



Governo do Estado do Piauí
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Campus Alexandre Alves de Oliveira
Curso de Engenharia Agrônômica



**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE ACEROLEIRA
(*Malpighia emarginata* D.C.) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO
PROVENIENTES DE ACESSOS MEIO-IRMÃOS**

ALEX CARNEIRO DA SILVA

Parnaíba, PI
2025

Governo do Estado do Piauí
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Campus Alexandre Alves de Oliveira
Curso de Engenharia Agrônômica

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE ACEROLEIRA
(*Malpighia emarginata* D.C.) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO
PROVENIENTES DE ACESSOS MEIO-IRMÃOS**

Alex Carneiro da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca
Examinadora da Universidade Estadual do Piauí para
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Adriano da Silva Almeida

Parnaíba, PI
2025

S586c Silva, Alex Carneiro da.

Caracterização física e físico-química de frutos de aceroleira (Malpighia emarginata D.C.) em diferentes estádios de maturação provenientes de acessos meio-irmãos / Alex Carneiro da Silva. - 2025.

40 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Estadual do Piauí-UESPI, Bacharelado em Engenharia Agrônômica, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, Parnaíba-PI, 2025.

"Orientador: Prof. Dr. Adriano da Silva Almeida".


1. Malpighia emarginata D.C. 2. Qualidade. 3. Vitamina C. I. Almeida, Adriano da Silva . II. Título.

CDD 634


FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Comissão Julgadora do Trabalho de Conclusão de Curso para a conclusão da Graduação em Engenharia Agrônômica, apresentada à Universidade Estadual do Piauí, em 23/06/2025.


Comissão examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO DA SILVA ALMEIDA**
Data: 27/06/2025 08:40:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adriano da Silva Almeida
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **AURINETE DAIENN BORGES DO VAL**
Data: 28/06/2025 20:08:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Aurinete Daienn Borges do Val
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
1º Avaliador (a)

Documento assinado digitalmente
 **MELISSA ODA SOUZA**
Data: 27/06/2025 13:56:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Melissa Oda Souza
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
2º Avaliador (a)

Ao Autor da vida e Mestre do conhecimento,
dedico esta obra, grato pela sabedoria e luz. À
minha família, base e porto seguro. Aos amigos,
pela parceria e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, que, em sua infinita bondade, me deu forças e suporte para enfrentar as adversidades encontradas ao longo do caminho.

Aos meus pais, Luzia de Brito Carneiro e Francisco Célio da Silva, meus maiores incentivadores, que, mesmo com a distância, sempre se fizeram presentes ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu irmão Ronnier Carneiro e à minha cunhada Luana Costa, que são fonte de inspiração para mim não somente como profissionais das ciências agrárias, mas como seres humanos.

À minha namorada, amiga e companheira, Maria Luiza, minha gratidão por todo o incentivo, por sempre me encorajar e por acreditar no meu potencial.

Aos meus amigos Carlos Eduardo, Whagamys, Aleff Silveira, Stephany Marques e tantos outros que tornaram essa jornada da graduação mais leve, por meio de risadas, conselhos e trocas de experiências.

Aos amigos João Pedro, Edinaele, Derick e Bianca, que foram de extrema importância para a execução deste trabalho, fazendo-se presentes desde a colheita dos frutos até as atividades em laboratório.

Minha profunda gratidão ao meu orientador, professor Dr. Adriano Almeida, por toda a paciência, disponibilidade e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho, e à professora Dra. Melissa Oda, pela valiosa contribuição na análise estatística.

Ademais, agradeço a todos os professores que se dedicaram a transmitir seus conhecimentos ao longo da minha formação.

Por fim, meu reconhecimento e agradecimento à Universidade Estadual do Piauí, pela estrutura, suporte e oportunidades ofertadas ao longo da minha trajetória acadêmica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Origem, descrição botânica e aspectos morfológicos da cultura	15
3.2 Importância socioeconômica da cultura.....	16
3.3 Melhoramento genético e variedades.....	17
3.4 Atributos de qualidade físico-químicos para frutos verdes e maduros	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Local de coleta e identificação do estágio de maturação	21
4.2 Avaliações pós-colheita	23
4.3 Análise estatística.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Plantas utilizados para obtenção dos frutos.....	23
Tabela 2. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando 15 plantas (Verde) e 14 plantas (maduras) de acerola.....	26
Tabela 3. Correlação entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas nos frutos das plantas de acerola verde e maduras	27
Tabela 4. Médias dos clusters formados pelos frutos de 15 plantas de aceroleira colhidas verde	30
Tabela 5. Médias dos clusters formados pelos frutos de 14 plantas de aceroleira colhidas maduras	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui do pomar de aceroleira da Faculdade de Ciências Agrárias de Parnaíba.	21
Figura 2. Contribuição (%) das variáveis estudadas nas acerolas verdes	27
Figura 3. Contribuição (%) das variáveis estudadas nas acerolas maduras	28
Figura 4. Biplot (acerolas verdes)	29
Figura 5. Biplot (acerolas maduras)	29
Figura 6. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) para frutos de 15 plantas utilizando a acerola colhida verde.....	30
Figura 7. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) para frutos de 14 plantas utilizando a acerola colhida madura	32

RESUMO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma frutífera tropical com elevado valor nutricional, destacando-se pelo teor de vitamina C. Este estudo objetivou avaliar as características físicas e físico-químicas de frutos de 15 plantas de 7 acessos em dois estádios de maturação (verde e maduro), cultivados na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Piauí. Foram analisadas variáveis como massa, comprimento, diâmetro, vitamina C, acidez, pH, sólidos solúveis (SS), SS/AT e RATIO (Vit C/SS), por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) e agrupamento via UPGMA. Para os frutos verdes, as plantas G10B1A5, G10B1A1, G8B1A3 e G7B1A1 associaram-se às variáveis físicas e de SS, enquanto G5B2A5, G7B1A2, G8B1A2 e G2B1A3 destacaram-se pelo alto teor de vitamina C, pH e RATIO. Entre os maduros, os frutos das plantas G10B1A1, G2B1A1, G8B1A3 e G5B2A5 apresentaram maior massa e diâmetro, enquanto G7B1A2, G8B1A2 e G2B1A3 destacaram-se por vitamina C, RATIO, SS e acidez. A formação de três grupos distintos, em ambos os estádios de maturação, permitiu identificar plantas com potencial diferenciado. Os dados obtidos evidenciaram o destaque, de modo geral, dos grupos G1 e G2. O grupo G1 se sobressaiu entre os frutos verdes, com maiores teores de vitamina C, RATIO e pH. Já o grupo G2 se destacou entre os frutos maduros, apresentando melhor relação SS/AT e menor acidez, características desejáveis tanto para a indústria quanto para o consumo *in natura*.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D.C., Qualidade e Vitamina C.

ABSTRACT

The acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) is a tropical fruit tree with high nutritional value, notable for its vitamin C content. This study aimed to evaluate the physical and physicochemical characteristics of fruits from 15 plants of 7 accessions at two ripening stages (green and ripe), cultivated at the Faculty of Agricultural Sciences of the State University of Piauí. Variables such as mass, length, diameter, vitamin C, acidity, pH, soluble solids (SS), SS/TA, and RATIO (Vit C/SS) were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) and UPGMA clustering. For green fruits, plants G10B1A5, G10B1A1, G8B1A3, and G7B1A1 were associated with physical and SS variables, while G5B2A5, G7B1A2, G8B1A2, and G2B1A3 stood out for their high vitamin C content, pH, and RATIO. Among ripe fruits, fruits from plants G10B1A1, G2B1A1, G8B1A3, and G5B2A5 showed greater mass and diameter, while G7B1A2, G8B1A2, and G2B1A3 stood out for vitamin C, RATIO, SS, and acidity. The formation of three distinct groups at both ripening stages allowed for the identification of plants with differentiated potential. The data obtained generally highlighted groups G1 and G2. Group G1 excelled among green fruits, with higher levels of vitamin C, RATIO, and pH. Group G2, on the other hand, stood out among ripe fruits, presenting a better SS/TA ratio and lower acidity, desirable characteristics for both industry and fresh consumption.

Keywords: *Malpighia emarginata* D.C., Quality e Vitamin C.

1. INTRODUÇÃO

Natural das Ilhas Caribenhas, América Central e norte da América do Sul a aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma frutífera introduzida em território brasileiro no estado de Pernambuco a partir da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em 1995, por meio de sementes provenientes de Porto Rico, disseminando-as para todo o nordeste e demais regiões do país (Ritzinger; Ritzinger, 2011).

De acordo com dados do IBGE (2017), a acerola é cultivada em 5.753 hectares em todo o Brasil, com uma produção total de 60.966 toneladas de frutos. A região Nordeste se destaca nesse cenário, concentrando cerca de 72,12% da produção nacional. Pernambuco lidera a lista, com 21.351 toneladas, seguido por Ceará (7.558 toneladas), Sergipe (5.427 toneladas), Paraíba (4.925 toneladas) e Piauí (4.690 toneladas). Juntos estes estados detêm cerca de 72,12% da produção nacional de acerola.

A produção de acerola tem ganhado notoriedade no cenário nacional e mundial, principalmente das suas características nutricionais e farmacêuticas. A fruta se destaca pelo seu alto teor de ácido ascórbico e a presença significativa de carotenoides e antocianinas. Por essas propriedades a acerola mostra-se uma fonte valiosa de nutrientes, reunindo um conjunto essencial de vitaminas, como a vitamina C, a vitamina A e as do complexo B, além de minerais importantes (Corrêa *et al.*, 2017; Ritzinger *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2014).

A diversidade em pomares heterogêneos é essencial para identificar características agronômicas desejáveis em plantas de alto desempenho, com o objetivo de cloná-las e estabelecer padrões de qualidade para a industrialização. Assim, a seleção de genótipos superiores é fundamental e representa a estratégia mais eficiente para atender às necessidades do mercado por variedades melhoradas no processo de desenvolvimento de plantas (Lima *et al.*, 2014).

Segundo Matsuura *et al.* (2001), as propriedades físicas e químicas da acerola em diferentes estágios de maturação têm sido bastante estudadas, tendo em vista a relação ao teor de ácido ascórbico (vitamina C) e entre as frutas tropicais, a acerola se destaca por ser uma das mais ricas nesse nutriente. Entretanto, estudar essas propriedades nem sempre é simples, pois características como o teor de vitamina C, a cor, o peso, o tamanho do fruto, o teor de sólidos solúveis e o pH do suco são influenciadas não apenas pela diversidade genética das plantas, mas também por fatores externos, como chuvas, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a presença de pragas e doenças.

Para França e Narain (2003), diferentes estádios de maturação do fruto possuem influência direta em suas características físicas e químicas. Diante disso, evidencia-se a relevância da análise físico-química realizada nos frutos em seus diversos estádios de maturação, com o objetivo de otimizar o aproveitamento do fruto, tendo em vista que o ponto de colheita é determinado principalmente pela finalidade a que se destina a produção.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as características físicas e físico-químicas de frutos de plantas meio irmãs oriundos de diferentes acessos de aceroleira.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar os teores de sólidos solúveis, acidez total, pH, relação SS/AT, Vitamina C e RATIO (Vit C/SS) dos frutos de plantas meio irmãs em dois estádios de maturação;
- Comparar as variáveis físicas e físico-químicas dos acessos de aceroleira em dois estádios de maturação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origem, descrição botânica e aspectos morfológicos da cultura

Popularmente conhecida como cereja-das-antilhas, a aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma frutífera amplamente difundida nas regiões tropicais e subtropicais, tendo como centro de origem as Ilhas do Caribe, América Central e norte da América do Sul, esta cultura encontrou em territórios brasileiros um ambiente favorável para seu pleno desenvolvimento e cultivo de forma comercial (Ritzinger *et al.*, 2018; Sazan *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2017;).

No Brasil, a produção tem início em meados da década de 1950, quando propágulos foram importados de Porto Rico e introduzidos através da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na região do submédio Vale do São Francisco, impulsionado pelo o alto teor de vitamina C presente nos frutos houve um crescimento exponencial do número de pomares de aceroleira na região, entretanto, estes apresentavam ainda uma alta taxa de heterogeneidade postergando o início de fato do cultivo comercial em larga escala que aconteceu somente no findar das décadas de 80 e 90 (Ritzinger *et al.*, 2018).

A classificação botânica da acerola ainda apresenta divergências. Os nomes *Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L. e *Malpighia emarginata* D.C. são frequentemente utilizados para designar a espécie. No entanto, estudos realizados no Herbário de Linnaeus, entre outras fontes, indicam que *Malpighia glabra* e *Malpighia puniceifolia* correspondem à mesma espécie, a qual apresenta frutos pequenos, com pouco sabor e baixo teor de suco, sendo diferentes da acerola cultivada comercialmente (Oliveira *et al.*, 2003).

De acordo com Souza *et al.* 2017, em 1946, a partir da constatação dos altos teores de ácido ascórbico presentes na acerola, a cultura despertou o interesse de países como Estados Unidos e Porto Rico que passaram a cultivá-la de forma comercial.

A aceroleira é um arbusto que pode ter tamanho pequeno ou atingir porte médio; possui caule lenhoso, podendo ser do tipo único ou com ramificações. Além disso, exibe diferentes tipos de copa, o que ocorre devido à ampla variabilidade genética presente na cultura (Manica *et al.*, 2003; Ritzinger e Ritzinger, 2011). Suas folhas têm tonalidades verde-brilhante na face adaxial e verde opaco na face abaxial, e suas raízes podem se aprofundar em até 1 metro (Calgaro e Braga, 2012).

As flores presentes na planta são hermafroditas e podem ser encontradas em cachos ou de isoladas nas axilas dos ramos, suas pétalas apresentam variação quanto à coloração, variando entre tons brancos e rosas, a polinização da cultura é dependente de insetos do gênero *Apis spp.* e *Centris spp.* (Ritzinger e Ritzinger, 2011; Calgaro e Braga, 2012; Sazan *et al.*, 2014).

Os frutos da aceroleira são do tipo drupa, tricarpeles e climatéricos, apresentam epicarpo fino, mesocarpo carnoso e endocarpo aderido a três sementes com formato triangular, com o peso pode variando de 3 a 15 gramas (Ritzinger e Ritzinger, 2011). De acordo com Lopes e Paiva (2002); Moura *et al.* (2007), os frutos completam seu desenvolvimento após cerca de 21 a 32 dias após a polinização.

3.2 Importância socioeconômica da cultura

A aceroleira é amplamente cultivada a nível comercial ao redor do mundo, principalmente nos países da América como Porto Rico, Havaí, Jamaica e Brasil, que desponta como o principal país produtor, consumidor e exportador da fruta e dos seus subprodutos, a região Nordeste é líder em produção nacional, seguida pelo estado de São Paulo (Sazan *et al.*, 2014).

A fruticultura é uma das vertentes do agronegócio brasileiro que tem ganhado notoriedade no cenário mundial, o Brasil é considerado o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas de potências como China e Índia, com a previsão de incremento de 25% nas exportações para os próximos anos, entre as principais frutas produzidas destaca-se a acerola, em razão do seu alto teor de ácido ascórbico (Furlaneto e Nasser, 2015; SEBRAE, 2015).

A acerola configura-se como uma alternativa comercial altamente viável no mercado frutícola. O contínuo crescimento de sua produção justifica a realização de novos projetos e pesquisas voltados ao desenvolvimento de produtos a partir dessa matéria-prima, cujas principais formas de consumo concentram-se na fruta *in natura* e na polpa. Entre os produtos derivados em expansão, destacam-se, na indústria de cosméticos, o surgimento de xampus, cremes e sabonetes (Lima *et al.*, 2012; Ritzinger; Ritzinger, 2011).

O consumo dessa fruta tem apresentado crescimento no mercado interno, gerando perspectivas promissoras para a comercialização nacional. No entanto, uma parcela da produção brasileira de acerola é destinada à exportação, sendo enviada *in natura* ou

processada para países como Japão, Estados Unidos e nações da Europa (Silveira; Rossi; Peche, 2022).

O estado do Piauí, especialmente por meio do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos (DITALPI), destaca-se como polo de produção de acerola orgânica no Nordeste, com produção estimada em 4 mil toneladas por ano e movimentação de cerca de R\$12 milhões (IBGE, 2019; Figueredo, Sousa e Santos Filho, 2020). Localizado na região norte do estado, o DITALPI é um projeto agroindustrial baseado na irrigação, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável (DNOCS, 2021).

De acordo com dados de Milindro *et al.* (2019) o DITALPI conta com uma área de 240 hectares dedicados à produção de acerola orgânica, com cerca de 40 produtores que exploram a cultura por meio do sistema de produção. Nessas condições, é possível a realização de 10 a 12 colheitas anuais, evidenciando o potencial produtivo da região.

A escolha pelo cultivo da acerola orgânica deve-se, principalmente, às características da fruta, típica de regiões tropicais, que apresenta propriedades nutricionais e funcionais altamente valorizadas pela indústria farmacêutica. Essa demanda específica tem impulsionado tanto a produção quanto o consumo, contribuindo para a consolidação da cultura dentro do distrito (Araújo e Carvalho, 2014).

As acerolas cultivadas pelos irrigantes visam suprir a duas principais demandas: a indústria de polpas de frutas congeladas, que utiliza os frutos em estágio de maturação avançado como matéria-prima, e o setor farmacêutico, que demanda frutos ainda verdes, devido à maior concentração de vitamina C nesse estágio de desenvolvimento (Milindro *et al.*, 2019).

3.3 Melhoramento genético e variedades

No ano de 1992, teve início, no Brasil, o programa de melhoramento genético da aceroleira, sob a condução da Embrapa Semiárido, com a finalidade de promover a introdução, caracterização, seleção e difusão de genótipos superiores, devidamente adaptados às condições edafoclimáticas do Submédio do Vale do São Francisco (Souza *et al.*, 2017).

De acordo com Lima *et al.*, (2015) e Cunha Neto (2012), os programas de melhoramento voltados à cultura da aceroleira possibilitaram a identificação de genótipos com características agronômicas superiores, bem como com atributos físicos e físico-

químicos desejáveis nos frutos. Tal avanço é de grande relevância, considerando que os pomares comerciais são, com frequência, implantados com materiais genéticos não identificados e de origem incerta, o que compromete a uniformidade das plantas e dos frutos (Moraes Filho *et al.*, 2013).

As variedades de aceroleira são classificadas com base nas propriedades sensoriais dos frutos, especialmente quanto ao sabor, sendo agrupadas em cultivares de tipo doce ou ácido. As cultivares de sabor ácido, por apresentarem maior teor de vitamina C, são preferencialmente destinadas ao processamento industrial. Por outro lado, as variedades de sabor doce são mais adequadas ao consumo *in natura*, devido à sua palatabilidade mais suave e aceitável ao consumidor (Kill *et al.*, 2023; Sazan *et al.*, 2014; Silveira; Rossi; Peche, 2022).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no ano de 2013, estavam registradas 14 cultivares de aceroleira, todas caracterizadas como “variedades monoclonais”, oriundas do processo de seleção, clonagem e avaliação de plantas individuais (Souza *et al.*, 2013). A obtenção dessas cultivares foi possível, em parte, graças à análise da variabilidade genética observada entre plantas originadas de sementes (Ritzinger e Ritzinger, 2011).

Para Magalhães *et al.* (2018), os programas de melhoramento genético consistem na seleção de indivíduos que apresentem características consideradas superiores, com o objetivo de concentrar atributos de interesse comercial e econômico. Esses atributos englobam desde a adaptação das plantas às condições climáticas da região de cultivo até a produção de frutos com composição nutricional desejável.

3.4 Atributos de qualidade físico-químicos para frutos verdes e maduros

De acordo com Belwal *et al.* (2018), diversos produtos comerciais à base de acerola têm sido utilizados como suplementos alimentares, com o propósito de potencializar a resposta imunológica, elevar a capacidade antioxidante do organismo e suprir demandas nutricionais específicas. Para Caetano, Daiuto e Vieites (2012), o elevado teor de β -caroteno presente na acerola, aliado ao seu alto conteúdo de vitamina C, confere ao fruto notável relevância do ponto de vista nutricional.

Para Prakash e Baskaran (2018), além de ser uma excelente fonte de ácido ascórbico, a acerola se destaca por sua rica composição em fitonutrientes, como

carotenóides, fenólicos, flavonoides e antocianinas. Santos *et al.* (2020) justificam a transformação da acerola em produtos processados, uma vez que esse processo possibilita a absorção de grande parte da produção, permitindo o consumo do fruto ao longo de todo o ano.

O grande interesse na produção de acerola está diretamente relacionado com os elevados teores de ácido ascórbico presentes na fruta, essa descoberta foi feita na década de 1940, provocando um grande interesse da indústria pela cultura (Souza *et al.*, 2017). A partir dessa perspectiva, o melhoramento genético passou a selecionar clones de aceroleira visando a obtenção de frutos com ainda mais altos teores de vitamina C e antocianinas (Cunha Neto *et al.*, 2012).

De acordo com Urbano *et al.*, (2011), a polpa da acerola apresenta uma quantidade impressionante de vitamina C, variando de 1.000 a 5.000 mg por 100 g. Essa vitamina desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e na manutenção do organismo humano.

Souza *et al.*, (2013) ressaltam que os frutos imaturos da aceroleira são particularmente ricos em vitamina C, podendo atingir até 4.000 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa. Em comparação, as laranjas contêm em média apenas 60 mg de vitamina C por 100 g, o que torna a acerola uma fonte natural excepcional dessa vitamina essencial.

A atividade agroindustrial de processamento de polpas de frutas desempenha um papel significativo, uma vez que agrega valor econômico à fruta, reduz o desperdício e minimiza as perdas. Um dos principais benefícios da industrialização da polpa de fruta é a possibilidade de disponibilizar frutas de diferentes regiões para consumo em todo o país (Urbano *et al.*, 2011).

As polpas de frutas congeladas, por sua vez, são amplamente aceitas no mercado devido à preservação das características organolépticas dos frutos. Além disso, elas são utilizadas como matéria-prima na produção de uma variedade de produtos industriais (Sebastiany *et al.*, 2009).

Em razão da alta perecibilidade dos frutos a agroindústria tem buscado alternativas para conservação a fim de garantir ao consumidor final um produto de alta qualidade. Para Neves (2009) o congelamento da acerola em forma de polpa destaca-se como um dos principais métodos de conservação para a acerola, uma vez que mantém os altos teores de antocianinas e carotenóides, pigmentos antioxidantes, que são responsáveis pela coloração avermelhada dos frutos.

Adriano; Leonel e Evangelista (2011) destacam que os principais pigmentos presentes em produtos de origem vegetal são a clorofila, os carotenóides e as antocianinas, os quais estão relacionados às cores e às propriedades funcionais dos frutos. Segundo Neves (2009), apesar de frutos com coloração vermelha e amarela apresentarem teores nutricionais e características físico-químicas semelhantes, observa-se uma preferência dos consumidores por frutos de coloração vermelha.

A relação entre sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) constitui um importante indicador da qualidade sensorial em frutos de acerola, sendo amplamente utilizada na avaliação do sabor e na seleção da matéria-prima destinada ao processamento industrial. Além desse parâmetro, o teor de ácido ascórbico é considerado uma referência de qualidade, sendo exigido um valor mínimo de 1.200 mg por 100 g de polpa (Estevam *et al.*, 2018).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de coleta e identificação do estágio de maturação

A primeira etapa do presente trabalho, teve início com a colheita dos frutos, esta foi realizada no banco de germoplasma da espécie que está situado na Faculdade de Ciências Agrárias de Parnaíba – FCA, pertencente a Universidade Estadual do Piauí – UESPI. O pomar em questão corresponde a uma área de 0,3 hectares, e abrange cerca de 11 acessos de acerola (BRS 235 – Apodi, BRS 366 – Jaburu, Flor Branca, CL 236, CL 235, CL 38, CL 20, CL 73, CL 38, CL 14, CL 12).

R1					R4				
L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1		
G9 - B1A1	G8 - B1A1	G2 - B1A1	G7 - B1A1	G3 - B4A1	G9 - B4A1	G10 - B4A1	G1 - B4A1		
G9 - B1A2	G8 - B1A2	G2 - B1A2	G7 - B1A2	G3 - B4A2	G9 - B4A2	G10 - B4A2	G1 - B4A2		
G9 - B1A3	G8 - B1A3	G2 - B1A3	G7 - B1A3	G3 - B4A3	G9 - B4A3	G10 - B4A3	G1 - B4A3		
G9 - B1A4	G8 - B1A4	G2 - B1A4	G7 - B1A4	G3 - B4A4	G9 - B4A4	G10 - B4A4	G1 - B4A4		
G9 - B1A5	G8 - B1A5	G2 - B1A5	G7 - B1A5	G3 - B4A5	G9 - B4A5	G10 - B4A5	G1 - B4A5		
G3 - B1A1	G4 - B1A1	G10 - B1A1	G1 - B1A1	G11 - B4A1	G8 - B4A1	G6 - B4A1	G5 - B4A1		
G3 - B1A2	G4 - B1A2	G10 - B1A2	G1 - B1A2	G11 - B4A2	G8 - B4A2	G6 - B4A2	G5 - B4A2		
G3 - B1A3	G4 - B1A3	G10 - B1A3	G1 - B1A3	G11 - B4A3	G8 - B4A3	G6 - B4A3	G5 - B4A3		
G3 - B1A4	G4 - B1A4	G10 - B1A4	G1 - B1A4	G11 - B4A4	G8 - B4A4	G6 - B4A4	G5 - B4A4		
G3 - B1A5	G4 - B1A5	G10 - B1A5	G1 - B1A5	G11 - B4A5	G8 - B4A5	G6 - B4A5	G5 - B4A5		
G5 - B1A1	G11 - B1A1	G6 - B1A1		G7 - B4A1	G4 - B4A1	G2 - B4A1			
G5 - B1A2	G11 - B1A2	G6 - B1A2		G7 - B4A2	G4 - B4A2	G2 - B4A2			
G5 - B1A3	G11 - B1A3	G6 - B1A3		G7 - B4A3	G4 - B4A3	G2 - B4A3			
G5 - B1A4	G11 - B1A4	G6 - B1A4		G7 - B4A4	G4 - B4A4	G2 - B4A4			
G5 - B1A5	G11 - B1A5	G6 - B1A5		G7 - B4A5	G4 - B4A5	G2 - B4A5			
R2					R3				
G4 - B2A1	G5 - B2A1	G7 - B2A1	G2 - B2A1	G10 - B4A1	G3 - B4A1	G4 - B4A1	G5 - B4A1		
G4 - B2A2	G5 - B2A2	G7 - B2A2	G2 - B2A2	G10 - B4A2	G3 - B4A2	G4 - B4A2	G5 - B4A2		
G4 - B2A3	G5 - B2A3	G7 - B2A3	G2 - B2A3	G10 - B4A3	G3 - B4A3	G4 - B4A3	G5 - B4A3		
G4 - B2A4	G5 - B2A4	G7 - B2A4	G2 - B2A4	G10 - B4A4	G3 - B4A4	G4 - B4A4	G5 - B4A4		
G4 - B2A5	G5 - B2A5	G7 - B2A5	G2 - B2A5	G10 - B4A5	G3 - B4A5	G4 - B4A5	G5 - B4A5		
G3 - B2A1	G8 - B2A1	G11 - B2A1	G1 - B2A1	G7 - B4A1	G1 - B4A1	G9 - B4A1	G2 - B4A1		
G3 - B2A2	G8 - B2A2	G11 - B2A2	G1 - B2A2	G7 - B4A2	G1 - B4A2	G9 - B4A2	G2 - B4A2		
G3 - B2A3	G8 - B2A3	G11 - B2A3	G1 - B2A3	G7 - B4A3	G1 - B4A3	G9 - B4A3	G2 - B4A3		
G3 - B2A4	G8 - B2A4	G11 - B2A4	G1 - B2A4	G7 - B4A4	G1 - B4A4	G9 - B4A4	G2 - B4A4		
G3 - B2A5	G8 - B2A5	G11 - B2A5	G1 - B2A5	G7 - B4A5	G1 - B4A5	G9 - B4A5	G2 - B4A5		
G6 - B2A1	G10 - B2A1	G9 - B2A1		G8 - B4A1	G6 - B4A1	G11 - B4A1			
G6 - B2A2	G10 - B2A2	G9 - B2A2		G8 - B4A2	G6 - B4A2	G11 - B4A2			
G6 - B2A3	G10 - B2A3	G9 - B2A3		G8 - B4A3	G6 - B4A3	G11 - B4A3			
G6 - B2A4	G10 - B2A4	G9 - B2A4		G8 - B4A4	G6 - B4A4	G11 - B4A4			
G6 - B2A5	G10 - B2A5	G9 - B2A5		G8 - B4A5	G6 - B4A5	G11 - B4A5			
LEGENDA: G3 - FLOR BRANCA G2 - CL 235 G11 - CL 33 G7 - CL 14 G5 - CL 73 G9 - BRS 235 G8 - CL 236 G4 - CL 20 G10 - BRS 366 G6 - CL 12									

Figura 1. Croqui do pomar de aceroleira da Faculdade de Ciências Agrárias de Parnaíba.

As plantas encontravam-se em plena produção, e os frutos foram selecionados quanto à uniformidade de maturação sendo agrupados, conforme a coloração dos frutos, nos estádios de maturação verde (verde intenso) e maduras (vermelho). No campo, as plantas foram demarcadas e observadas o início da floração para acompanhamento do processo de maturação até atingir os estádios descritos anteriormente.

Os frutos foram colhidos manualmente no início da manhã e separados de acordo com o estágio de maturação, em cada planta foram coletados de forma aleatória aproximadamente 400 g de frutos nos diferentes estádios de maturação, em seguida acondicionados em caixas de colheita e posteriormente transportadas imediatamente até o Laboratório.

Os frutos de aceroleira utilizados nesse estudo foram obtidos das seguintes plantas meio irmãs:

Tabela 1. Plantas utilizadas para obtenção dos frutos.

Frutos verdes	Frutos maduros
Plantas	Plantas
G2B1A1	G2B1A1
G2B1A3	G2B1A3
G3B1A1	G3B1A1
G5B2A5	G5B2A5
G7B1A1	G7B1A1
G7B1A2	G7B1A2
G8B1A1	G8B1A1
G8B1A2	G8B1A2
G8B1A3	G8B1A3
G8B1A5	G9B1A1
G9B1A1	G9B1A3
G9B1A3	G9B1A5
G9B1A5	G10B1A1
G10B1A1	G10B1A5
G10B1A5	

4.2 Avaliação pós-colheita

As análises dos frutos foram realizadas no Laboratório de Química da UESPI, Campus de Parnaíba PI. Ao chegar ao Laboratório, os frutos foram submetidos às análises físicas (massa, comprimento, diâmetro) e logo após, foram congelados para análise físico-química. Para as análises físicas foram utilizados 25 frutos escolhidos ao acaso.

Para a aferição dos parâmetros físicos:

Massa: Utilizou-se uma balança analítica, o peso da massa total do fruto foi determinado individualmente com os resultados expressos em gramas.

Comprimento e diâmetro: Para a aferição do comprimento e do diâmetro utilizou-se um paquímetro digital, com precisão de 0,1 mm, com os resultados expressos em mm.

Para a mensuração do diâmetro, fixou-se á uma das faces do paquímetro numa reentrância formada pela união de dois lóbulos do fruto e a outra na metade do lóbulo oposto, no sentido transversal. Já o comprimento foi medido fixando-se as duas faces do paquímetro em uma das reentrâncias no sentido longitudinal do fruto, tomando como base o seu pedúnculo.

Para a aferição dos parâmetros físico-químicos:

Para as análises físico-químicas os frutos foram descongelados e processados utilizando uma centrífuga doméstica visando a obtenção da polpa, utilizando 400 gramas.

pH: O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido diretamente na polpa, logo após processamento, utilizando-se um potenciômetro com membrana de vidro, aferido com tampões de pH 4 e 7.

Acidez Titulável (AT): Esta foi obtida a partir da diluição de 1 g de polpa em 50 mL de água destilada com solução de NaOH (0,1 N) e expressa em percentagem de ácido málico, seguindo a metodologia do IAL (1985).

Sólidos Solúveis (SS): A mensuração ocorreu seguindo a metodologia recomendada pela AOAC (1995), mediante a filtração da polpa em papel de filtro, a leitura foi realizada em (°Brix) com o auxílio de um refratômetro digital com escala variando de 0 a 45 °Brix.

SS/AT: Esta foi obtida a partir da relação entre as duas análises (SS e AT);

RATIO: Foi obtida através da relação entre Vitamina C e sólidos solúveis (SS).

Vitamina C Total: O teor de vitamina C (mg/100g) foi analisado titulometricamente com solução de DFI (2,6 dicloro fenol indofenol 0,02 %) até alcançar uma coloração levemente rosa, utilizando uma alíquota de 4,0 mL proveniente de 1 g de polpa diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning (1967).

4.3 Análise estatística

As variáveis massa (g), comprimento (mm), diâmetro (mm), vitamina C (mg/100g), Acidez (%), pH, sólidos solúveis (°Brix), SS/AT e RATIO (Vit C/SS) foram submetidas às análises:

- Componentes Principais (ACP) (Jolliffe, 1986)
- Agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA (Unweighted Pair-Group Average).

A análise dos resultados na ACP se baseou na representação gráfica (Biplot) relativa aos eixos dos componentes, considerando o parâmetro Cos^2 , indicador da Qualidade de representação, e simultaneamente as contribuições (%) que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável. Variáveis que estão correlacionadas com CP1 e CP2 são as mais importantes para explicar a variabilidade no conjunto de dados e possuem altos valores de Cos^2 e contribuição (%), indicando uma boa representação da variável no componente principal (Abid; Williams, 2010).

As análises foram realizadas pelo Software R de computação estatística (R Core Team, 2023) utilizando os pacotes “FactoMineR” (Lê; Josse e Husson, 2008) e “factoextra” (Kassambara; Mundt, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na ACP foram necessários três componentes principais (CP) para explicar 81,03% e 87,21% (Tabela 2) da variabilidade dos frutos de 15 e 14 plantas de 7 diferentes acessos de acerolas colhidas verdes e maduras, respectivamente.

Tabela 2. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando frutos de 15 plantas (verdes) e 14 plantas (maduras) de acerola.

CP	Verde		Madura	
	Autovalores	% Acumulada	Autovalores	% Acumulada
1	3,68	40,87	3,94	43,82
2	2,05	63,62	2,84	75,35
3	1,57	81,03	1,07	87,21

Considerando os frutos de acerola colhidos ainda verdes, o primeiro componente principal representou 40,87% da variabilidade total dos dados (Tabela 2) e apresentou correlação com 6 das 9 variáveis analisadas (Tabela 3). As variáveis massa, comprimento, diâmetro, sólidos solúveis (SS) e a razão SS/acidez titulável (SS/AT) mostraram correlação elevada e positiva, enquanto a variável RATIO (vitamina C/SS) apresentou correlação elevada e negativa.

O segundo componente principal, responsável por 22,76% da variabilidade total, apresentou correlação elevada e positiva com as variáveis massa, vitamina C, pH e RATIO (vitamina C/SS), indicando que, quanto maior o teor de vitamina C, melhor a relação vitamina C/SS.

Para os frutos colhidos maduros, o primeiro componente principal representou 43,82% da variabilidade total dos dados (Tabela 2) e correlacionou-se com 4 das 9 variáveis avaliadas (Tabela 3). As variáveis, vitamina C, acidez titulável e RATIO (vitamina C/SS) apresentaram correlação elevada e positiva, enquanto a variável SS/AT mostrou correlação elevada e negativa. O segundo componente principal, que representou 31,53% da variabilidade total dos dados, apresentou correlação elevada e positiva com as variáveis massa, comprimento, diâmetro e pH.

Tabela 3. Correlação entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas nos frutos das plantas de acerola verde e maduras.

Variáveis	Verde		Madura	
	CP1	CP2	CP1	CP2
Massa (g)	0,76**	0,55*	0,38	0,84**
Comprimento (mm)	0,57*	0,36	0,14	0,84**
Diâmetro (mm)	0,79**	0,40	0,27	0,81**
Vit C (mg/100g)	-0,44	0,74**	0,92**	-0,33
Acidez (%)	-0,31	0,09	0,96**	0,14
pH	-0,25	0,78**	-0,52	0,65**
SS (°Brix)	0,73**	0,04	0,50	-0,27
SS/AT	0,79**	-0,01	-0,82**	-0,28
Ratio (Vit C/SS)	-0,80**	0,53*	0,87**	-0,27

** Significativo a 1%, * Significativo a 5%

As variáveis que apresentaram os maiores valores do parâmetro de qualidade da representação (Cos^2) e de contribuição (%) estão dispostas na Figura 2 (para acerolas colhidas verdes) e na Figura 3 (para acerolas colhidas maduras). As variáveis com maiores valores de contribuição (%) são consideradas as mais relevantes. Nas Figuras 2 e 3, essas variáveis são aquelas que ultrapassam o ponto de corte indicado pela linha pontilhada, correspondente à contribuição média esperada.

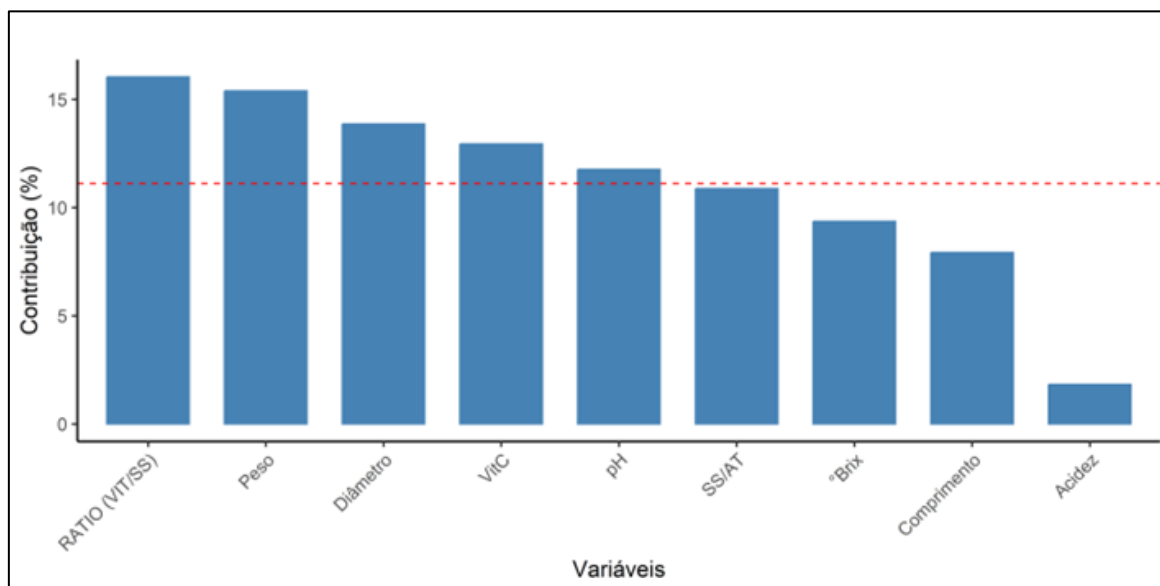


Figura 2. Contribuição (%) das variáveis estudadas nas acerolas verdes.

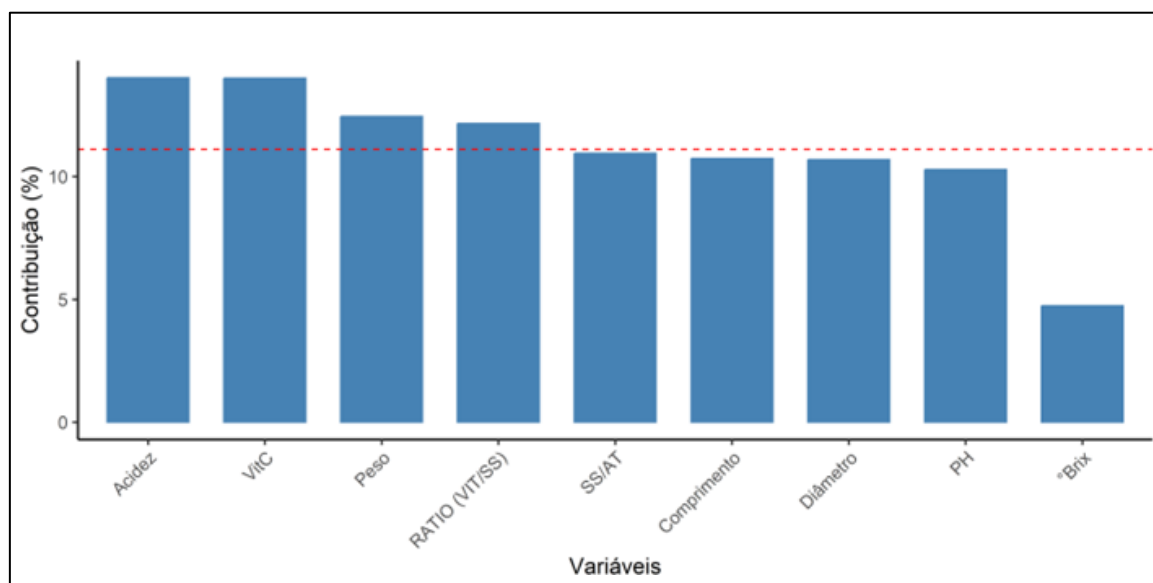


Figura 3. Contribuição (%) das variáveis estudadas nas acerolas maduras.

As variáveis massa, vitamina C e RATIO (vitamina C/SS) destacam-se por sua importância para a indústria e mostraram-se bastante relevantes tanto para os frutos colhidos verdes quanto para os colhidos maduros. Resultados semelhantes foram observados por Estevam *et al.* (2018) e Lima *et al.* (2014), que também identificaram essas variáveis como indicadores significativos da qualidade físico-química da acerola em diferentes estádios de maturação.

Altos valores de Cos^2 nas Figuras 4 e 5 estão associados à escala de cores utilizada: quanto mais quente a cor (próxima ao vermelho), maior a importância da variável em questão. No biplot apresentado na Figura 4, observa-se uma associação entre as plantas G10B1A5, G10B1A1, G8B1A3 e G7B1A1 com as variáveis massa, diâmetro, comprimento, SS/AT e SS. Além disso, as plantas G5B2A5, G7B1A2, G8B1A2 e G2B1A3 estão associados às variáveis RATIO (vitamina C/SS), vitamina C e pH.

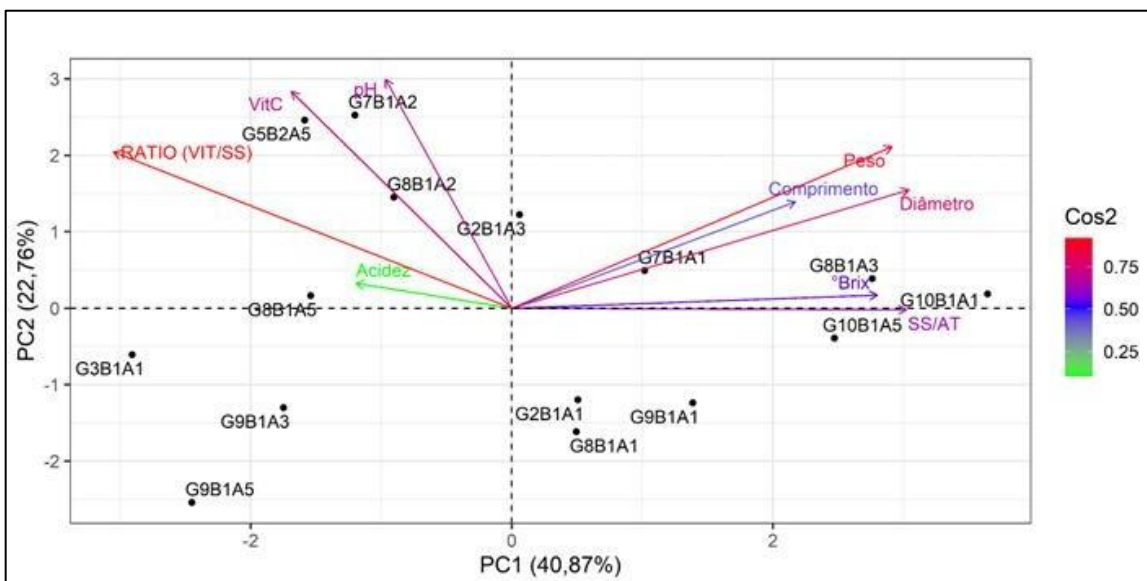


Figura 4. Biplot (acerolas verdes).

Na Figura 5 (acerola madura), o biplot revela a associação das plantas G10B1A1, G2B1A1, G8B1A3 e G5B2A5 com as variáveis massa, diâmetro e comprimento. Observa-se também a associação das plantas G7B1A2, G8B1A2 e G2B1A3 com as variáveis RATIO (vitamina C/SS), vitamina C, SS e acidez titulável.

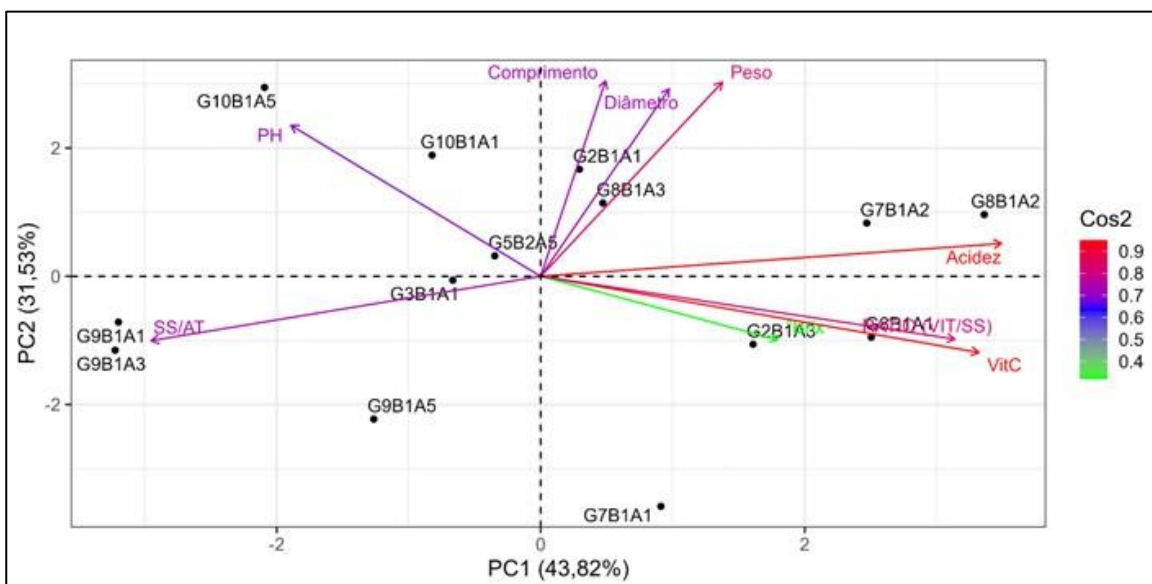


Figura 5. Biplot (acerolas maduras).

Essas associações são corroboradas pelo dendrograma apresentado nas Figuras 6 e 7. Na Figura 6 (acerola colhida verde), observa-se a formação de três grupos distintos: o Grupo 1 (G1), em azul, formado pelas plantas G8B1A2, G7B1A2, G5B2A5 e G7B1A1; o Grupo 2 (G2), em verde, composto pelas plantas G8B1A5, G2B1A3 e G3B1A1; e o Grupo

3 (G3), em vermelho, formado pelas plantas G10B1A5, G10B1A1, G9B1A3, G8B1A3, G2A1B1, G9B1A5, G9B1A1 e G8B1A1.

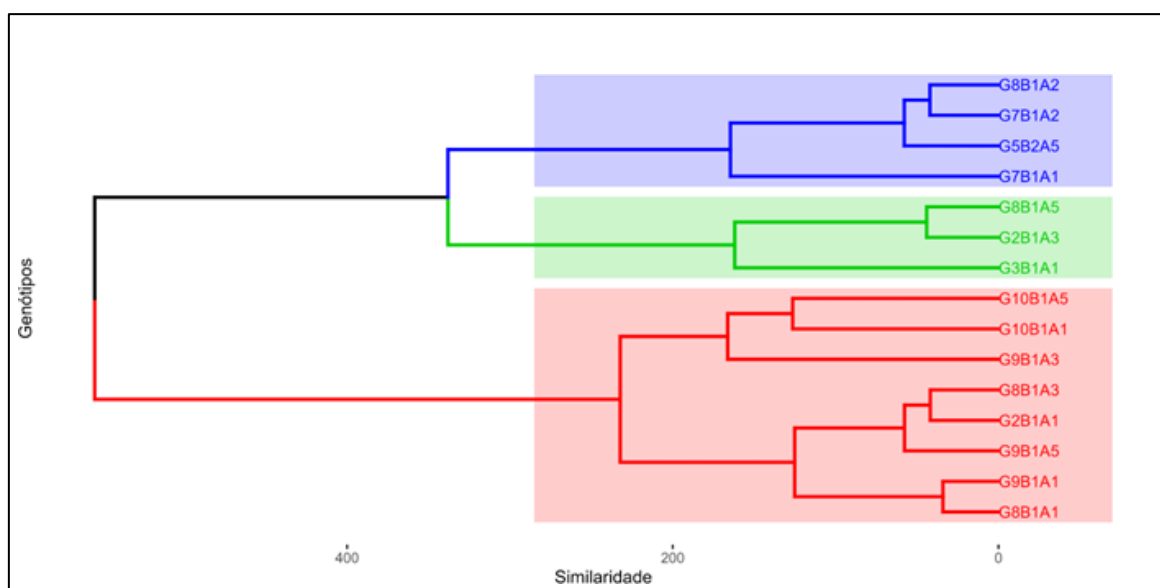


Figura 6. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) para frutos de 15 plantas utilizando a acerola colhida verde.

O Grupo 1 (G1) foi caracterizado por frutos com maiores valores de RATIO (vitamina C/SS), vitamina C e pH. Já o Grupo 3 (G3) apresentou os maiores valores de comprimento, SS, SS/AT e os menores valores de vitamina C e RATIO (vitamina C/SS) (Tabela 4).

Tabela 4. Médias dos clusters formados pelos frutos de 15 plantas de aceroleira colhidas verde.

	Massa (g)	Comp. (mm)	Diâmetro (mm)	Vit C (mg/100g)	Acidez (%)	pH	SS (°Brix)	SS/AT	Ratio (vit C/SS)
G1	4,32	17,28	20,31	3601,65	1,66	3,34	6,75	4,15	534,49
G2	4,04	16,86	19,15	3266,91	1,67	3,33	6,50	3,91	503,91
G3	4,20	17,39	20,07	2915,01	1,61	3,17	6,88	4,28	427,68

A massa dos frutos é uma das variáveis determinantes para a comercialização e rendimento dos processados. Para a característica de massa verificou-se os frutos verdes apresentaram menores valores médios em relação aos frutos maduros, indicando que os frutos colhidos imaturos ainda não atingiram seu desenvolvimento máximo. Franca *et al.*, (2016) analisando 37 clones oriundos da Embrapa Agroindústria Tropical unidade de Pacajús-CE, verificou uma elevada variação quanto aos valores de massa dos frutos colhidos

verdes, com valores oscilando entre 1,69 g a 4,33 g e com média geral de 3,01 g. No presente trabalho, os valores médios encontrados nos grupos variam de 4,04 g a 4,32 g (Tabela 4).

Maciel *et al.* (2010) afirmam que o teor de vitamina C na acerola pode ser influenciado por diversos fatores, como localização geográfica, práticas de cultivo, regime pluviométrico, exposição à luz solar, características genéticas e, principalmente, o estágio de maturação dos frutos, sendo encontrado em maiores níveis nos frutos verdes.

O teor de ácido ascórbico nas acerolas verdes apresentou valores médios entre 2915,01 mg/100g e 3601,65 mg/100g. Entretanto, pode-se verificar um maior valor médio no agrupamento G1, o que nos leva a tendência de que os frutos das plantas que compõe o grupo são os mais indicados para o mercado de processamento visando a obtenção de fitoterápicos.

No tocante a estágio de maturação obteve-se maior teor de vitamina C nos frutos colhidos verdes. Franca (2016) avaliou 37 clones de aceroleira e observou que os teores de ácido ascórbico em frutos verdes variaram de 1.375,95 a 3.125,10 mg/100g de polpa, com amplitude de 1.749,15 mg/100 g e média geral de 2.458,77 mg/100 g.

De acordo com a Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, o valor mínimo exigido para comercialização como polpa é de 800 mg por 100 g de polpa, logo todos os valores médios encontrados para o estágio de maturação verde e madura do presente trabalho estão acima da faixa mínima exigida.

De acordo com Pontes *et al.*, (2015) a relação entre vitamina C e sólidos solúveis é um dos principais parâmetros considerados pela indústria que visa a obtenção de vitamina C natural. Os valores médios de RATIO encontrados no presente trabalho variam entre 427,68 e 534,49 no frutos verde, para os frutos maduros os valores médios estão em torno de 181,25 e 257,53, o que confirma o decréscimo do teor de RATIO mediante ao grau de maturação, observado por Pontes *et al.*, (2015).

Na Figura 7 (acerola madura), observa-se a formação de três grupos distintos. O Grupo 1 (G1), representado pela cor azul, é composto pelas plantas G5B2A5, G2B1A1, G3B1A1, G10B1A1, B8B1A3 e G9B1A5. O Grupo 2 (G2), na cor verde, é formado pelas plantas G10B1A5, G9B1A3 e G9B1A1. Já o Grupo 3 (G3), em vermelho, agrupa as plantas G8B1A2, G8B1A1, G2B1A3, G7B1A1 e G7B1A2.

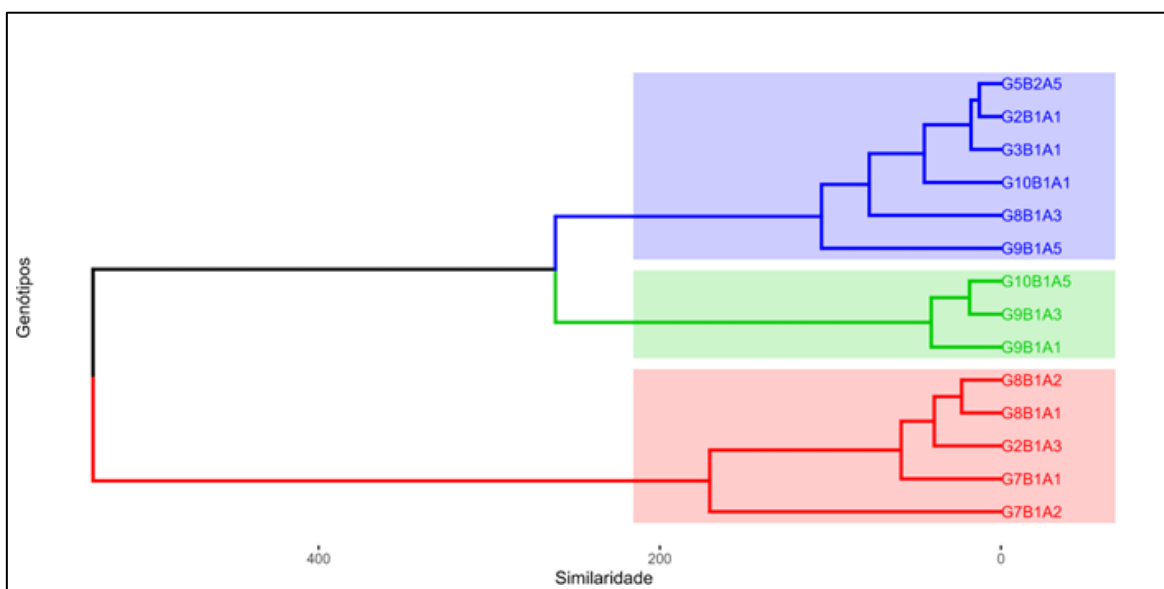


Figura 7. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) para frutos de 14 plantas utilizando a acerola colhida madura.

O Grupo 1 (G1) foi caracterizado por frutos com maiores valores de massa e diâmetro. O Grupo 2 (G2) apresentou os menores valores de vitamina C e acidez, além dos maiores valores de SS/AT. Por sua vez, o Grupo 3 (G3) destacou-se pelos maiores valores de vitamina C, RATIO (vitamina C/SS), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (Tabela 5).

Tabela 5. Médias dos clusters formados pelos frutos de 14 plantas de aceroleira colhidas maduras.

	Massa (g)	Comp. (mm)	Diâmetro (mm)	Vit C (mg/100g)	Acidez (%)	pH	SS (°Brix)	SS/AT	Ratio (vit C/SS)
G1	6,68	19,89	23,19	1660,82	1,46	3,09	7,59	5,31	222,06
G2	6,17	19,89	22,95	1402,89	1,32	3,16	7,83	5,97	181,25
G3	6,49	19,74	22,95	2104,60	1,64	3,06	8,30	5,05	257,53

Estevam *et al.*, (2018) analisando características físico-químicas de variedades de acerola em diferentes estados de maturação encontrou valores de massa variando entre 6,3 g a 9,48 g para acerolas maduras. No presente estudo encontrou-se valores médios aproximados, variando entre 6,17g e 6,68 g (Tabela 5). Destaque para as plantas que compõem os agrupamentos G1 das verdes e das maduras, pois obtiveram melhores médias nas variáveis de massa e diâmetro.

O grupo 2 (G2) em verde formando pelas plantas G10B1A5, G9B1A3 e G9B1A1, embora possua os menores valores de vitamina C entre os grupos, apresenta valores

aceitáveis dessa vitamina para a indústria, tendo em vista os valores de acidez e melhor relação SS/AT.

Obteve-se maiores valores médios do teor de sólidos solúveis nos frutos colhidos no estágio maduro, os teores variaram entre 7,59 a 8,30 °Brix, de maneira oposta dos teores, para a mesma variável, obtidos dos frutos colhidos verdes.

De acordo com os resultados, o grupo G3 apresentou a melhor valor médio de teor de sólidos solúveis, sendo assim, os frutos oriundos das plantas que compõe este grupo tendem a ser mais bem aceitos para indústria de polpa visando a fabricação de suco ou até para consumo *in natura*.

Os valores médios encontrados no presente trabalho encontram-se todos acima do mínimo exigido na Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018 que é de 5,5 °Brix.

Em acerolas, independente do estágio de maturação o pH e a acidez apresentaram uma baixa variabilidade entre os agrupamentos, os valores médios encontrados de acidez estão entre 1,46 e 1,64% nos frutos maduros, valores superiores aos encontrados por Estevam *et al.*, (2018). Para Brody (1996) a quantidade de ácidos orgânicos, expressa pela acidez, tende a diminuir ao longo do amadurecimento, à medida que esses compostos são consumidos no processo respiratório dos frutos.

De acordo com Lira Júnior *et al.* (2005), altos níveis de acidez são vantajosos para a agroindústria, uma vez que torna dispensável a adição de ácido cítrico para conservação da polpa. Isso ocorre porque a acidez natural torna o ambiente desfavorável ao desenvolvimento de microrganismos, contribuindo para a maior segurança e durabilidade do produto. Contudo, de acordo com Lima *et al.*, (2002) para o consumo dos frutos *in natura* é preferível que estes apresentem baixos teores de acidez.

Segundo Lima Júnior *et al.*, (2005) o pH é definido com um importante parâmetro de qualidade pela legislação, tendo em vista sua importância para conservação da polpa, inibindo o crescimento de leveduras.

Os valores médios encontrados para a variável pH variaram de 3,06 a 3,16, tais valores são inferiores aos encontrados por Estevam *et al.*, (2018) também analisando frutos maduros. Ademais, os valores médios obtidos no presente trabalho encontram-se acima do mínimo exigido pela Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, que é de 2,8.

Para Franca (2016), O pH é uma variável que apresenta poucas alterações entre frutos verdes e maduros, podendo, contudo, aumentar durante o amadurecimento. No

entanto, pode sofrer variações em função de diversos fatores, como condições climáticas, temperatura, manejo da irrigação, adubação e desuniformidade nos pomares.

Para Musser *et al.*, (2004) a relação SS/AT tem relação direta com o sabor e a qualidade dos frutos. Ainda, de acordo com Franca (2016) por apresentarem elevada acidez, os frutos de aceroleira geralmente exibem uma baixa relação SS/AT. Os valores obtidos no presente trabalho variam entre 5,05 a 5,97, logo estão na média entre os valores encontrados por Maciel *et al.*, (2010) que encontrou valores entre 3,79 e 7,06.

6. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos neste estudo, observa-se que, entre as plantas analisadas de acerolas verdes, destacou-se o grupo G1, composto pelas plantas G8B1A2 (CL 235), G5B2A5 (CL 74), G7B1A1 e G7B1A2 (ambas CL 14). De modo geral, esse grupo apresentou uma tendência a maiores valores médios para as variáveis teor de vitamina C, RATIO (Vit C/SS) e pH, o que indica um potencial superior em termos de qualidade nutricional.

Para os frutos analisados maduros, o grupo G2, composto pelas plantas G10B1A5 (BRS 366), G9B1A3 e G9B1A1 (ambas BRS 235), apresentou, de modo geral, os melhores valores médios. Esse grupo se destacou pela excelente relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), associada a baixos teores de acidez, atributos relevantes tanto para a indústria de polpas quanto para o consumo *in natura*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABID, H.; WILLIAMS, L. J. (2010) **Principal Component Analysis**. John Wiley and Sons, Inc. WIREs Comp Stat 2: 433–59.
- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 541-545, 2011.
- AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry: vitamins e other nutrients**, 1995. Chapter 45, p.4.
- ARAÚJO, J. G.; CARVALHO, J. N. F. Prospecto econômico da produção de acerola orgânica no Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI). Informe econômico. **Informe econômico** (UFPI), Ano 16, n. 32, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/ie/article/view/1753/1583>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H. A.; AHLUWALIA, S.; RAMADAN, M. F.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of acerola (*Malpighia* spp.) and its potencial as functional food. **Trends in food Science & technology**, 74, p 99-106, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 out. 2018, p. 23. Disponível em: http://portal.imprensa.nacional.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018. Acesso em: 4 jun. 2025.
- BRODY, A. L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996.
- CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. **Food technology**, v. 15, p. 191-197, 2012.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 3 ed. 144 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128278/1/PLANTAR-Acerola-ed03-2012.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- CORRÊA, A. V.; GOUVEIA, A. M. de S.; MARTINS, B. N. M.; JORGE, L. G.; LANNA, N. de B. L.; TAVARES, A. E. B.; MENDONÇA, V. Z.; EVANGELISTA, R. M. Influence of ripening stages on physicochemical characteristics of acerola fruits. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 4, p. 130-139, set. 2017. Disponível em: https://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000400014. Acesso em: 23 fev. 2025.

CUNHA NETO, J. **Seleção de clones de aceroleira, repetibilidade, correlações e uso de técnicas multivariadas entre caracteres agronômicos e de pós-colheita**. 2009.131p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

CUNHA NETO, J.; RABELO, M. C.; BERTINI, C. H. C. de M.; MARQUES, G. V.; MIRANDA, M. R. A. de. Caracterização agronômica e potencial antioxidante de frutos de clones de aceroleira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 713-721, 2012.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 2021. **Conclusão da segunda etapa do Tabuleiros Litorâneos prevista para junho**. Disponível em: www.gov.br. Acesso: 20 abr. 2025.

FRANCA, L. G. da; **Indicação de clones de acerola visando a qualidade de frutos verdes para processamento**. 2016. 96 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte – CE, 2016.

FRANÇA, V. C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 157-160, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200009>. Acesso em: 23 fev. 2025.

FURLANETO, F. de P. B.; NASSER, M. D. Panorama da cultura da acerola no estado de São Paulo. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, vol. 12, n. 1, 2015. Disponível em: [https://www.agricultura.sp.gov.br/documents/1007647/0/01_PANORAMA%20DA%20CULTURA%20DA%20ACEROLA%20NO%20ESTADO%20DE%20S%C3%83O%20PAULO%20\(1\).pdf/17262308-7994-0cf1-ce88-a8a96b5c4f5a](https://www.agricultura.sp.gov.br/documents/1007647/0/01_PANORAMA%20DA%20CULTURA%20DA%20ACEROLA%20NO%20ESTADO%20DE%20S%C3%83O%20PAULO%20(1).pdf/17262308-7994-0cf1-ce88-a8a96b5c4f5a). Acesso em: 16 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de Acerola**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acerola/br> . Acesso em: 01 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos 2017**. Rio de Janeiro Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso: 16 de abr. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1. 533p.

JOLLIFFE, I.T. **“Principal component analysis.”** New York: Springer-Verlag, 1986.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. (2020). **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7.

KILL, L. H. P.; DE OLIVEIRA-REBOUÇAS, P. L.; FERREIRA, V. S.; DEON, M. D. I.; SIQUEIRA, K. M. M. de. **Polinizadores da aceroleira no Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA: diversidade e manejo**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2023. 37 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/249750/1/Polinizadores-Aceroleira-Abelha.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

- LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. (2008) “**FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis.**” *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. ISSN 1548-7660.
- LIM A, M.A.C.; ASSIS, J.S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.24, n.1, p.273-276, 2002.
- LIMA, E. N.; ARAUJO, M. E. B. de; BERTINI, C. H. C, de M.; MOURA, C. F. H.; HAWERROTH, M. C. Diversidade genética de clones de aceroleira avaliada por meio de marcadores moleculares ISSR. **Comunicata Scientiae**, v. 6 p. 174-180, 2015.
- LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SOUZA, P. S.; BORGES, S. S.; DE ASSIS, M. D. O. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 550–555, set. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-336/13> . Acesso em: 01 mar. 2025.
- LIMA, R. M. T.; FIGUEIREDO, W. de; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; FIGUEIREDO, E. A. T. de; RODRIGUES, C. S. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p.367-373, 2012.
- LIRA JÚNIOR, J.S.; MUSSER, R.S.; MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LEDE RMAN, I.E.; SANTO S, V.F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.757-761, 2005.
- LOPES, R.; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C.H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 422p.
- MAGALHÃES, D. S.; RUFINI, J. C. M.; FAGUNDES, M. C. P.; ALBUQUERQUE, A. S.; RAMOS, M. C. P. Análise descritiva e dissimilaridade genética entre acessos de aceroleiras. **Scientific Electronic Archives**, v. 11, 2018.
- MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia punicifolia* D.C.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/7vXqvYnd7xt3DN4jmqzMJdC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 mar. 2025.
- MILINDRO, I. F.; VAL, A. D. B. do; SOUZA, A. L.; CUNHA, M. G. da C.; ANDRADE, A. C. Florescimento e frutificação de aceroleiras em cultivos orgânicos no município de Parnaíba, Piauí, Brasil. **Enciclopédia biosfera**, v.16 n.30; p. 297, 2019.
- MORAES FILHO, R. M.; MARTINS, L. S. S.; MUSSER, R. S.; MONTARROYOS, A. V. V.; SILVA, E. F. Genetic variability in accessions of the acerola germplasm bank of Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brazil. **Genetics and Molecular Research** v.12, n.4; p. 5145-5151, 2013.
- MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W.; PAIVA, J. R. Avaliações físicas e físico-química de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 52-57, 2007

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, 2004.

NEVES, M. V. M. das. **Polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) adicionada de extrato comercial de própolis: avaliação físico-química e sensorial**. Dissertação de mestrado- Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 126. 2009.

OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W.S.; KOBAYASHI, A.K.; RITZINGER, R. Aspectos botânicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A.K.; OLIVEIRA, J.R.P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 198 p. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00074720.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

PONTES, Ana T. A. C.; SOARES, Francisco de A. X.; LIMA, Francisco W. M. de; DINIZ, Cícero V. Uso do ciclo fenológico da aceroleira para padronização do ponto de colheita mecanizada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 44., 2015, São Pedro, SP. **Anais [...]**. São Pedro: SBEA, 2015.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest Frontiers. **J Food Sci Technol**, 55(9):3373–3384. 2018.

R CORE TEAM (2023). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

RITZINGER, R. e RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG: EPAMIG, v. 32, n. 264, p. 17-25, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/915423/1/AcerolaRITZINGERRoerio.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2025.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p. 17-25, 2011.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P.; FONSECA, N.; MACHADO, C. de F. Advances in the propagation of acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/jqZp4wHyZbn3zxDDzdP9qLr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 mar. 2025.

SANTOS, N. S.; SILVA, J. C. de S.; ARAÚJO, C. de A.; LIMA, K. F. de; SILVA, F. G. A. da. Caracterização da conservação refrigerada da acerola (*Malpighia emarginata*) sob atmosfera modificada. **Diversitas Journal**. Santana do Ipanema/AL. vol. 5, n. 1, p.12-19. 2020.

SAZAN, M. S.; QUEIROZ, E. P.; FERREIRA-CALIMAN, M. J.; PARRA-HINOJOSA, A.; DA SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GARÓFALO, C. A. **Manejo dos Polinizadores da Aceroleira**. Ribeirão Preto, SP : Holos, 2014. Disponível em: https://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/Manejo_de-Polinizadores_da_Aceroleira.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

SEBASTIANY, E.; MOURA, E. R. de; RÊGO, E. R. do; VITAL, M. J. S. Perda de vitamina c durante o armazenamento de polpa de acerola congelada. **Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos**, v. 27, n. 2, p. 281-288, 2009.

SEBRAE. Boletim de Inteligência: Agronegócio Fruticultura. **Sebrae**, 2015. Disponível em:

[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf). Acesso em: 05 mar. 2025.

SILVEIRA, G. C. D.; ROSSI, M. F. de M.; PECHE, P. M. Acerola: detalhes do cultivo no Brasil. **Revista Campo & Negócios**, 2022. Disponível em:

<https://revistacampoenegocios.com.br/acerola-detallhes-do-cultivo-no-brasil/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

SOUSA, J. L. M.; FIGUEREDO, E. de S.; SANTOS-FILHO, F. S. Spatial evolution of the Coastal Tablelands: the case of DITALPI on the northern coast. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e6759109098, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.9098.

Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9098>. Acesso em: 02 maio. 2025.

SOUZA, F. de F.; DEON, M. D.; CASTRO, J. M. da C. e; CALGARO, M. **Contribuições das Pesquisas Realizadas na Embrapa Semiárido para a Cultura da Aceroleira**.

Petrolina: Embrapa, 2017. 28 p (Embrapa semiárido. Documentos, 282).

SOUZA, F. de F.; DEON, M. D.; CASTRO, J. M. da C. e; LIMA, M. A. C. de; RYBKA, A. C. P.; FREITAS, S. T. de. **Principais Variedades de Aceroleiras Cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco**.

Petrolina: Embrapa Semiárido. 2013. 23p (Embrapa Semiárido. Documentos, 255).

SOUZA, F. F.; BRITO, E. T. S.; SANTOS, D. E. P. S.; NASCIMENTO, D. M.; NASCIMENTO, T. L. Divergência genética entre genótipos de aceroleira da Embrapa Semiárido. In: XXX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Embrapa Semiárido, 2014. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1007829/1/Flaviocpatsa2014.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitamina: métodos comprobados**.

Madrid: Paz Montalvo, 1967

URBANO, G. R.; ZEPONI, J.; SEIBEL, N. F.; SAKATA, L. S. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-química e microbiológica de polpa de acerola congelada. **Retec**, v. 4, 2011.