

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

WALISON ADRIANO ALVES

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE UMBUZEIRO (*Spondias
tuberosa* Arr. Câm.) EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**

Rio Largo - AL

2025

WALISON ADRIANO ALVES

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) **EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso – TCC apresentado a Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Leila de Paula Rezende

Rio Largo - AL

2025

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

A474c Alves, Walison Adriano.

Características físico-químicas de frutos de umbuzeiro (*spondias tuberosa* arr. câm.) em diferentes estágios de maturação. / Walison Adriano Alves. – 2025.

22 f.: il.

Orientador(a): Leila de Paula Rezende.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. *Spondias tuberosa*. 2. Amadurecimento. 3. Pós-colheita. 4. Frutas nativas. I. Título.

CDU: 634.1

FOLHA DE APROVAÇÃO


WALISON ADRIANO ALVES

Característica físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) em diferentes estágios de maturação


Trabalho de conclusão de curso – TCC apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Data de Aprovação: 30/10/2025


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 LEILA DE PAULA REZENDE
Data: 13/11/2025 22:07:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Leila de Paula Rezende
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 DELMA HOLANDA DE ALMEIDA
Data: 14/11/2025 09:19:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Delma Holanda de Almeida
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Documento assinado digitalmente
 PATRICIA DA SILVA SANTOS
Data: 14/11/2025 00:00:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutoranda Patricia da Silva Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Programa de Pós-Graduação em Agronomia -PPG Agronomia

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Tauanne e a meus filhos Anna Luiza e Anthony Ravi que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Aos meus pais, Antônia e Caetano, que sempre acreditaram no meu potencial e estiveram ao meu lado, fortalecendo-me com confiança e incentivo.

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Leila de Paula Rezende por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa. Agradeço também pela oportunidade de estágio no laboratório de Biotecnologia Vegetal (BIOVEG).

Aos amigos e amigas do Laboratório de Biotecnologia Vegetal (BIOVEG) que compartilharam conhecimento, apoio e colaboração desde os primeiros passos deste projeto.

A todos os meus professores do curso de Agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA pela excelência da qualidade técnica de cada um.

À Universidade Federal de Alagoas e ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, que me deram oportunidade de concluir esse curso.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho acadêmico.

Obrigado!

RESUMO

O umbuzeiro é uma espécie frutífera nativa do semiárido brasileiro de interesse econômico, social e cultural, principalmente para a região Nordeste. O fruto é consumido tanto *in natura* quanto processado, sendo transformado em diversos produtos. Conhecer as alterações físico-químicas durante o processo de maturação e amadurecimento dos frutos permite identificar o ponto ideal de colheita e a definir o melhor aproveitamento dos frutos para o mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas em frutos de umbuzeiro em quatro estádios de maturação definido pela coloração da casca variando do verde ao totalmente amarelo. O estudo foi realizado na sala de pós-colheita do Laboratório de Biotecnologia Vegetal (BIOVEG) do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas. Foram utilizados 60 frutos sadios, distribuídos igualmente nos quatro estágios de maturação, com três repetições de cinco frutos cada. As análises físico-químicas realizadas incluíram o peso do fruto inteiro e de suas partes constituintes (casca, polpa e semente), além do pH, teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT) e a relação (SS/ATT) ratio. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise física dos frutos indicou uniformidade no peso dos frutos e de suas partes estruturais entre os tratamentos avaliados. Também não houve diferença estatisticamente significativa para as variáveis pH ($p=0,1223$), acidez titulável ($p=1,0000$) e ratio ($p=0,1672$) entre os estádios de maturação. Para o sólidos solúveis, embora tenha sido observada uma ligeira tendência de aumento em frutos de casca totalmente verde (2,44 °Brix), para os frutos de casca totalmente amarela (2,62 °Brix), a diferença não foi significativa a 5% ($p=0,0737$), com todos os tratamentos pertencendo a um mesmo grupo homogêneo no teste de Tukey. Conclui-se que, nas condições deste estudo, as variáveis físico-químicas analisadas não diferem de forma significativa em frutos com coloração da casca variando do verde ao totalmente amarelo, indicando estabilidade física e química durante o processo de maturação e amadurecimento dos frutos de umbuzeiro.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa*; amadurecimento; pós-colheita; frutas nativas.

ABSTRACT

The umbu tree is a native fruit species of the Brazilian semi-arid region with economic, social, and cultural importance, especially in the Northeast. The fruit is consumed both fresh and processed, being transformed into various products. Understanding the physicochemical changes during the ripening and maturation process makes it possible to identify the ideal harvest point and determine the best use of the fruits for the market. The aim of this study was to evaluate the physicochemical characteristics of umbu fruits at four maturation stages defined by peel color, ranging from green to fully yellow. The study was conducted in the postharvest room of the Plant Biotechnology Laboratory (BIOVEG) at the Engineering and Agricultural Sciences Campus of the Federal University of Alagoas. Sixty healthy fruits were used, evenly distributed among the four maturation stages, with three replications of five fruits each. The physicochemical analyses included whole fruit weight and the weight of its constituent parts (peel, pulp, and seed), as well as pH, soluble solids content (SS), titratable acidity (TA), and the SS/TA ratio. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. Physical analysis indicated uniformity in fruit weight and structural components among the evaluated treatments. No statistically significant differences were found for pH ($p = 0.1223$), titratable acidity ($p = 1.0000$), or ratio ($p = 0.1672$) across the maturation stages. For soluble solids, although a slight tendency of increase was observed from fully green fruits (2.44 °Brix) to fully yellow fruits (2.62 °Brix), the difference was not significant at 5% ($p = 0.0737$), with all treatments belonging to the same homogeneous group according to Tukey's test. It is concluded that, under the conditions of this study, the analyzed physicochemical variables do not differ significantly among fruits with peel color ranging from green to fully yellow, indicating physical and chemical stability during the maturation and ripening process of umbu fruits.

Keywords: *Spondias tuberosa*; ripening; postharvest; native fruits.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
	2.1 O umbuzeiro: aspectos botânicos e de exploração e cultivo.....	16
	2.2 Propriedades nutricionais e potencial agroindustrial do umbu.....	17
	2.3 Fisiologia da maturação de frutos e alterações físico-químicas.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
	3.1 Análises físico-químicas	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5	CONCLUSÃO.....	26
	REFERENCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) está intimamente ligado às populações rurais do Nordeste brasileiro que utilizam seus frutos tanto para o consumo in natura quanto para o processamento em diversos produtos agroindustriais (Rodrigues *et al.*, 2024). Conhecido como símbolo da Caatinga, o umbuzeiro desempenha um papel essencial para estas populações, fornecendo alimento e renda, principalmente durante a estação seca (Mertens *et al.*, 2015).

Esta espécie, pertencente à família Anacardiaceae é nativa do semiárido brasileiro e possui grande importância ecológica, econômica e social. Encontra-se distribuída especialmente nos estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Ceará, estando adaptado às condições edafoclimáticas da Caatinga (Mertens *et al.*, 2015). Sua sobrevivência em ambientes áridos é atribuída às raízes tuberosas, que acumulam água e nutrientes, funcionando como um mecanismo fisiológico de resistência à seca. Essa característica permite ao umbuzeiro suportar longos períodos de estiagem, tornando-o uma espécie estratégica para a resiliência dos agroecossistemas no semiárido (Santos *et al.*, 2021).

O fruto do umbuzeiro, conhecido como umbu, é uma drupa globosa, de tamanho pequeno a médio, geralmente variando entre 2,5 e 4,0 cm de diâmetro e apresenta casca fina e lisa, de coloração que passa do verde ao amarelo à medida que ocorre o amadurecimento (Rodrigues *et al.*, 2024). A polpa, suculenta e de sabor acidulado, constitui o principal atrativo do fruto, sendo amplamente utilizada tanto para consumo in natura quanto para o processamento em polpas, sucos, geleias e doces típicos do semiárido nordestino (Mertens *et al.*, 2015). Suas mudanças de cor e textura estão relacionadas a alterações físico-químicas, como redução da acidez e aumento dos sólidos solúveis, que influenciam o sabor e a aplicabilidade industrial (Freitas *et al.*, 2024).

A aceitação de um fruto pelo mercado está vinculada à sua qualidade, definida inicialmente por atributos físicos (tamanho, forma e cor) e, de forma mais decisiva, por sua composição físico-química. Essa composição é responsável pela qualidade organoléptica e nutricional que garante a aceitação final do produto (Lima *et al.*, 2002). Essas características físicas e físico-químicas estão sujeitas a variações conforme as condições edafoclimáticas do local e de produção.

No processo de maturação, as transformações bioquímicas envolvem a síntese de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e a degradação de clorofila e síntese de carotenoides, resultando na mudança de coloração da casca do verde para o amarelo em umbu (Souza *et al.*, 2024). Essas transformações visuais e químicas indicam o avanço do amadurecimento e refletem a composição físico-química dos frutos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade físico-química de umbus em diferentes estágios de maturação, definidos pela mudança visual da cor da casca do fruto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O umbuzeiro: aspectos botânicos e de exploração e cultivo

O umbuzeiro é uma espécie frutífera pertencente à família Anacardiaceae, amplamente distribuída no semiárido brasileiro, e considerada um dos símbolos da resistência e da biodiversidade da Caatinga (Dantas, 2024). Seu nome deriva do termo indígena “umbu”, que significa “árvore que dá de beber”, referência dada à capacidade de armazenar água em suas raízes tuberosas, que funcionam como órgãos de reserva hídrica durante longos períodos de estiagem (Souza *et al.*, 2025). Trata-se de uma planta que, além de desempenhar importante função ecológica na manutenção dos ecossistemas do semiárido, possui valor econômico e sociocultural expressivo, pois seus frutos são amplamente utilizados na alimentação e na geração de renda pelas comunidades rurais (Dantas, 2024).

Espécie arbórea de porte médio, o umbuzeiro pode atingir entre 4 e 7 metros de altura, apresentando copa ampla e arredondada, tronco curto e ramificado desde a base (Dantas, 2024). Suas folhas são compostas, imparipinadas, com folíolos elípticos e bordas lisas; as flores são pequenas, de coloração esbranquiçada a amarelada, dispostas em panículas terminais, e geralmente hermafroditas. O fruto é uma drupa globosa, de casca fina e lisa, variando do verde intenso ao amarelo quando maduro, contendo uma polpa suculenta e aromática de sabor acidulado (Cavalcante *et al.*, 2025).

É uma planta que apresenta comportamento sazonal bem definido, com floração ocorrendo geralmente entre os meses de setembro e novembro e frutificação de dezembro a março, período correspondente à estação chuvosa no semiárido (Dantas, 2024). Porém, a germinação das sementes é considerada lenta e irregular, sendo um desafio para a propagação da espécie. A viabilidade germinativa, segundo o mesmo autor, depende das condições de coleta, armazenamento e manejo das sementes, sendo influenciada pela dormência tegumentar e pela variabilidade genética entre os indivíduos. Técnicas de escarificação mecânica e embebição em água, têm sido estudadas visando o aumento das taxas de germinação.

O umbuzeiro possui notável capacidade de adaptação ao ambiente semiárido, resultado de um conjunto de estratégias evolutivas que garantem sua sobrevivência em condições de baixa disponibilidade hídrica. As raízes tuberosas funcionam como reservatórios naturais de água e carboidratos, permitindo à planta suportar longos períodos de seca sem comprometer sua estrutura vegetativa (Souza *et al.*, 2025). Além disso, o umbuzeiro apresenta folhas caducas, que se desprendem durante o período seco como estratégia de economia de água, além de

possuir metabolismo fotossintético eficiente, o que reduz as perdas hídricas por transpiração. Essas adaptações tornam a espécie um componente essencial para a resiliência ecológica da Caatinga, atuando como fonte de sombra e alimento para a fauna local e contribuindo para a conservação do solo e a manutenção dos microclimas regionais (Santos *et al.*, 2021).

Esta espécie possui um papel histórico na vida das comunidades sertanejas, sendo utilizada na alimentação, medicina popular e práticas tradicionais (Cavalvante *et al.*, 2025). Diversas partes da planta possuem aplicações terapêuticas: as folhas e cascas são utilizadas no preparo de chás para tratar inflamações e distúrbios intestinais, enquanto a polpa e o suco do fruto são consumidos como fortificantes naturais (Cavalcante *et al.*, 2025). Souza *et al.* (2025) complementam que as raízes tuberosas, conhecidas como “batatas de umbu”, eram historicamente empregadas como fonte de hidratação e alimento durante os períodos de seca, simbolizando a relação ancestral de coexistência entre o homem e a natureza no semiárido.

Tradicionalmente explorada de forma extrativista, espécie vem sendo objeto de estudos para domesticação e melhoramento genético, com vistas à formação de pomares comerciais e à conservação de genótipos nativos (Dantas, 2024). Existem limitações quanto à disponibilidade de mudas e à adoção de práticas agrícolas sustentáveis pelos produtores locais, agregada à falta de políticas de incentivo, capacitação técnica e infraestrutura de beneficiamento, fato que também restringe o potencial de expansão da cultura (Cavalcante *et al.*, 2025).

Há divergências entre os autores quanto às estratégias prioritárias para a valorização do umbuzeiro. Dantas (2024) enfatiza a necessidade de investir em tecnologias de propagação e manejo agrônômico que assegurem a produtividade e a qualidade dos frutos, com foco no aprimoramento técnico e científico. Já Cavalcante *et al.* (2025) defendem a importância de reconhecer o valor cultural e medicinal da espécie, ampliando sua utilização de maneira sustentável e integrando o conhecimento tradicional às práticas de manejo moderno.

Souza *et al.* (2025) reforçam que qualquer tentativa de intensificação do cultivo deve respeitar os limites ecológicos do bioma Caatinga, sob pena de comprometer o equilíbrio ambiental e os modos de vida locais. Essas diferentes abordagens demonstram que a sustentabilidade do cultivo do umbuzeiro exige uma perspectiva multidimensional, que contemple simultaneamente aspectos biológicos, sociais e culturais.

2.2 Propriedades nutricionais e potencial agroindustrial do umbu

O fruto do umbuzeiro é amplamente reconhecido por seu elevado valor nutricional e potencial agroindustrial, constituindo um dos principais produtos da sociobiodiversidade da

Caatinga. De acordo com Freitas *et al.* (2024), a polpa do umbu é uma rica fonte de vitaminas, minerais e compostos bioativos, apresentando propriedades funcionais que o colocam entre os frutos mais promissores do semiárido brasileiro para o desenvolvimento de alimentos saudáveis e tecnologicamente inovadores.

O perfil nutricional do umbu é composto majoritariamente por água, carboidratos e açúcares naturais, além de conter pequenas quantidades de proteínas e lipídios (Moreira *et al.*, 2025). O fruto se destaca por seu teor expressivo de ácido ascórbico (vitamina C), que pode alcançar valores superiores aos de frutas tropicais amplamente consumidas, como a laranja e o abacaxi (Freitas *et al.*, 2024). Essa característica, somada à presença de compostos fenólicos e flavonoides, confere à espécie uma elevada capacidade antioxidante, capaz de neutralizar radicais livres e contribuir para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (Freitas *et al.*, 2024). Essa combinação de nutrientes reforça a importância do consumo do umbu como alimento funcional e seu potencial para o desenvolvimento de produtos enriquecidos voltados à saúde e ao bem-estar (Moreira *et al.*, 2025).

O umbu apresenta características físico-químicas que o tornam altamente versátil para o processamento industrial (Moreira *et al.*, 2025). Nos estudos de Moreira *et al.* (2025) com diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do sudoeste da Bahia, os frutos apresentaram uma variação significativa quanto ao pH, à acidez titulável total e ao teor de sólidos solúveis. Essa diversidade genética resulta em diferentes perfis sensoriais e tecnológicos, o que amplia as possibilidades de aplicação do fruto na fabricação de polpas, sucos, doces e geleias. A polpa, de textura viscosa e aroma característico, possui boa estabilidade durante o armazenamento, especialmente quando submetida a processos de pasteurização e congelamento, o que favorece sua utilização na indústria de alimentos (Moreira *et al.*, 2025). Para Freitas *et al.* (2024), a incorporação de produtos derivados do umbu em formulações industrializadas representa uma oportunidade de agregar valor à produção regional, impulsionando a economia e fortalecendo cadeias produtivas locais baseadas na sustentabilidade.

As condições de cultivo e manejo do umbuzeiro podem afetar a qualidade dos frutos. Em estudo sobre o balanço nutricional do umbuzeiro cultivar BRS-68 sob diferentes estratégias de irrigação, Deus *et al.* (2025) verificaram que o manejo hídrico adequado favorece o acúmulo de nutrientes e melhora a composição físico-química dos frutos, refletindo em aumento dos sólidos solúveis e redução da acidez. Essa relação evidencia o impacto das condições edafoclimáticas e agrônômicas sobre as propriedades químicas do umbu, aspecto fundamental para compreender as variações observadas entre diferentes regiões de cultivo (Deus *et al.*, 2025).

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos, o processamento agroindustrial do umbu ainda é concentrado em pequenas agroindústrias regionais, que enfrentam dificuldades de padronização e de acesso a tecnologias de conservação e embalagem (Moreira *et al.*, 2025). A sazonalidade da produção, associada à perecibilidade do fruto, constitui outro obstáculo à sua ampla comercialização e exportação. Freitas *et al.* (2024) ressaltam que, embora os compostos bioativos do umbu sejam reconhecidos por sua estabilidade química, o processamento inadequado pode reduzir seu potencial antioxidante, comprometendo o valor nutricional e funcional do produto final. E, Deus *et al.* (2025) destacam a carência de políticas públicas e de linhas de crédito específicas para pequenos produtores, o que limita o fortalecimento da cadeia produtiva e dificulta a inserção do umbu em mercados mais competitivos.

A partir dessa análise, observa-se que a composição nutricional e o potencial agroindustrial do umbu estão diretamente associados às condições ecológicas do semiárido e às práticas de manejo adotadas. (Moreira *et al.*, 2025). As variações físico-químicas do fruto, influenciadas por fatores genéticos e ambientais, determinam sua qualidade sensorial e nutricional, impactando também seu aproveitamento econômico (Freitas *et al.*, 2024).

2.3 Fisiologia da maturação de frutos e alterações físico-químicas

O processo de maturação de frutos constitui uma das etapas mais complexas do desenvolvimento vegetal, caracterizando-se por intensas transformações fisiológicas, bioquímicas e físico-químicas que determinam a qualidade final do produto e sua destinação para o consumo ou processamento industrial (Souza *et al.*, 2024). Essas alterações envolvem modificações no metabolismo celular, na composição química e na estrutura dos tecidos, resultando em mudanças perceptíveis na cor, textura, aroma e sabor dos frutos. (Rodrigues, 2024).

A maturação dos frutos do umbuzeiro é um fenômeno que reflete a integração entre processos metabólicos, enzimáticos e hormonais, influenciados tanto por fatores genéticos quanto ambientais. Segundo Silva *et al.* (2025), durante esse processo ocorre um equilíbrio dinâmico entre as reações de síntese e degradação de compostos celulares, resultando em transformações estruturais, como o amolecimento da polpa, e em alterações químicas que modificam o sabor e o aroma característicos. A perda de firmeza, por exemplo, está associada à degradação das pectinas e à despolimerização de polissacarídeos da parede celular, fenômenos regulados por enzimas como pectinases e poligalacturonases (Rodrigues, 2024). Esses eventos tornam os frutos mais palatáveis, porém também os tornam mais suscetíveis a danos mecânicos

e microbiológicos, exigindo estratégias adequadas de colheita e conservação.

Durante o amadurecimento, as mudanças físico-químicas são relevantes para a determinação da qualidade comercial e nutricional dos frutos. O aumento dos sólidos solúveis (SS), que correspondem principalmente aos açúcares redutores como glicose, frutose e sacarose, é um dos principais indicadores de amadurecimento (Vieira *et al.*, 2020). Simultaneamente, observa-se uma redução da acidez total titulável (ATT), consequência da utilização dos ácidos orgânicos no metabolismo respiratório, o que contribui para o sabor mais doce e agradável do fruto maduro (Silva *et al.*, 2025). O pH tende a aumentar gradualmente ao longo do processo de maturação, refletindo a redução na concentração de ácidos orgânicos, como o cítrico e o málico. A análise conjunta dessas variáveis possibilita compreender o estágio de amadurecimento dos frutos e avaliar seu potencial para diferentes finalidades (Aidar *et al.*, 2021).

Os frutos de umbuzeiro apresentam um padrão de amadurecimento semelhante ao dos frutos climatéricos, ou seja, dependem da ação do etileno e de um pico respiratório para completar o processo (Rodrigues, 2024). Esse comportamento fisiológico implica que, após a colheita, os frutos continuam seu amadurecimento, o que exige cuidados pós-colheita para evitar o excesso de senescência e a perda de qualidade. A autora também evidencia que o metabolismo de parede celular, ao ser intensamente ativado nesse estágio, influencia diretamente a textura e a capacidade de processamento do fruto, aspectos que precisam ser controlados pela indústria. Já Silva *et al.* (2025) observaram que, em genótipos distintos de umbuzeiro, as variações no comportamento respiratório e nas taxas de produção de etileno podem alterar significativamente os parâmetros físico-químicos, revelando a influência genética sobre o padrão de maturação.

A amplitude térmica e a disponibilidade hídrica no semiárido, também, são fatores determinantes para a dinâmica de amadurecimento frutos, influenciando a concentração de açúcares e ácidos (Silva *et al.*, 2025). Sousa *et al.* (2024) acrescentam que as transformações bioquímicas durante a maturação envolvem, ainda, a síntese de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e a degradação de clorofilas e carotenóides, que resultam na mudança de coloração da casca do verde para o amarelo. Essas transformações visuais e químicas não apenas indicam o avanço do amadurecimento, mas também refletem o acúmulo de substâncias bioativas de importância nutricional e tecnológica.

No entanto, os autores divergem quanto ao momento ideal para o aproveitamento industrial dos frutos. Para Silva *et al.* (2025), os estádios intermediários de maturação apresentam equilíbrio mais favorável entre acidez e teor de açúcares, garantindo estabilidade

sensorial e maior rendimento no processamento. Rodrigues (2024), em contrapartida, defende que os frutos totalmente maduros, apesar da maior perecibilidade, oferecem melhor qualidade nutricional e maior concentração de compostos fenólicos e antioxidantes. Já Moreira *et al.* (2025) destacam que a variabilidade entre genótipos do umbuzeiro exige padronização de critérios de colheita e análise físico-química, uma vez que as diferenças genéticas afetam diretamente o teor de SS, ATT e pH, e consequentemente, a aplicabilidade industrial de cada variedade. Essa divergência evidencia a necessidade de estudos comparativos contínuos, voltados à caracterização de cultivares regionais e ao aprimoramento de tecnologias pós-colheita.

Apesar dos avanços científicos sobre a fisiologia da maturação, há limitações e lacunas metodológicas nos estudos existentes. Sousa *et al.* (2024) apontam que a maioria das pesquisas se concentra nas fases finais de amadurecimento, negligenciando os estágios iniciais de desenvolvimento dos frutos, quando ocorrem importantes modificações metabólicas. Além disso, Rodrigues (2024) observa que as condições experimentais controladas nem sempre reproduzem fielmente as variações ambientais do semiárido, o que pode restringir a aplicabilidade prática dos resultados.

Silva *et al.* (2025) ressaltam, ainda, a escassez de estudos integrados que correlacionem variáveis fisiológicas, físico-químicas e genéticas, aspecto fundamental para compreender plenamente a influência dos fatores abióticos na qualidade dos frutos. Essas limitações reforçam a necessidade de abordagens interdisciplinares que combinem fisiologia vegetal, bioquímica e engenharia de alimentos para ampliar o entendimento sobre o comportamento pós-colheita do umbuzeiro.

No contexto deste trabalho, o estudo das alterações físico-químicas durante a maturação do umbu é essencial para compreender as variações nos parâmetros de qualidade analisados, como pH, SS e ATT.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na sala de pós-colheita do Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, em Rio Largo, Alagoas. Para a análise das características físico-químicas foi utilizada uma amostra de 60 frutos sadios, isentos de injúrias mecânicas e em diferentes estádios de maturação.

Esta amostra foi dividida em 4 subamostras classificadas de acordo com o estágio de maturação, sendo este definido visualmente pela coloração da epiderme ou casca do fruto, em: totalmente verde; início da mudança de cor; metade amarelo e totalmente amarelo. Estas subamostras constituíram os quatro tratamentos a serem avaliados em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições de 5 frutos cada, totalizando 12 parcelas.

Os frutos utilizados foram colhidos de um umbuzeiro adulto em uma área agrícola irrigada no semiárido pernambucano, georreferenciada pelas coordenadas 8°47'00.45"S e 37°43'47.58"W, a uma altitude de 385 metros, no município de Igaci. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em saco plástico, mantidos sob refrigeração até ser levados ao laboratório.

No laboratório, os frutos passaram por lavagem em água corrente, sanitização com cloro e secagem com papel absorvente. A amostra foi separada em 4 subamostras de 15 frutos, classificadas de acordo com o estágio de maturação definido pela coloração da epiderme do fruto (Figura 1). A polpa foi separada da casca e semente e foram mantidas sob refrigeração (+/- 8 °C) até as análises.

Figura 1 – Frutos de umbuzeiro classificados pelo estágio de maturação conforme a cor da epiderme (totalmente verde, início da mudança de cor, metade amarelo e totalmente amarelo).



Fonte: Autor, 2025.

3.1 Análises físico-químicas

O peso (em g) do fruto inteiro, da casca, da semente e rendimento de polpa, de cada unidade experimental, foi determinada em balança analítica.

Para as análises químicas: sólidos solúveis, pH e acidez titulável, utilizou-se a polpa de

cada unidade experimental. Destas foi retirado com proveta milimétrica 10 ml de polpa que foi utilizada para as análises.

As análises químicas seguiram metodologias padrão: O pH foi determinado em pHmetro digital, calibrado em soluções tampões 4,0 e 7,0 (Instituto Adolfo Lutz - IAL, 2008).

Os Sólidos Solúveis (SS), expressos em °Brix, foram mensurados em refratômetro digital (método 932.12 da AOAC, 2005).

A acidez titulável, foi quantificada por titulometria, utilizando Erlenmeyer de 250 ml com 2,0 g da polpa a qual foi diluída em 50 ml de água destilada e acrescida de três gotas de fenolftaleína para em seguida ser titulada com solução de NaOH 0,1 N. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico/100 ml (%) (IAL, 2008).

A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre sólidos solúveis e acidez titulável.

As análises químicas foram realizadas em três repetições conforme delineamento experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físicas dos frutos de umbuzeiro colhidos em área de cultivo irrigado no semiárido pernambucano, estão apresentados na Tabela 1. A análise de variância aplicada às variáveis referentes ao peso dos diferentes componentes do fruto de umbuzeiro: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e fruto inteiro, indicou ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (totalmente verde, início da mudança de cor, metade amarelo e totalmente amarelo) ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1 – Médias do peso (g) do fruto de umbuzeiro inteiro e de suas partes constituintes (casca, polpa e semente) em diferentes estágios de maturação.

Estágio de maturação	Peso (g)			
	Casca	Polpa	Semente	Fruto inteiro
Totalmente verde	27,33 a	79,33 a	12,00 a	122,00 a
Início da mudança de cor	31,33 a	72,00 a	10,67 a	122,67 a

Metade amarelo	28,67 a	77,33 a	12,00 a	130,67 a
Totalmente amarelo	27,33 a	71,33 a	10,00 a	120,67 a
Média Geral (g)	28,67	75,00	11,17	124,00
Fc	1,455	1,197	2,250	0,595
Pr>Fc	0,2979	0,3711	0,1598	0,6355
CV (%)	9,45	8,33	10,34	8,18

Fonte: Autor, 2025.

Notas: Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável Casca não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($F = 1,455$; $p = 0,2979$). Os valores médios variaram levemente, situando-se em torno de 27,33 a 31,33, sendo que o teste de comparação múltipla de médias pelo método de Tukey confirmou a ausência de diferenças significativas.

Para a variável Polpa, também não se observou efeito significativo dos tratamentos ($F = 1,197$; $p = 0,3711$). As médias da massa da polpa oscilaram entre 71,33 e 79,33, e o teste de Tukey corroborou a ausência de diferenças entre os grupos.

Para semente o valor de F foi de 2,250 ($p = 0,1598$), indicando que, apesar de uma tendência para diferenças, estatisticamente não houve efeito significativo dos tratamentos sobre esta variável. As médias de 10,00 a 12,00.

Para o peso do fruto inteiro também foi ausência de efeito significativo dos tratamentos ($F = 0,595$; $p = 0,6355$), com médias entre 120,67 e 130,67. O teste de Tukey indicou homogeneidade entre as médias dos tratamentos, confirmando que o tamanho do fruto não foi alterado significativamente.

De modo geral, a ausência de significância estatística para as quatro variáveis analisadas indica uniformidade no peso dos frutos e de suas partes estruturais entre os tratamentos avaliados, sugerindo que o processo de maturação não altera significativamente a biomassa do fruto. Essa constância de massa é coerente com estudos de Aidar *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2021), que também observaram estabilidade no peso médio de frutos de *S. tuberosa* ao longo da maturação.

Os resultados da análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, aplicados às variáveis pH, SS, ATT e RATIO, com a finalidade de avaliar diferenças entre os estágios de maturação dos frutos estimados pela coloração da casca dos frutos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios das variáveis físico-químicas (pH, SS, ATT e RATIO) de frutos de umbuzeiro em diferentes estágios de maturação.

Estágio de maturação (cor da casca)	pH	SS (°Brix)	ATT (% ácido cítrico)	RATIO (SS/ATT)
Totalmente verde	8,87 a	2,44 a	0,10 a	86,02 a
Início da mudança de cor	7,77 a	2,50 a	0,10 a	78,91 a
Metade amarelo	8,77 a	2,40 a	0,10 a	88,18 a
Totalmente amarelo	6,93 a	2,62 a	0,10 a	69,94 a
Media Geral	8,08	2,49	0,10	80,76
Fc	2,626	3,404	0,000	2,188
Pr>Fc	0,1223	0,0737	1,000	0,1672
CV (%)	12,8	3,69	7,07	11,94

Fonte: Autor, 2025.

Notas: Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável pH, observou-se uma média geral de 8,08 e coeficiente de variação (CV) de 12,08%, indicando boa precisão experimental. As médias variaram de 6,93 para frutos com casca totalmente amarelo a 8,87 para frutos com casca verde, porém, não foram estatisticamente significativas, todos os tratamentos pertenceram ao mesmo grupo homogêneo pelo teste de médias ($p = 0,1223$). Esses resultados sugerem que, ao longo do amadurecimento, o pH da polpa dos frutos se manteve estável, sem alterações expressivas na acidez livre. Tal estabilidade é incomum em frutos tropicais, que geralmente apresentam aumento de pH conforme amadurecem. (Jiménez *et al.*, 2011), o que pode estar relacionado à fisiologia do umbu e às condições edafoclimáticas do cultivo.

Não houve diferenças significativa para os valores médios de sólidos solúveis (SS) em relação ao estágio de maturação dos frutos. O valor médio geral foi de 2,49 °Brix, com variação de 2,40 °Brix em polpa de frutos com casca 50% amarela a 2,62 ° Brix em polpa de frutos com casca totalmente amarela. Embora o teste F tenha indicado valor próximo ao limiar de significância ($p = 0,0737$), indicando tendência de aumento de sólidos solúveis (SS) com o avanço da maturação, as diferenças não foram significativas ao nível de 5%.

Para a acidez titulável (AT), os resultados apresentaram média constante de 0,10% de ácido cítrico, sem variação entre os estádios de maturação ($p = 1,0000$; $CV = 7,07\%$). Isso demonstra que o conteúdo de ácidos orgânicos permaneceu praticamente inalterado. Em comparação com outros frutos do gênero *Spondia*, como o cajá e o umbu-cajá, o umbu tende a manter baixa acidez total mesmo nos estádios iniciais de desenvolvimento, o que reforça seu sabor característico agridoce e sua estabilidade química natural (Freitas *et al.*, 2024).

A variável Ratio (SS/AT), indicador de equilíbrio entre doçura e acidez, apresentou valor médio geral de 80,76% com valores oscilando de 69,93% em frutos com casca totalmente amarelo a 88,18% em frutos com casca 50% amarela. A comparação dos valores médios pelo teste de Tukey não identificou diferenças significativas entre os estádios de maturação dos umbus ($p = 0,1672$). Esse comportamento sugere que o sabor do fruto, definido pelo balanço entre açúcares e ácidos, se manteve constante ao longo do amadurecimento.

A ausência de diferenças significativas entre os frutos de casca verde e totalmente amarela, pode estar associada à homogeneidade fisiológica da amostra de frutos avaliados ou ao fato de que os estádios analisados apresentavam maturações muito próximas, dificultando a detecção de variações químicas sutis.

Esses resultados reforçam achados de estudos anteriores, como os de Silva (2015) e Rodrigues *et al.* (2024), que destacam a constância dos parâmetros físico-químicos do umbu ao longo da maturação.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados neste estudo, as características físico-químicas analisadas em frutos de umbuzeiro colhidos em área de cultivo irrigado no semiárido pernambucano, não apresentam variações significativas com a mudança da cor da casca do verde ao totalmente amarelo.

Os parâmetros do pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e a relação (SS/AT), se mantiveram estáveis entre os frutos de casca totalmente verde e totalmente amarelo.

A análise do peso dos frutos e de suas partes constituintes também permaneceu uniforme entre os estágios avaliados. Este resultado indica que a biomassa do fruto não sofre alterações substanciais conforme a mudança da cor da casca.

O uso da cor da casca definida visualmente, não é suficiente para a definição do estágio de maturação e amadurecimento do umbu.

REFERÊNCIAS

ASSAD, Maria Leonor Lopes. **Caatinga: o bioma exclusivamente brasileiro**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas (FGV), Observatório de Bioeconomia, 2024. Disponível em: <https://agro.fgv.br>.

CAVALCANTE, Valdineide Reis de Sousa; COCOZZA, Fábio del Monte; PAZ, Cristiane Domingos da; PEIXOTO, Ana Rosa; NOGUEIRA, Eliane Maria Souza; LOPO, Alexandre Bolera. A importância do umbuzeiro (**Spondias tuberosa** Arruda Cam.) na medicina popular do nordeste brasileiro: uma revisão de literatura. **Revista Cadernos Cajuína**, v. 10, n. 2, 2025. Disponível em: <https://v3.cadernoscajuina.pro.br>.

DANTAS, Thaís Lins. **Métodos de coleta de sementes e a taxa de germinação de umbu (Spondias tuberosa Arr. Câm.)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br>.

DEUS, Joel da Silva de; DONATO, Sérgio Luiz Rodrigues; PIRES, Ednei de Souza; SANTOS, Marcelo Rocha dos. Balanço nutricional simplificado em umbuzeiro cultivar BRS-68 sob estratégias de irrigação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 2, p. 1498-1514, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br>.

FREITAS, J. S. de; NOVO, A. de A.; KUNIGAMI, C. N.; MOREIRA, D. de L.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. da; JUNG, E. P.; RIBEIRO, L. de O. **Spondias tuberosa e Spondias mombin: composição nutricional, compostos bioativos, atividade biológica e aplicações tecnológicas**. **Resources**, v. 13, n. 5, p. 68, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources13050068>.

MOREIRA, Marcílio Nunes; MOREIRA, Élia Karina de Carvalho Costa; SOUZA, Iago Hudson da Silva; NETA, Maria Terezinha Santos Leite; SANDES, Rafael Donizete Dutra; MIZOBUTSI, Gisele Polete; DONATO, Sérgio Luiz Rodrigues; NARAIN, Narendra. Composição física, físico-química e propriedades bioativas de frutos de genótipos de umbuzeiro (**Spondias tuberosa** Arruda) provenientes do sudoeste da Bahia. **Revista Cadernos de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 22, n. 4, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n4>. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br>.

RODRIGUES, Edileide Natália da Silva. **Fisiologia da maturação e metabolismo de parede celular de frutos de acessos de umbuzeiro**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024. Orientadora: Silvanda de Melo Silva. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br>.

SÁ, Antonia Alikeane de; SOUSA, Caíque Rodrigues de Carvalho. Biodiversidade e conservação da caatinga: um desafio para a ciência. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56083/RCV4N12-258>.

SIQUEIRA, Edmilson Clarindo de. O bioma caatinga e “a insustentável leveza de ser”: uma abordagem conservacionista com estudantes do ensino médio usando a literatura de cordel. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 10, e131131047203, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i10.47203>.

SILVA, Antônio F. da; SILVA, Silvanda M.; RODRIGUES, Antonio A. M.; SANTOS, Leonardo da S.; TEODOSIO, Albert E. M. de M.; ALVES, Ricardo E.; BATISTA, Fabiane R. da C. Fisiologia e qualidade durante a maturação de frutos de genótipos do umbuzeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 38, e11893, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38n11893rc>. Disponível em: <https://scielo.br>.

JIMÉNEZ, A., Sierra, C., Rodríguez-Pulido, F., González-Miret, M., Heredia, F., & Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International*, 44, 1912-1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>.

SOUSA, Ana Karoline Lopes de; OLIVEIRA, Karla Nayane Ribeiro de; LOBATO, Lyvia de Moraes; CARVALHO, Aline Roseiro; SILVA, Brenno Mendes da; BARROS, Shirley Alves de Freitas Strafacci Pevidor de. Transformações bioquímicas envolvidas no processo de amadurecimento das frutas. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 9, p. 1–10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.9-412>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com>.

MERTENS, J., Almeida-Cortez, J., Germer, J., & Sauerborn, J. (2015). Umbuzeiro (*Spondias*

Tuberosa): a systematic review. , 179-197. <https://doi.org/10.5327/z2176-947820151006>.

SOUZA, Bruno Moreira de; COSTA NETO, Eraldo Medeiros. Uso histórico da raiz do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm., Anacardiaceae) no semiárido nordestino. **Revista Ouricuri**, v. 15, n. 1, p. 3–23, jan. 2025. DOI: <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol15.i1.a19559>. Disponível em: <https://revistas.uneb.br>.

VIEIRA, Maria Isabela Cavalcante; TAVARES, Francisca Jéssica Costa; PINHEIRO, Lucas Farias; SAMPAIO, Valéria da Silva; LUCENA, Eliseu Marlônio Pereira de. Alterações físico-químicas durante o crescimento dos frutos da ubaia-azedada / Physicochemical changes during ubaia-azedada fruit growth. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-326>. Disponível em: <https://brazilianjournals.com.br>.

RODRIGUES, N.; DA COSTA SOUZA, A.; DE OLIVEIRA, C.; DE CARVALHO, M.; DE LIMA, B.; DE CÁSSIA COELHO DE ALMEIDA AKUTSU, R.; DE LANA, V.; RAPOSO, A.; SARAIVA, A.; HAN, H.; DE CARVALHO, I. *Nutritional and biological attributes of Spondias tuberosa (Umbu) fruit: An integrative review with a systematic approach*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 130, p. 106196, 2024.

SANTOS, H.; MIZOBUTSI, G. P.; PINHEIRO, J. M.; NETO, J. P. B.; CASTRICINI, A.; ASPIAZÚ, I.; DA CRUZ, C. M. A.; SOUSA, I. S.; JESUS, M. S.; AGUIAR, F. A. *Physical and Chemical Characterization of Fruits of Different Umbu (Spondias tuberosa) Accesses*. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 223–232, 2019.

SANTOS, N.; DE SALES SILVA, J.; DE ALMEIDA ARAÚJO, C.; LIMA, K.; SILVA, F. *Caracterização da conservação refrigerada do umbu (Spondias tuberosa Arruda Câmara) sob atmosfera modificada*. **Diversitas Journal**, v. 5, p. 693–704, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – Métodos físico-químicos para análise de alimentos edição IV. São Paulo 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf.

SILVA, A. F. *Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante durante a maturação de frutos de genótipos do umbuzeiro*. Areia-PB: Universidade Federal da Paraíba, 2015.

XAVIER, M. R. *Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (Spondias tuberosa Arr. Cam.) em diferentes genótipos*. Recife: UFRPE, 2019.

SANTOS, E.; PEREIRA, E.; MENDES, D.; PARAÍZO, E.; DUARTE, A.; PESSOA, H.; FIGUEIREDO, J. *Extension of umbu (Spondias tuberosa Arruda) postharvest life using a cassava starch-based coating*. *Agronomía Colombiana*, v. 39, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n2.94028>.

AIDAR, S.; CHAVES, A.; LIMA, M.; ARAÚJO, F. *Fenologia, produção e características químicas dos frutos de acessos de umbuzeiro (Spondias tuberosa Arruda) em Petrolina, PE*. 2021.