terpenos (34,33%), 22 aldeídos (32,84%), 7 álcoois (10,45%), 6 ésteres (8,95%), 6 cetonas (8,95%), 1 lactona (1,5%), 1 aldeído benzênico (1,49%) e 1 alceno (1,49%).

Os principais compostos majoritários identificados na polpa de umbu da variedade BGU44 (Tabela 8), de acordo com sua distribuição foram octanal (21,11%), nonanal (15,14%), limoneno (11,18%), β-pineno (10,27%), (*Z*)-dec-2-enal (7,85%) e heptanal (5,56%) enquanto que para o genotipo BGU45 de acordo com sua distribuição foram limoneno (50,34%), octanal (11,51%), nonanal (6,19%), (*Z*)-dec-2-enal (6,08%), heptanal (3,16%) e β-ocimene (2,75%). Para o genotipo BGU61, os compostos majoritários foram limoneno (22,67%), octanal (19,57%), nonanal (13,49%), (*Z*)-Dec-2-enal (7,12%), heptanal (5,49%) e β-pinene (3,99%). Os compostos majoritários da polpa de umbu genotipo BGU75 foram octanal (21,32%), nonanal (17,23%), (Z)-Dec-2-enal (12,06%), limoneno (9,16%), heptanal (5,95%) e 1-Octanol (4,49%). E para a polpa de umbu varietal EPAMIG01 foram octanal (21,68%), limoneno (19,76%), nonanal (12,71%), β-pinene (11,75%), (*Z*)-dec-2-enal (9,34%) e heptanal (4,3%).

Os dados de compostos voláteis do presente estudo mostraram que as classes orgânicas majoritárias foram as classes de aldeídos e terpenos para todas os genótipos estudadas com mais de 80% da soma das áreas dessas classes orgânicas com 90,43%, 94,08%, 91,92%, 84,21% e 91,41% para os genótipos BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01, respectivamente. Estes compostos identificados positivamente podem contribuir para o aroma da fruta umbu com notas aromáticas cítricas (limoneno), cítrico com nuances de casca verde (octanal), cítrico (nonanal), herbal (β-pinene), gorduroso ((*Z*)-dec-2-enal), verde (heptanal), ceroso (1-octanol) e floral (β-ocimene) que possuíam notas aromáticas relacionadas a frutas. Assim como no presente estudo, as polpas de umbu apresentaram alta distribuição de compostos terpênicos, outras frutas tropicais também apresentaram elevadas quantidades de compostos terpênicos, como exemplo, umbu-cajá (*Spondias cytherea*) (Franco & Shibamoto, 2000) e cajazeira amarela (*Spondias mombin* L.) (Ceva-Antunes et al., 2003).

Entre as principais mudanças observadas nos constituintes voláteis de um genótipo para outro está na distribuição de alguns voláteis, por exemplo, para o limoneno, responsável pelo

aroma cítrico, a distribuição foi de 11,18% (BGU44), 50,34% (BGU45), 22,7% (BGU61), 9,16% (BGU75) e 19,76% (EPAMIG01). Outro constituinte foi o octanal que apresentou distribuição de 21,11% (BGU44), 11,51% (BGU45), 19,57% (BGU61), 21,32% (BGU75) e 21,68% (EPAMIG01). De modo geral a distribuição dos constituintes voláteis da classe dos terpenos foi de 59,19%, 33,08%, 32,6%, 24,61% e 11,74% para BGU45, BGU61, EPAMIG01, BGU44 e BGU75, respectivamente. Outra mudança observada nos constituintes voláteis foi na classe dos aldeídos que apresentou distribuição de 72,47%, 65,82%, 58,84%, 58,81% e 34,89% para os genótipos BGU75, BGU44, BGU61, EPAMIG01 e BGU44, respectivamente.

Ressalta-se também que alguns constituintes voláteis estão presentes em apenas um genótipo como é o caso do butyl acetate e humulene (BGU45); γ-muurolene, β-selinene, 3,7(11)-selinadiene, valencene e γ-selinene (BGU61); methyl hexanoate, 4-pentenyl butyrate, 1-hexanol, 1-octen-3-ol (BGU75). Estes compostos contribuem com notas aromáticas que remetem a odor amadeirado, herbal, cítrico, terroso e frutado.

Franco e Shibatomo (2000) detectaram apenas 26 constituintes voláteis em amostras de umbu-cajá (*Spondias citherea*) por extração por armadilha a vácuo Porapak Q, sendo os compostos terpênicos os majoritários (87,5%), enquanto no presente trabalho o genótipo BGU45 apresentou o maior percentual de compostos terpênicos com 59,19% da área total do cromatograma. Além disso, os compostos terpênicos majoritários do presente estudo foram limoneno com máximo de 50,34% (BGU45) e β-pineno com máximo de 11,75% (EPAMIG01) da área total do cromatograma, enquanto Franco e Shibamoto (2000) encontraram trans-β-Ocimene (36%) e β-caryophyllene como sendo os terpênicos majoritários para polpa estudada. Demonstrando que o trabalho desenvolvido traz resultados novos para enriquecimento da literatura.

Galvão et al. (2011) detectaram mais de 200 compostos voláteis da polpa de umbu por extração de destilação e extração simultâneas e observaram que os principais compostos identificados na polpa de umbu de maturação comercial foram 4-metil-3-penten-2-ona, etilbenzeno, 1-penten-3-ona, 2-acetiltiazona, *p*-xileno, 2-nonanol, 2,2-dimetil-4-octenal e 1-nonanol. No entanto, nenhum desses compostos foi observado como um dos compostos majoritários do presente estudo e isso pode ter sido influenciado tanto pelo genótipo quanto pela técnica de extração uma vez que no presente estudo utilizou-se da técnica headspace-SBSE.

Ceva-Antunes et al., (2003) ao avaliarem os constituintes voláteis de cajá (*Spondias* mombin L.) observaram que o myrcene, constituinte terpênicos, foi o majoritário em percentual de área com 41,1% (DVB/CAR/PDMS) e 66% (PDMS), enquanto no presente estudo este composto volátil não foi identificado, demonstrando que muito embora seja da mesma família a composição volátil bem como o percentual podem ser diferentes. Tornando a caracterização importante para trabalhos futuros.

Narain et al. (2007) identificaram 70 compostos voláteis na polpa de cajá–umbu madura utilizando a técnica de *purge and trap*. Os aldeídos foram identificados como sendo a classe química predominante com apenas 4 constituintes voláteis que foram 2-metil butanal, 3-metil butanal, 1-hexanal e 3-metil-2-butenal, que juntos representaram 28,5% da área total do cromatograma, seguido dos terpenos com 23,14% da área do cromatograma, e dos ésteres que representaram 6,83% da área total do cromatograma. Esses dados corroboram com os resultados dos constituintes voláteis identificados neste estudo no qual as classes químicas majoritárias foram também aldeídos e terpenos.

Ressalta-se que os compostos voláteis identificados neste estudo de caracterização de 5 genótipos de polpa de umbu cultivados no sudoeste baiano têm grande relevância para a literatura, pois é o primeiro trabalho que avalia os compostos voláteis dos genótipos BGU44, BGU45, BGU61, BGU75 e EPAMIG01.

7 CONCLUSÃO

Os genótipos EPAMIG01 e BGU75, se destacaram pelo seu tamanho e rendimento de polpa se tornando atrativos para o processamento da indústria e para consumo *in natura*, O genótipo EPAMIG01 apresentou alto teor de carotenoides totais, para os compostos fenólicos totais e flavonoides totais o genótipo BGU45 se destacou dentre os demais genótipos contendo maiores quantidades, os genótipos BGU44 e BGU45 obtiveram destaque em sua capacidade antioxidante nos ensaios utilizados nesse trabalho.

Pode-se observar que os 5 genótipos apresentaram diferenças em sua composição volátil desde distribuição dos compostos da classe dos terpenos e do aldeídos como também sendo encontrados voláteis específicos em 3 dos 5 genótipos analisados sendo estes o butyl acetate e humulene (BGU45); γ-muurolene, β-selinene, 3,7(11)-selinadiene, valencene e γ-selinene (BGU61); methyl hexanoate, 4-pentenyl butyrate, 1-hexanol, 1-octen-3-ol (BGU75), sendo assim necessário mais estudos comparativos entre outros genótipos para que se possa afirmar que esses compostos são exclusivos desses genótipos.

Através dos resultados obtidos pode-se notar que a diferenças significativas entre os genótipos analisados, tendo em vista que o local de colheita, a forma como os frutos foram coletados, o clima e o solo são iguais para todos os genótipos essas diferenças podem ser atribuídas a características genéticas de cada genótipo analisado, dessa forma se torna promissora a seleção de um genótipo que se destaca dentre os demais para que melhor possa atender a indústria para as suas necessidades de processamento ou o comercio para consumo *in natura* do fruto, havendo mais possibilidades e genótipos disponíveis para se realizar o estudo comparando os demais genótipos.

8 REFERÊNCIAS

AL AMRI, Fatma Said; HOSSAIN, Mohammad Amzad. Comparison of total phenols, flavonoids and antioxidant potential of local and imported ripe bananas. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 4, p. 245-251, 2018.

ALBARICI, Tatiane Regina; FREITAS, Danieli Melo de; PESSOA, José Dalton Cruz. **Protocolos de análises para polpa de açaí: um guia prático de consulta**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009.

ALFARIS, Nora Abdullah et al. Total phenolic content in ripe date fruits (Phoenix dactylifera L.): A systematic review and meta-analysis. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2021.

ALMEIDA, Maria Mozarina Beserra et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALU'DATT, Muhammad H. et al. Distribution, antioxidant and characterisation of phenolic compounds in soybeans, flaxseed and olives. **Food chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 93-99, 2013.

AMBIGAIPALAN, Priyatharini; AL-KHALIFA, Abdulrahman S.; SHAHIDI, Fereidoon. Antioxidant and angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activities of date seed protein hydrolysates prepared using Alcalase, Flavourzyme and Thermolysin. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 1125-1137, 2015.

ARAUJO, F. P. et al. Umbuzeiro: alternativas de manejo sustentável e aproveitamento em áreas de produtores familiares em Uauá, BA. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2016.

ARAUJO, Leticia da Silva et al. Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 500-506, 2017.

ARNAO, Marino B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, n. 11, p. 419-421, 2000.

BELTRAN, Joaquin; LÓPEZ, Francisco J.; HERNÁNDEZ, Félix. Solid-phase microextraction in pesticide residue analysis. **Journal of chromatography A**, v. 885, n. 1-2, p. 389-404, 2000.

BORGES, Leonardo Luiz et al. Uma abordagem sobre métodos analíticos para determinação da atividade antioxidante em produtos naturais. 2011.

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

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37 – **Parâmetros Analíticos e Quesitos Complementares aos Padrões de Identidade e Qualidade de Polpa de Fruta**. Brasília, 2018.

BURVALL, Jan. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (Phalaris arundinacea L.). **Biomass and bioenergy**, v. 12, n. 3, p. 149-154, 1997.

CACHO, J. I. et al. Evaluation of three headspace sorptive extraction coatings for the determination of volatile terpenes in honey using gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1399, p. 18-24, 2015.

CARVALHO, A. V.; NOGUEIRA, J. G.; MATTIETTO, R. de A. Elaboração e caracterização de estruturados de umbu. **Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2015.

CEVA-ANTUNES, Patricia MN et al. Analysis of volatile composition of siriguela (Spondias purpurea L.) by solid phase microextraction (SPME). **LWT-Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 437-443, 2006.

CEVA-ANTUNES, Patricia MN et al. Analysis of volatile compounds of tapereba (Spondias mombin L.) and caja (Spondias mombin L.) by simultaneous distillation and extraction (SDE) and solid phase microextraction (SPME). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 5, p. 1387-1392, 2003.

CHIRINOS, Rosana et al. HPLC-DAD characterisation 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.

CORDERO, Chiara et al. High concentration capacity sample preparation techniques to improve the informative potential of two-dimensional comprehensive gas chromatography–mass spectrometry: application to sensomics. **Journal of Chromatography A**, v. 1318, p. 1-11, 2013.

COSTA, Juliana N. et al. Texture, microstructure and volatile profile of structured guava using agar and gellan gum. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 20, p. 100207, 2020.

DEVARAJ, Harish et al. Profiling of headspace volatiles from Escherichia coli cultures using silicone-based sorptive media and thermal desorption GC–MS. **Journal of separation science**, v. 41, n. 22, p. 4133-4141, 2018.

DONATOÍ, Sérgio Luiz Rodrigues et al. Práticas de cultivo do umbuzeiro. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.

DUAN, Chunfeng et al. Recent developments in solid-phase microextraction for on-site sampling and sample preparation. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 30, n. 10, p. 1568-1574, 2011.

DUARTE-ALMEIDA, Joaquim Maurício et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema beta-caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 446-452, 2006.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4ªEd. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p.

DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; MELO, T. L.; DUTRA, Rodrigo Luiz Targino et al. 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.

DUTRA, Fabrício Vieira et al. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (Spondias tuberosa Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 814-822, 2017.

EGGERSDORFER, Manfred; WYSS, Adrian. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 652, p. 18-26, 2018.

ENGELS, Christina et al. Characterization of phenolic compounds in jocote (Spondias purpurea L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 557-562, 2012.

FOLEGATTI, Marília IS et al. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1308-1314, 2003.

FONSECA, N. et al. Umbu: cajá e espécies afins: Spondias spp. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2005.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Aroma of minor tropical fruits. **Flavour and fragrance journal**, v. 20, n. 4, p. 358-371, 2005.

FRANCO, Maria Regina B.; SHIBAMOTO, Takayushi. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (Spondias citherea), camu-camu (Myrciaria dubia), araça-boi (Eugenia stipitata), and cupuaçu (Theobroma grandiflorum). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 4, p. 1263-1265, 2000.

FRANCO, Maria Regina B.; SHIBAMOTO, Takayushi. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (Spondias citherea), camu-camu (Myrciaria dubia), araça-boi (Eugenia stipitata), and cupuaçu (Theobroma grandiflorum). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 4, p. 1263-1265, 2000.

FU, Li et al. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food chemistry**, v. 129, n. 2, p. 345-350, 2011.

GARRUTI, Deborah dos Santos et al. Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju. 2001.

GONDIM, Perla Joana Souza et al. Identificação de carotenoides e quantificação de compostos bioativos e atividade antioxidante em frutos do gênero Spondias. 2012.

GONZÁLEZ-AGUILAR, Gustavo A. et al. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. S197-S202, 2007.

GRANATO, Daniel et al. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: Should we ban in vitro screening methods?. **Food chemistry**, v. 264, p. 471-475, 2018.

GUNDOGDU, M.; YILMAZ, H. Organic acid, phenolic profile and antioxidant capacities of pomegranate (Punica granatum L.) cultivars and selected genotypes. **Scientia Horticulturae**, v. 143, p. 38-42, 2012.

HOZ, Kortes Serrano; SALINAS, Maria Rosario; FERRANDINO, Alessandra. Different coatings for the HS-SBSE grape volatile analysis in model solution: Preliminary results. **Food chemistry**, v. 212, p. 814-820, 2016.

IBGE, IBGE; IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Internet]. **Brazil: IBGE**, 2011.

IBGE, Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019

IMEH, U.; KHOKHAR, Santosh. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6301-6306, 2002.

Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.32, n.264, set./out. 2011

ISLAM, Shawkat Md Aminul et al. A comparative study of the antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and thrombolytic potential of the fruits and leaves of Spondias dulcis. **Asian Pacific journal of tropical biomedicine**, v. 3, n. 9, p. 682-691, 2013.

JIANG, Yuqin et al. Phenolic compounds in Lycium berry: Composition, health benefits and industrial applications. **Journal of Functional Foods**, v. 77, p. 104340, 2021.

JÚNIOR, José S. Lira et al. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueleira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2010.

KABIR, Abuzar; FURTON, Kenneth G.; MALIK, Abdul. Innovations in sol-gel microextraction phases for solvent-free sample preparation in analytical chemistry. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 45, p. 197-218, 2013.

KIM, Yoo K.; GUO, Qiong; PACKER, Lester. Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. **Toxicology**, v. 172, n. 2, p. 149-156, 2002.

KUMAR, Shashank; PANDEY, Abhay K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. **The scientific world journal**, v. 2013, 2013.

KUSKOSKI, E. Marta et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 726-732, 2005.

LEE, Su Jeong; KIM, Mina K.; LEE, Kwang-Geun. Effect of reversed coffee grinding and roasting process on physicochemical properties including volatile compound profiles. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 44, p. 97-102, 2017.

LICHTENTHALER, Hartmut K. [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA FILHO, José Moacir Pinheiro. Ecofisiologia do umbuzeiro (Spondias tuberosa, Arr. Cam.). **Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

LIMA, M. F.; RESENDE, GM de; BRITO, N. de. Colletotrichum gloeosporioides causando lesoes em frutos de umbu (Spondias tuberosa) na regiao do submedio Sao Francisco. In: **Embrapa Semiárido-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 14, n. 1, p. 93, 1996., 1996.

LIU, Fang; WANG, Meng; WANG, Min. Phenolic compounds and antioxidant activities of flowers, leaves and fruits of five crabapple cultivars (Malus Mill. species). **Scientia Horticulturae**, v. 235, p. 460-467, 2018.

LUTZ, INTITUTO ADOLFO. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo: ANVISA**, 2008.

MACHADO, C. de F. et al. Banco ativo de germoplasma de spondias da Embrapa. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2015.

MARIA DO SOCORRO, M. Rufino et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

MEHTA, Praveen Kumar et al. Volatile constituents of jambolan (Syzygium cumini L.) fruits at three maturation stages and optimization of HS-SPME GC-MS method using a central composite design. **Food analytical methods**, v. 11, n. 3, p. 733-749, 2018.

MÉLO, Dângelly Lins Figuerôa Martins de et al. Potencial biotecnológico do umbu: perspectivas para o semi árido. 2005.

MELO, E. de A.; ANDRADE, RAM de S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro Bioactive compounds and antioxidant potential from the "umbuzeiro" fruits. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 453-458, 2010.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. Revisão das espécies neotropicais de Spondias (*Anacardiaceae*). In: **Congresso Nacional de Botânica**. 1995. p. 207.

NARAIN, Narendra; DE SOUSA GALVAO, Mércia; MADRUGA, Marta Suely. Volatile compounds captured through purge and trap technique in caja-umbu (Spondias sp.) fruits during maturation. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 726-731, 2007.

NÚCLEO, DE ESTUDOS E. PESQUISAS EM. ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**, v. 4, 2011.

ORSAVOVÁ, Jana et al. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (Ribes L.) and gooseberry (Ribes uva-crispa L.) fruits. **Food Chemistry**, v. 284, p. 323-333, 2019.

OU, Boxin; HAMPSCH-WOODILL, Maureen; PRIOR, Ronald L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4619-4626, 2001.

PETROPOULOS, Spyridon A. et al. Nutritional value and chemical composition of Greek artichoke genotypes. **Food chemistry**, v. 267, p. 296-302, 2018.

PIRES, I. E.; DE OLIVEIRA, V. R. Estrutura floral e sistema reprodutivo de umbuzeiro. **Embrapa Semiárido-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1986.

PIRES, M. das G. de M. **Estudo taxonomico e area de ocorrencia de Spondias tuberosa Arr. Cam.(umbuzeiro) no Estado de Pernambuco-Brasil**. UFRPE, 1990.

RAJAN, Murugan et al. Optimization and method validation of determining polyphenolic compounds by UFLC-DAD system using two biphenyl and pentafluorophenylpropyl columns. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 42, n. 11-12, p. 351-357, 2019.

RE, Roberta et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

RIBEIRO, Leilson de Oliveira et al. Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, v. 49, 2019.

RISTICEVIC, Sanja; DEELL, Jennifer R.; PAWLISZYN, Janusz. Solid phase microextraction coupled with comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry for high-resolution metabolite profiling in apples: Implementation of structured separations for optimization of sample preparation procedure in complex samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1251, p. 208-218, 2012.

RUFINO, M. D. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

RUSSO, Gian Luigi et al. Redox regulation by carotenoids: Evidence and conflicts for their application in cancer. **Biochemical pharmacology**, v. 194, p. 114838, 2021.

SANTOS, Carlos Antonio Fernandes. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 923-930, 1997.

SANTOS, Carlos Antônio Fernandes; DE SOUZA NASCIMENTO, Clovis Eduardo. Relação entre caracteres quantitativos do umbuzeiro (Spondias tuberosa A. Camara). **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 33, n. 4, p. 449-456, 1998.

SANTOS, Carlos Antônio Fernandes; NASCIMENTO, CE de S.; DE OLIVEIRA, Martiniano Cavalcante. **Recursos geneticos do umbuzeiro: preservacao, utilizacao e abordagem metodologica**. In: QUEIROZ, MA de; GOEDERT, CO; RAMOS, SRR (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999., 1999.

SANTOS, Inês Carvalho et al. Frutas e hortícolas: Análise comparativa dos seus teores em compostos fenólicos e flavonoides totais. 2017.

SANTOS, L.J.S. características fisiológicas e qualidade dos frutos de acessos de umbuzeiro e umbu-cajá da coleção do IFBaiano, Campus Guanambi – BA. 2018. 94f Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, 2018.

SANTOS, Raquel Anne Ribeiro, ESTUDO DOS MARCADORES VOLÁTEIS PARA O AROMA DOS FRUTOS DO GÊNERO SPONDIAS. Tese. 2021.

SARAJI, Mohammad; JAFARI, Mohammad Taghi; SHERAFATMAND, Hossein. Sol–gel/nanoclay composite as a solid-phase microextraction fiber coating for the determination of organophosphorus pesticides in water samples. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 407, n. 4, p. 1241-1252, 2015.

SATURNINO, H. M. et al. Spondias: umbu, caja-manga and hog plum caja. **Informe Agropecuario**, v. 32, n. 264, p. 101-113, 2011.

SAVI, Patrícia do Rocio Smolinski et al. Análise de flavonoides totais presentes em algumas frutas e hortaliças convencionais e orgânicas mais consumidas na região Sul do Brasil. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 12, n. 1, p. 275-287, 2017.

SCHIASSI, Maria Cecília Evangelista Vasconcelos et al. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food chemistry**, v. 245, p. 305-311, 2018.

SCHWEIGGERT, R. M.; CARLE, R. Carotenoid deposition in plant and animal foods and its impact on bioavailability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 9, p. 1807-1830, 2017.

SHAHIDI, Fereidoon; AMBIGAIPALAN, Priyatharini. Novel functional food ingredients from marine sources. **Current Opinion in Food Science**, v. 2, p. 123-129, 2015.

SHAHIDI, Fereidoon; AMBIGAIPALAN, Priyatharini. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects–A review. **Journal of functional foods**, v. 18, p. 820-897, 2015.

SHAHIDI, Fereidoon; ZHONG, Ying. Measurement of antioxidant activity. **Journal of functional foods**, v. 18, p. 757-781, 2015.

SILVA, Maria Inacio et al. Caracterização físico-química da polpa de umbu em camada de espuma. **Revista Semiárido De Visu**, v. 3, n. 2, p. 82-91, 2016.

SILVA, Rodrigues Silva. Qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (Spondias sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE. **Scientia Plena**, v. 7, n. 8, 2011.

SINGLETON, Vernon L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOOBRATTEE, Muhammed Asin et al. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutation Research/Fundamental and Molecular mechanisms of mutagenesis**, v. 579, n. 1-2, p. 200-213, 2005.

SOUSA GALVÃO, Mércia et al. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (Spondias tuberosa) fruits during maturation. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1919-1926, 2011.

SUCUPIRA, Natália Rocha et al. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, 2012.

THAIPONG, Kriengsak et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of food composition and analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 669-675, 2006.

TIVERON, Ana Paula. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRIAUX, Zélie et al. Optimization by experimental design of headspace sorptive extraction and solid-phase microextraction for the determination of terpenes in spices. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 12, p. 2764-2776, 2019.

VALLONE, Simona et al. An integrated approach for flavour quality evaluation in muskmelon (Cucumis melo L. reticulatus group) during ripening. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 171-183, 2013.

VASCONCELOS, Sandra Mary Lima et al. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química nova**, v. 30, n. 5, p. 1323-1338, 2007.

VIDIGAL, Márcia CTR et al. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açaí (Euterpe oleracea Mart.), Camu-camu (Myrciaria dubia), Cajá (Spondias lutea L.) and Umbu (Spondias tuberosa Arruda). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1988-1996, 2011.

XU, Jianqiao et al. New materials in solid-phase microextraction. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 47, p. 68-83, 2013.

YU, Honglian; HO, Tien D.; ANDERSON, Jared L. Ionic liquid and polymeric ionic liquid coatings in solid-phase microextraction. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 45, p. 219-232, 2013.

ZERAIK, Maria Luiza et al. Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from Spondias tuberosa fruits. **Journal of Functional foods**, v. 21, p. 396-405, 2016.

ZHONG, Y.; SHAHIDI, F. Methods for the assessment of antioxidant activity in foods. In: **Handbook of antioxidants for food preservation**. Woodhead Publishing, 2015. p. 287-333.

ZHOU, Jiexin et al. Phenolic profiles, antioxidant activities and cytoprotective effects of different phenolic fractions from oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) fruits treated by ultra-high pressure. **Food chemistry**, v. 288, p. 68-77, 2019.

ZIELINSKI, Acácio AF et al. Chemical composition, sensory properties, provenance, and bioactivity of fruit juices as assessed by chemometrics: a critical review and guideline. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 13, n. 3, p. 300-316, 2014.

ZIELINSKI, Acácio Antonio Ferreira et al. 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. C510-C516, 2014.