



Lucas Carvalho Soares  
(Organizador)

Características e  
importância econômica da  
**FRUTICULTURA**

2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022



Lucas Carvalho Soares  
(Organizador)

Características e  
importância econômica da  
**FRUTICULTURA**

2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Características e importância econômica da fruticultura 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Lucas Carvalho Soares

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C257 Características e importância econômica da fruticultura 2 /  
Organizador Lucas Carvalho Soares. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0602-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.020222610>

1. Frutas - Cultivo. I. Soares, Lucas Carvalho  
(Organizador). II. Título.

CDD 634

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A cadeia produtiva da fruticultura, que abrange desde a produção de frutas *in natura* até a industrialização de sucos e néctares, é consolidada como um dos segmentos com crescente destaque mundial, isso porque, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, a produção mundial de frutas é superior a 865 milhões de toneladas. Neste contexto, a China e a Índia são os maiores produtores mundial de frutas, ao passo que o Brasil ocupa o 3º lugar com uma produção superior a 41 milhões de toneladas advindas de 2,6 milhões de hectares ocupados com a atividade.

A área destinada ao exercício da fruticultura no Brasil corresponde a apenas 0,3% do território nacional, em grande parte ocupada por propriedades fruticultoras com o cultivo de banana, uva, maçã e laranja. Além de outros cultivos em menor proporção, mas com importância semelhante, entre essas a melancia, abacaxi, manga e goiaba.

Nosso país dispõe de potencial para alavancar a sua produtividade, todavia, alguns obstáculos impossibilitam que possamos vislumbrar o crescimento da fruticultura. A exemplo disso, alguns frutos precisam de condições específicas para o seu pleno desenvolvimento, portanto, limitando sua produção.

Além disso, outro ponto importante é o nível tecnificação, ou seja, existe uma dificuldade por parte dos produtores em adotar tecnologias que possibilitam maximizar a produção e a qualidade dos frutos. Problemas da esfera fitossanitária também têm colaborado para os desafios, isso devido aos prejuízos financeiros que acarretam na redução do lucro pelos fruticultores. Tendo como exemplo, as moscas-das-frutas, fusariose e sigatoka negra que são responsáveis por danos severos aos cultivos.

Uma das formas que pode auxiliar na superação dos desafios mencionados é a colaboração entre o poder público e o privado com o intuito de criar estratégias para a produção frutícola de qualidade, através de inovação tecnológica pautada nos pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), programas governamentais, capacitação dos envolvidos na cadeia produtiva e, principalmente, investimento em pesquisa científica.

Pesquisadores em todo o mundo estão em busca constante do avanço em pesquisas com a finalidade de superar esses desafios. Em vista disso, a coleção “Características e importância econômica da fruticultura 2” surge como um veículo com o intuito de intermediar o acesso dos atores e interessados envolvidos na cadeia produtiva da fruticultura ao conhecimento gerado nas instituições de ensino e pesquisa. A coleção oferta ao público trabalhos de excelência para auxiliar na superação de desafios no que concerne à atividade frutícola.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
EVOLUÇÃO DOS METABÓLITOS DA CASCA/POLPA DE PITANGA DURANTE A MATURAÇÃO	
Karoline Batista dos Santos	
Suzana da Costa Santos	
Pedro Henrique Ferri	
doi <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226101">https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226101</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
TEORES DE MICRONUTRIENTES EM LIMBOS E PECÍOLOS E PRODUTIVIDADE DE FRUTOS COMERCIAIS DE CULTIVARES DE MAMOEIRO	
Lucio Pereira Santos	
Enilson de Barros Silva	
doi <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226102">https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226102</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
VOLÁTEIS DE FRUTOS, MOSTOS E VINHOS DA JABUTICABEIRA	
Suzana da Costa Santos	
Érica Resende de Oliveira	
Pedro Henrique Ferri	
doi <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226103">https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226103</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
FILOGENIA DE ESPÉCIES DA ORDEM ERYSIPTALES RELATADAS NO BRASIL	
Lucas Carvalho Soares	
Wallysson Nascimento Lima	
Felipe Ferreira Silva	
Deurimar Herênio Gonçalves Junior	
Eduardo Alves de Souza	
doi <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226104">https://doi.org/10.22533/at.ed.0202226104</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>53</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>54</b>

## EVOLUÇÃO DOS METABÓLITOS DA CASCA/POLPA DE PITANGA DURANTE A MATURAÇÃO

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 01/08/2022

### Karoline Batista dos Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/5575709913273801>

### Suzana da Costa Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/7811945085200334>

### Pedro Henrique Ferri

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2129799749473005>

**RESUMO:** Os metabólitos da casca/polpa de três biótipos de cor de frutos de pitanga durante quatro estádios de maturação foram investigados por meio de análise multivariada. O grau de maturidade influenciou na separação entre os biótipos, exceto para a variedade roxa. Observou-se que o aumento na concentração dos pigmentos e a diminuição nos teores de taninos e flavonoides durante a maturação foi o principal responsável pela separação das amostras de casca/polpa, com destaque para as concentrações de cianidina-3-glicose (CIA), 2-galoiil-4,6-HHDF-glicose (GHH), eugeniflorina D<sub>2</sub> (EUG) e quercetina-3-ramnosídeo (QUR).

Dessa forma, a biossíntese de compostos bioativos foi influenciada tanto pelo grau de maturação quanto pelo biótipo de cor do fruto.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eugenia uniflora*; frutos; maturação; biótipos; taninos.

### EVOLUTION OF METABOLITES IN PITANGA PEEL/PULP DURING MATURATION

**ABSTRACT:** Peel/pulp metabolites of three-color biotypes of cherry fruits during four maturation stages were analyzed by means of multivariate analysis. The degree of maturity influenced the separation between the biotypes, except for the purple variety. It was observed that the increase in the concentration of pigments and the decrease in the levels of tannins and flavonoids during maturation was the main responsible for the separation of the peel/pulp samples, with emphasis on the concentrations of cyanidin-3-glucose (CIA), 2-galloyl-4,6-HHDF-glucose (GHH), eugeniflorin D<sub>2</sub> (EUG) and quercetin-3-rhamnoside (QUR). Thus, the biosynthesis of bioactive compounds was influenced both by the degree of maturation and by fruit color biotype.

**KEYWORDS:** *Eugenia uniflora*; fruits; maturation stages; biotypes; tannins.

## 1 | INTRODUÇÃO

A pitanga (*Eugenia uniflora* L., Myrtaceae) é um fruto muito apreciado no Brasil, porém altamente perecível devido ao curto período de aproveitamento após a colheita, tal que o

processamento em vinhos, suco, licor, geleia ou sorvete é altamente recomendável para agregar valor econômico ao fruto.

Durante o amadurecimento o epicarpo da pitanga pode evoluir de verde para diferentes cores no estágio maduro (vermelho, laranja ou roxo). A ocorrência de biótipos com frutos de diferentes cores pode ser um indicativo da existência de variedades para essa espécie. Além da diferença nas cores também se observou a ocorrência de grande variação na composição dos óleos essenciais das folhas e dos frutos entre árvores de biótipos diferentes, o que sugere uma relação direta entre quimiotipos e biótipos (COSTA *et al.*, 2010; RAMALHO *et al.*, 2019).

Ao contrário das folhas, os compostos fenólicos dos frutos ainda não foram isolados, porém nosso grupo identificou e quantificou taninos hidrolisáveis nos extratos de frutos inteiros de três variedades de pitanga (vermelha, laranja e roxa) por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (RAMALHO *et al.*, 2019), utilizando-se os compostos isolados das folhas (FORTES *et al.*, 2015). Além dos taninos isolados, também foram quantificados os teores de fenóis totais, taninos, flavonoides e antocianinas (RAMALHO *et al.*, 2019). Nessas análises o elagitanino dimérico, oenoteína B, foi o composto fenólico majoritário dos frutos das três variedades de pitanga, o que demonstra um grande potencial funcional desse fruto, pois esse composto é altamente ativo contra diversos tipos de tumores, além de ser antimutagênico (SILVA *et al.*, 2014).

Compostos fenólicos de pitanga foram analisados utilizando a parte comestível (casca e polpa) e não comestível (semente) da pitanga (PEREIRA *et al.*, 2017). Os resultados preliminares demonstraram que casca/polpa tem maior diversidade de compostos: carotenoides, antocianinas, flavonoides e taninos, enquanto sementes possuem apenas taninos, sobretudo na variedade vermelho-laranja (PEREIRA *et al.*, 2017). O objetivo do presente trabalho foi a análise multivariada dos constituintes das cascas/polpas a fim de comparar a evolução dos compostos bioativos durante os estádios de amadurecimento e entre as três variedades de cor de fruto.

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

Os compostos fenólicos das cascas/polpas de pitanga, previamente quantificados por HPLC (RAMALHO *et al.*, 2019), foram submetidos às análises estatísticas executadas em R (*R CORE TEAM*, 2020). As variedades de cor de fruto foram a roxa (R), laranja (L) e vermelha (V) e a evolução da maturação dos frutos foram representados pelos estádios E1 (verde), E2 (devez), E3 (maduro) e E4 (muito maduro). Os seguintes códigos foram utilizados para a classe ou compostos quantificados: carotenoides (CAR), cianidina-3-glicose (CIA), quercetina-3-glucosídeo (QUG), quercetina-3-ramnosídeo (QUR), miricetina-3-ramnosídeo (MIR), mono-galoil-glicose (MGG), gemin D (GEM), eugeniflorina D<sub>2</sub> (EUG), 2-galoil-4,6-HHDF-glicose (GHH), oenoteína B (OEN), telimagrandina 1 (TEL) e 1,2,6-tri-

galoil-glicose (TGG).

A análise multivariada exploratória utilizou a ordenação por componentes principais (PCA) das amostras e metabólitos (36 amostras ´ 10 compostos químicos), enquanto que análises por redundância (RDA) permitiram elucidar os padrões de variação dos metabólitos nas amostras em função da variedade e grau de maturação do fruto. Para as RDAs, os metabólitos foram ordenados em uma matriz resposta (36 amostras ´ 10 compostos químicos) e as variedades e estádios de maturação como variáveis categóricas multicotômicas ordenadas em uma matriz explicativa (36 amostras ´ três variedades (R, L, V) ´ quatro estádios (E1, E2, E3 e E4). Os testes de permutação de Monte Carlo irrestritos (999 permutações) foram utilizados para avaliar a significância dos autovalores canônicos. Em todas as RDAs, o fator de inflação da variância (VIF) foi utilizado para guiar a seleção das variáveis evitando a multicolinearidade nas regressões multivariadas. Valores de VIF > 20 são considerados fortemente multicolineares (LEPŠ & ŠMILAUER, 2007).

A análise de agrupamento hierárquico (HCA) foi utilizada a fim de detectar os agrupamentos naturais provenientes da ordenação pelas RDAs e suas relações intra e intergrupos. A análise de HCA utilizou a distância Euclidiana com a minimização da variância pela a técnica de Ward (1963). O algoritmo de lógica nebulosa (fuzzy) C-Means (KAUFMAN & ROUSSEUW, 1990) também foi utilizado no agrupamento natural das amostras. Esta técnica baseia-se na minimização da soma dos quadrados dos desvios das observações dentro das classes em relação a uma amostra representativa mais próxima. O coeficiente de partição normalizado (coeficiente de Dunn) foi utilizado para medir o grau de partição do conjunto. Para avaliar a consistência interna da composição das classes, cada amostra foi associada a uma estrela cujos segmentos foram proporcionais ao coeficiente de associação em um diagrama de ordenamento bidimensional.

As comparações múltiplas de médias foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA e MANOVA). Os dados foram verificados quanto à normalidade e homoscedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, e transformados quando necessário. Um teste *post-hoc* de Tukey foi aplicado sempre que uma diferença significativa foi estabelecida na ANOVA. Valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativos. Previamente à análise multivariada, os dados foram pré-processados: a matriz resposta foi transformada para  $\log(x+1)$  e centrada, enquanto que a matriz explicativa foi autoescalada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas quantificações dos metabólitos bioativos da casca/polpa dos frutos de *E. uniflora* foram submetidos inicialmente à análise de componentes principais (PCA) a fim de estabelecer as interrelações entre os parâmetros químicos durante a maturação das três variedades. O sistema axial originado pela PCA mostrou

a posição relativa das amostras em um espaço fatorial, sendo que a porcentagem de informação extraída foi de 98,1% nos dois primeiros autovalores (Figura 1). No plano fatorial, as variáveis cianidina-3-glicose e carotenoides (CIA e CAR) aumentaram com o amadurecimento, principalmente nas amostras RE3 e RE4, o que torna a casca/polpa dos frutos roxos coloridos. Flavonoides (QUR e QUG) e taninos (OEN, EUG, GHH e MGG) diminuíram de concentração com o amadurecimento e apresentaram os maiores teores nas amostras LE1, LE2 e VE1.

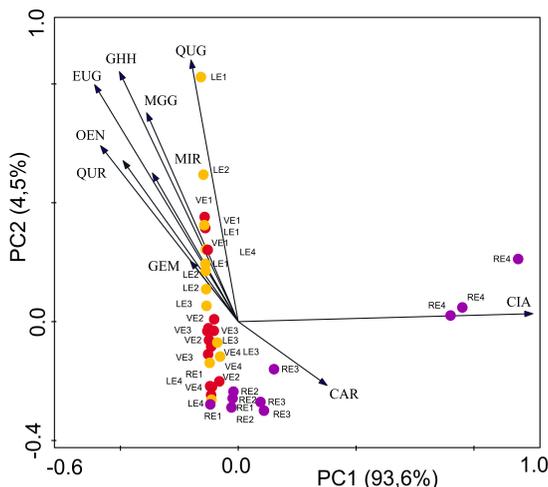


Figura 1. Ordenação pela PCA dos metabólitos (setas) da casca/polpa dos frutos de *E. uniflora*. Variedades: laranja (●), vermelha (●) e roxa (●); grau de maturação: verde (E1), devez (E2), maduro (E3) e muito maduro (E4). Variáveis: carotenoides (CAR), cianidina-3-glicose (CIA), quercetina-3-glucosídeo (QUG), quercetina-3-ramnosídeo (QUR), miricetina-3-ramnosídeo (MIR), mono-galoil-glicose (MGG), gemin D (GEM), eugeniflorina D<sub>2</sub> (EUG), 2-galoil-4,6-HHDF-glicose (GHH), oenoteína B (OEN).

A RDA indicou correlações significativas entre as matrizes resposta (constituintes químicas) e explicativa (variedade e estágio de maturação), as quais foram maiores nos dois primeiros eixos canônicos ( $R_1 = 0,748$  e  $R_2 = 0,437$ ) com 59,3% de variância explicada no primeiro plano fatorial. O teste de permutação de Monte Carlo sobre a soma dos eixos canônicos apresentou resultado altamente significativos ( $F\text{-Fisher} = 10,58$ ;  $p < 0,001$ ), sinalizando que os padrões de variação nas matrizes não surgiram ao acaso. No entanto, observou-se uma trajetória parabólica no diagrama da RDA em virtude da frequente ausência de linearidade de variáveis temporais em projeções multivariadas (Figura 2a).

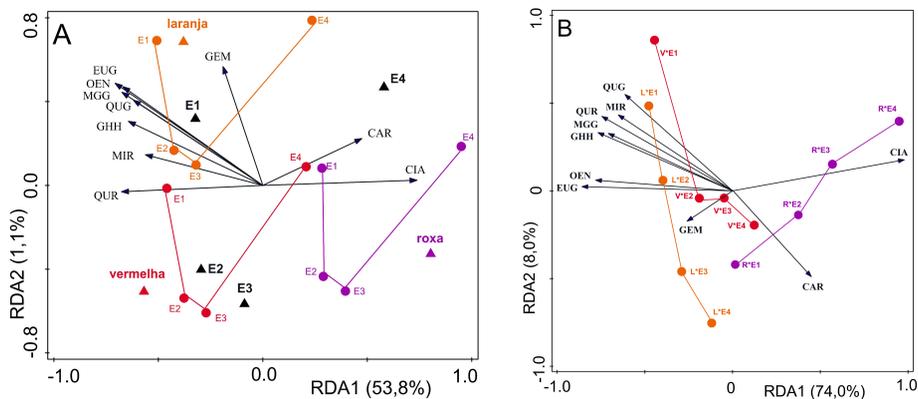


Figura 2. Diagrama da RDA (A) sem interação entre os fatores variedade e maturação (B) com a interação entre os dois fatores. Os metabólitos estão representados por setas, na casca/polpa das variedades laranja (●), vermelha (●) e roxa (●) e no grau de maturação verde (E1), deves (E2), maduro (E3) e muito maduro (E4). Variáveis: carotenoides (CAR), cianidina-3-glicose (CIA), quercetina-3-glucosídeo (QUG), quercetina-3-ramnosídeo (QUR), miricetina-3-ramnosídeo (MIR), mono-galoil-glicose (MGG), gemin D (GEM), eugeniflorina D<sub>2</sub> (EUG), 2-galoil-4,6-HHDF-glicose (GHH), oenoteína B (OEN).

A RDA utilizando a interação variedade\*estádio de maturação (Figura 2b) indicou que as correlações foram maiores nos dois primeiros autovalores ( $R_1 = 0,997$  e  $R_2 = 0,943$ ) com 82,0% de variância explicada no primeiro plano fatorial e com valores de inflação da variância considerados muito baixos ( $VIF < 1,84$ ), sugerindo a ausência de multicolinearidade. Os testes de permutação de Monte Carlo sobre a RDA1 ( $F = 6,2$ ), RDA2 ( $F = 1,1$ ) e sobre as somas dos eixos canônicos ( $F = 36,6$ ) foram altamente significativos ( $p < 0,001$ ). Dessa forma, a RDA com interação entre os fatores apresentou vantagens em relação à técnica convencional, não apenas pela ausência do efeito horseshoe, como pelo aumento da variância explicada.

A análise dos dois diagramas de ordenação da Figura 2 apontam resultados similares. Na figura 2a, as cascas/polpas da variedade roxa se diferenciaram das demais pelos teores mais baixos de flavonoides e taninos em todos os estádios de maturação e pelo alto teor de cianidina nas amostras E4. A variável quercetina-3-ramnosídeo (QUR) foi importante para separar as amostras da variedade roxa da vermelha; e a variedade laranja foi a que apresentou os maiores teores de gemin D (GEM), diferenciando-se das demais. A figura 2b, por sua vez, evidenciou que a amostra R\*E2 apresentou os menores teores de taninos e flavonoides, enquanto a amostra V\*E1 se diferenciou principalmente pelos flavonoides. Ainda, durante o amadurecimento ocorre uma diminuição do teor de taninos e flavonoides e aumento do teor de pigmentos, similar a outros frutos como jabuticaba e acerola (PEREIRA *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2012). A miricetina-3-O-ramnosídeo (MIR) apresentou os níveis mais baixos em todas as variedades, achado que difere de um estudo anterior (CELLI *et al.*, 2011) no qual foi o principal representante dessa classe biossintética.

Em contraste, a tendência geral de redução nos níveis de flavonoides, durante a maturação da casca/polpa, já havia sido registrada para as variedades roxa e vermelha de pitanga (CELLI *et al.*, 2011).

Com o intuito de avaliar a contribuição isolada e, ainda, de sobreposição entre os fatores que contribuíram para a variância explicada, efetuou-se o particionamento da variação total condicionada a dois subconjuntos preditores: *variedade e maturação* das cascas/polpas dos frutos (Tabela 1).

Efeitos e variáveis	Covariáveis	Fração da variação	Varição explicada (%)	F-Fisher	P <sup>a</sup>
<b>Efeito total</b>					
Variedade e maturação		[a+b+c]	82,0	27,6	0,001
<b>Efeitos parciais</b>					
Variedade	Maturação	[a]	53,2	44,7	0,001
Variedade		[a+b]	53,2	18,8	0,001
Maturação	Variedade	[c]	28,8	16,1	0,001
Maturação		[b+c]	28,8	4,3	0,003
<b>Efeitos conjuntos</b>					
Variedade e maturação		[b]	0,0		
Resíduos		[d]	18,0		

<sup>a</sup>Baseado no teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações).

Tabela 1. Sumário do particionamento da variação explicada dos metabólitos de *E. uniflora* por meio de RDAs parciais.

Os resultados indicaram que a variação explicada na matriz resposta dos metabólitos pode ser particionada pelos dois subconjuntos de descritores, resultando em um modelo cujo resíduo foi 18,0% ([d]). Das frações da variação decorrentes dos efeitos puros, observaram-se percentuais mais elevados para a influência da variedade (53,2%; fração [a]) em relação ao do grau de maturação (28,8%; fração [b]), os quais foram altamente significativas ( $p < 0,001$ ). A fração resultante de sobreposição dos efeitos conjuntos dos descritores, por sua vez, não contribuiu para a variação explicada (fração [b]), sendo considerado nulo.

A análise de agrupamentos foi realizada utilizando os resultados da RDA com interação entre os fatores variedade e estágio de maturação. Inicialmente realizou-se a análise de agrupamento hierárquico (HCA) (Figura 3), utilizando os escores dos eixos canônicos significativos da RDA.

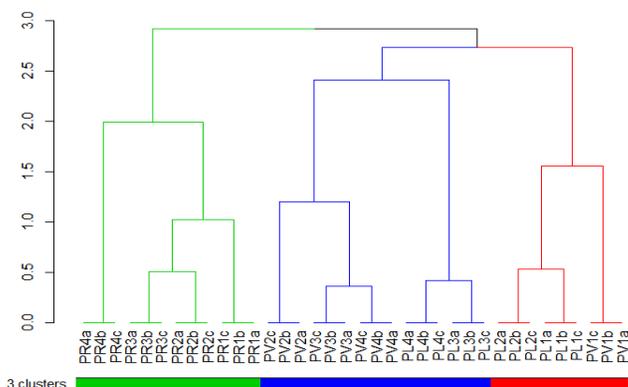


Figura 3. Dendrograma da casca/polpa de *E. uniflora* das variedades roxa (PR), vermelha (PV) e laranja (PL) nos estádios verde (E1), deves (E2), maduro (E3) e muito maduro (E4).

Para complementar a análise de agrupamento, aplicou-se a técnica não-hierárquica com lógica nebulosa (fuzzy) C-Means (Figura 4).

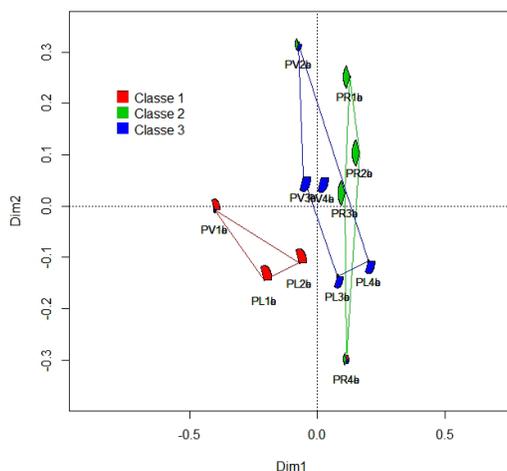


Figura 4. Ordenação das amostras pela técnica nebulosa não-hierárquica C-Means.

A partir das figuras 3 e 4 as amostras foram divididas em três classes de similaridade. A primeira classe foi formada por amostras dos estádios iniciais de maturidade (E1 e E2) das variedades vermelha e laranja, os quais apresentaram os mais altos teores de taninos e flavonoides. Todas as amostras do biótipo roxo foram incluídas na segunda classe, que se diferenciou pelo alto teor de cianidinas e menores teores de taninos e flavonoides. A última classe, por sua vez, envolveu as cascas/polpas dos estágios finais de maturidade das variedades vermelha e laranja, as quais se caracterizaram pelos mais altos teores

de pigmentos e baixas concentrações de taninos e flavonoides. Além disso, as amostras da variedade roxa apresentaram a maior variação ao longo de sua maturação e estão de acordo com a maior dispersão no diagrama de ordenação gerado pela técnica C-Means.

O mapa duplamente ordenado das amostras (colunas) e variáveis (linha) foi obtido pela média ponderada das variáveis nas amostras (Figura 5a).

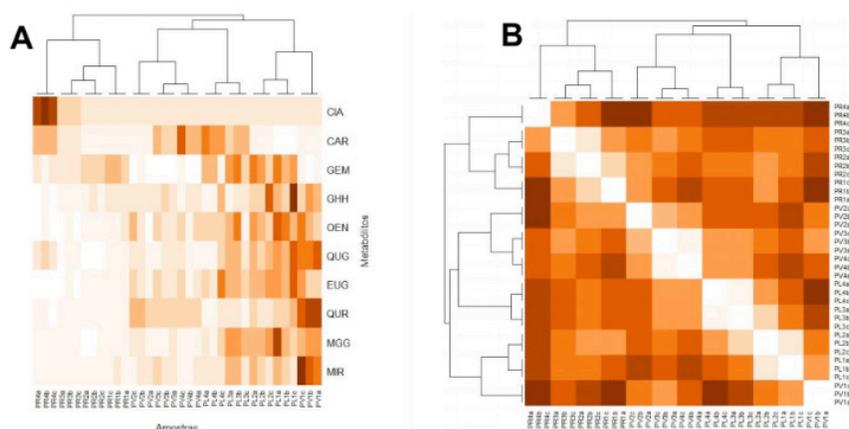


Figura 5. (A) Mapa duplamente ordenado das amostras de *E. uniflora* e as variáveis; (B) Mapa de calor entre as amostras. Variáveis: carotenoides (CAR), cianidina-3-glicose (CIA), quercetina-3-glucosídeo (QUG), quercetina-3-ramnosídeo (QUR), miricetina-3-ramnosídeo (MIR), mono-galoil-glicose (MGG), gemin D (GEM), eugeniflorina D<sub>2</sub> (EUG), 2-galoil-4,6-HHDF-glicose (GHH), oenoteína B (OEN).

Este mapa identifica, pelo gradiente de cor, o teor relativo de variáveis da matriz resposta no conjunto de amostras. Assim, as cascas/polpas da variedade roxa nos estádios E3 e E4 acumularam cianidina-3-glicose (CIA) na classe 2. Já os taninos GHH e EUG caracterizaram principalmente a classe 1 formada por amostras das variedades laranja e vermelha nos estádios E1 e E2. Os flavonoides QUR, QUG e MIR distinguiram as amostras do estágio E1 da variedade vermelha das demais amostras.

O mapa de calor (Figura 5b) produziu uma representação bidimensional indicando quanto as amostras dentro de uma classe se distinguiram entre si por meio de um gradiente de coloração. Neste diagrama as amostras roxas de estágio de maturidade E4 se diferenciaram muito das amostras roxas de estágio de maturidade E1. De fato, a RDA (Figura 2b), sugere que essa discrepância se dá principalmente pelo alto teor de cianidinas nos frutos roxos muito maduros (E4). Já a classe 1, composta pelas amostras dos estádios E1 e E2 das variedades laranja e vermelha, é a mais homogênea, apresentando uma variação menor de cores. De forma geral, a casca/polpa, ao longo da maturação, apresentou tendência crescente de antocianinas e carotenoides e decrescente de taninos hidrolisáveis e flavonoides, semelhante a outros frutos da família Myrtaceae, como ameixa de Java e jabuticaba (LESTARIO *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2017). A composição quantitativa

destas classes foi determinada por análise de variância (ANOVA) e encontra-se na Tabela 1.

Metabólitos	CV(%) <sup>1</sup>	Classe <sup>2</sup>		
		1	2	3
MGG <sup>3</sup>	30,9	<b>3,85 a</b>	1,55 c	2,28 b
GEM <sup>4</sup>	10,0	1,26 a	1,02 a	0,86 a
EUG <sup>4</sup>	7,8	<b>33,30 a</b>	9,28 c	21,72 b
GHH <sup>4</sup>	7,2	<b>37,43 a</b>	13,55 b	18,44 b
OEN <sup>4</sup>	7,1	<b>20,27 a</b>	8,39 c	14,78 b
MIR <sup>4</sup>	9,0	<b>3,75 a</b>	1,32 b	2,02 b
QUG <sup>4</sup>	5,6	<b>11,76 a</b>	4,80 c	6,44 b
QUR <sup>4</sup>	9,7	<b>20,84 a</b>	4,95 c	12,75 b
CIA <sup>5</sup>	32,4	1,85 c	<b>81,99 a</b>	5,25 b
CAR <sup>5</sup>	41,0	0,98 c	2,44 b	<b>4,46 a</b>

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. <sup>2</sup>1 (VE1, LE1, LE2); 2 (RE1, RE2, RE3, RE4); 3 (VE2, VE3, VE4, LE3, LE4).  
<sup>3</sup>Transformado pelo log(x), <sup>4</sup>raiz quádrupla(x) e <sup>5</sup>ordem dos mesmos (rank) na ANOVA. Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 1. ANOVA dos metabólitos (mg/100 g) da casca/polpa de pitanga nas classes.

A ANOVA indicou que a classe 1 se destacou pelos altos teores da maioria dos metabólitos. Cianidina-3-glicose (CIA) preponderou na classe 2, carotenoides (CAR) na classe 3, enquanto gemin D (GEM) não apresentou diferença significativa entre as classes. Uma análise mais realística acerca da variabilidade dos metabólitos entre as classes está representada graficamente (Figura 6) em um diagrama de ordenação dos resultados de uma análise de variância multivariada (MANOVA), segundo o teste de Anderson (2001).

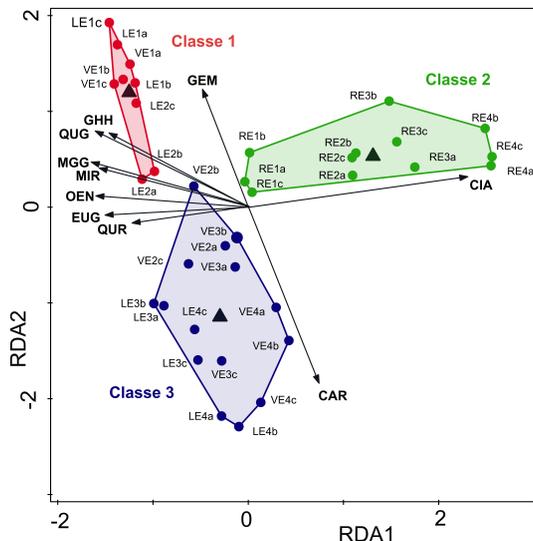


Figura 6. Diagrama (RDA) das amostras de casca/polpa de *E. uniflora* de acordo com a análise de variância multivariada (MANOVA), mostrando os centroides das classes como triângulos.

Os resultados da MANOVA indicaram homoscedasticidade multivariada nas matrizes de covariância ( $F = 3,0$ ;  $p = 0,062$ ), cujo modelo foi altamente significativo ( $F = 24,8$ ;  $p < 0,001$ ). Na figura 6, a importância dos metabólitos em cada classe está bem estabelecida, com destaque de CIA e CAR nas classes 2 e 3, respectivamente.

#### 4 | CONCLUSÃO

A casca/polpa de pitanga possui uma grande complexidade, com quatro grupos biossintéticos: carotenoides, antocianinas, flavonoides e taninos. A composição química das cascas/polpas foi dependente da variedade e do estágio de maturação dos frutos. A variedade laranja apresentou os maiores teores de taninos e compostos fenólicos, exceto cianidina-3-glicose. As análises multivariadas mostraram que nas amostras de casca/polpa houve separação, em função do grau de maturidade e da variedade do fruto, sendo que o aumento na concentração dos pigmentos e a diminuição nos teores de taninos e flavonoides, durante a maturação, foi o principal responsável pela separação das amostras. Os principais metabólitos responsáveis pela discriminação das amostras em três classes de similaridade foram cianidina-3-glicose (CIA), 2-galoil-4,6-HHDF-glicose (GHH), eugeniflorina  $D_2$  (EUG), quercetina-3-ramnosídeo (QUR) e carotenoides (CAR). As cascas/polpas podem ser consideradas como fontes de compostos antioxidantes e antimutagênicos (CARNEIRO *et al.*, 2017; FORTES *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2014) e podem ser utilizadas na prevenção de doenças degenerativas. Além disso, as amostras no estágio muito madura (E4), de todas as variedades, são fontes de carotenoides e provitamina A, enquanto que a variedade roxa

constitui uma fonte potencial do pigmento cianidina-3-O-glicosídeo (CIA).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (# 401188/2016-7).

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.

CARNEIRO, C. C. *et al.*, Cytotoxic and chemopreventive effects of gemin D against different mutagens using *in vitro* and *in vivo* assays. **Anti-Cancer Agents Medicinal Chemistry**, v. 16, p. 712-718, 2017.

CELLI, G. B.; PEREIRA-NETTO, A. B.; BETA, T. Comparative analysis of total phenolic content, antioxidant activity, and flavonoids profile of fruits from two varieties of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) throughout the fruit developmental stages. **Food Research International**, v. 44, n. 8, p. 2442-2451, 2011.

COSTA, D. P. *et al.* Influence of fruit biotypes on the chemical composition and antifungal activity of the essential oils of *Eugenia uniflora* leaves. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 5, p. 851-858, 2010.

FORTES, G. A. C. *et al.* Antioxidant activities of hydrolysable tannins and flavonoid glycosides isolated from *Eugenia uniflora* L. **Records of Natural Products**, v. 9, n. 2, p. 251-256, 2015.

KAUFMAN, L.; ROUSSEUW, P. J. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. John Wiley & Sons: NJ, Cap. 4, p. 164-197, 1990.

LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using Canoco**. Cambridge University Press: Cambridge, 2007.

LESTARIO, L. N. *et al.*, Changes in polyphenolics during maturation of Java plum (*Syzygium cumini* Lam.). **Food Research International**, v. 100, n. 3, p. 385-391, 2017.

OLIVEIRA, L. S. *et al.* Antioxidant metabolism during fruit development of different acerola (*Malpighia emarginata* D.C) clones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 32, p. 7957-7964, 2012.

PEREIRA, L. D. *et al.* Polyphenol and ellagitannin constituents of jaboticaba and chemical variability at different stages of fruit development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 6, p. 1209-1219, 2017.

PEREIRA, M. O. A.; FERRI, P. H.; SANTOS, S. C. Avaliação da evolução de compostos fenólicos durante o amadurecimento de frutos de três variedades de *Eugenia uniflora*. **Anais do 16º Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão**, Goiânia. p. 310, 2019.

RAMALHO, R. R. F. *et al.*, Variability of polyphenols and volatiles during fruit development of three pitanga (*Eugenia uniflora* L.) biotypes. **Food Research International**, v. 119, p. 850-858, 2019.

*R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, version 3.6.3, 2020.*

SILVA, C. A. *et al.* Genotoxicity and cytotoxicity evaluation of oenothein B and its protective effect against mitomycin c-induced mutagenic action. **Mutation Research**, v. 767, p. 8-12, 2014.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Adaptabilidade 13
- Adstringência 39
- Adubação 14, 15
- Amadurecimento 2, 4, 5, 11, 28, 29, 31
- Amostragem foliar 13
- Antimutagênicos 10
- Antioxidantes 10
- Antocianinas 2, 8, 10
- Aroma 28, 29, 33, 36, 38, 39, 40

### B

- Biossíntese 1
- Biótipos 1, 2
- Biotransformações 35

### C

- Características físico-químicas 29
- Carica papaya* 13, 14, 48, 51
- Cianidinas 7, 8
- Coloração 8, 16, 39
- Compostos voláteis 28, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39
- Concentração dos pigmentos 1, 10
- Cromatografia 2, 28, 30, 33, 36
- Cultivares 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

### E

- Erysiphe* 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50
- Espectrômetro de massas 36
- Eugenia uniflora* 1, 11, 12
- Evolução 1, 2, 11, 34, 36, 41, 42, 43, 48

### F

- Fermentação 28, 30, 33, 34, 35, 36, 38, 39
- Flavonoides 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10

Frutos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 38, 39

## G

Grupos biossintéticos 10, 32

## J

Jaboticaba 5, 8, 11, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40

## M

Macronutrientes 21, 24, 27

Mamão 14, 27, 48

Maturação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 31, 32

Mercado interno e externo 29

Micronutrientes 13, 14, 15, 16, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27

Monoterpenos 31, 32, 33, 36, 38

Mostos 28, 29, 30, 34

*Myrciaria cauliflora* 28, 29, 40

## N

Nutrição mineral 13

## O

Oídio 41, 42, 43, 48, 49

Óleos essenciais 2, 28, 36

Oxidação 35

## P

Pecíolos 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27

Período de colheita 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26

Pitanga 1

*Plinia cauliflora* 28

*Podosphaera* 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Polpa dos frutos 3, 4

Pomar 29, 30

Potencial econômico 29

Produtividade 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

## S

Sesquiterpenos 31, 32, 35, 36, 38

## T

Taninos 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10

Taxonomia 42, 47

Terpenos 28

## V

Variabilidade genética 13

Vinhos 2, 28, 29, 30, 33, 36, 37, 38, 39

Voláteis 28, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Características e importância econômica da FRUTICULTURA

## 2

  
Atena  
Editora  
Ano 2022

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Características e importância econômica da FRUTICULTURA

## 2

  
Atena  
Editora  
Ano 2022