### Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba	e
uvaia, frutas nativas da Mata Atlântica	

Aline Priscilla Gomes da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

#### Aline Priscilla Gomes da Silva Engenheira Agrônoma

## Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba e uvaia, frutas nativas da Mata Atlântica

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. ANGELO PEDRO JACOMINO

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Silva, Aline Priscilla Gomes da

Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba e uvaia, frutas nativas da Mata Atlântica / Aline Priscilla Gomes da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018. 103 p.

Tese (Doutorado)- - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Plinia edulis 2. Plinia trunciflora 3. Plinia cauliflora 4. Eugenia pyriformis Cambess I. Título

Nome: Silva, Aline Priscilla Gomes da

Título: Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba e uvaia, frutas

nativas da Mata Atlântica

Esse trabalho foi subvencionado pelo convênio FAPESP/CAPES para a concessão de bolsas em instituições públicas e privadas sem fins lucrativos de ensino superior do Estado de São Paulo, no período 01/12/2014 31/05/2018 (Processos FAPESP: 2014/13473-7 e 2016/03024-6). As opiniões, hipóteses conclusões e recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP e da CAPES.





À minha filha Ayxa, por me fazer desfrutar de algo tão lindo de que é o amor maternal. Por trazer mais alegria, felicidade e luz para todos os dias e me preencher de um amor sem igual. Você é a parte mais importante da minha vida.

À minha Mãe, Maria da Luz, por ser o meu alicerce, fonte de incentivo e amor nessa caminhada.

Dedico.

#### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por sempre me encorajar em todas as situações.

Aos meus pais, principalmente a minha mãe, Maria da Luz, por ter me dado total apoio e me incentivado nessa caminhada.

À minha filha Ayxa, por ser sempre um raio de luz na minha vida, por me preencher de tanto amor e sempre me incentivar.

Meus irmãos, principalmente a minha irmã, Immy Rebecca, por ser sempre tão companheira, por aguentar as minhas incansáveis conversas sobre o doutorado e sobre a vida.

Ao meu esposo, José Maurício, por todo carinho e companheirismo, desde o primeiro momento que cogitei vim para São Paulo para prestar o doutorado. Ter você aqui ao meu lado fez toda a diferença.

Ao prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino, pela orientação e amizade que muito contribuíram para meu amadurecimento profissional ao longo desses quatro anos.

Aos professores Dr. Eduardo Purgatto (DCF/USP) e Dr. Severino Matias de Alencar (DAAN/ESALQ) pela disponibilidade de uso em seus laboratórios, bem como na orientação em várias análises que trouxeram enorme contribuição para a finalização desse trabalho.

À Dr. Poliana Cristina Spricigo pela amizade e orientação, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, durante a execução desse trabalho.

Aos integrantes da banca, Dra. Márcia, Dra. Poliana, Dr. Severino e Dr. Eduardo, pelas revisões e contribuições para a melhoria desse trabalho.

Processo n°: 2014/13473-7 e 2016/03024-6, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos e suporte financeiro tanto da bolsa no Brasil

como no exterior. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 458123/2014-5).

Em nome de Ana Carolina Almeida Miguel, que foi uma das minhas mentoras e que tanto aprendi em sua breve estadia como pós-doc, deixo aqui os meus agradecimentos á todas as pessoas que tive a honra de conviver no laboratório de pós-colheita de produtos hortícolas.

Ao Dr. Luis Cisneros-Zevallos e ao grupo de pesquisa do laboratório Plant Bioactives & Bioprocessing Research na Texas A&M University pelo apoio e momentos de amizade durante o meu tempo de intercâmbio.

À secretária do programa de Fitotecnia, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela paciência e auxílio durante o curso.

A todos os funcionários da horta, pelo auxílio nos diversos momentos durante esse doutorado.

Ao Dr. Sérgio Sartori e Helton Muniz pelo apoio e pela disponibilidade de acesso as suas propriedades para coleta das frutas.

A todos os amigos e pessoas que cruzaram o meu caminho (tanto no Brasil como no exterior) e aos mestres (José Alves Barbosa e Silvanda de Melo Silva), que tanto me ajudaram, incetivaram e torceram por mim, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, durante esse período de doutorado e de vida acadêmica, deixo aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

Gratidão.

### **EPÍGRAFE**

"Saber não é suficiente; nós devemos aplicar. Querer não é suficiente; nós devemos fazer."
- Goethe

### SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS	11
Referências	13
2 <i>Plinia edulis</i> : FRUTA NATIVA BRASILEIRA DE ALTO POTENCIAL I AMEAÇADA DE EXTINÇÃO	
Resumo	15
Abstract	15
2.1 Introdução	16
2.2 Material e métodos	16
2.3 Resultados e discussão	20
2.4 Conclusão	26
Referências	26
3 JABUTICABA 'PÊNDULA' ( <i>Plinia trunciflora</i> ) E JABUTICABA 'PONHI cauliflora): DUAS ESPÉCIES RICAS EM TERPENOS E MINERAIS	
Resumo	33
Abstract	33
3.1 Introdução	34
3.2 Material e métodos	35
3.3 Resultados e discussão	39
3.4 Conclusão	54
Referências	54
4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMPOSTOS FUNCIONAIS EM SEIS A UVAIA, FRUTA NATIVA DA MATA ATLÂNTICA BRASILEIRA	
Resumo	63
Abstract	63
4.1 Introdução	64
4.2 Material e métodos	65
4.3 Resultados e discussão	70
4.4 Conclusão	92
Referências	92
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103

#### **RESUMO**

## Composição química e propriedades funcionais de cambucá, jabuticaba e uvaia, frutas nativas da Mata Atlântica

O território brasileiro possui uma grande diversidade de biomas, que apresentam uma extraordinária variedade de espécies de plantas, incluindo algumas frutas peculiares. Um dos biomas de maior destaque é a Mata Atlântica, que originalmente se estendia desde o Sul até o Nordeste da costa brasileira, mas atualmente apresenta pouca área da vegetação original, sendo reconhecido como um dos biomas mais degradados pela ação antropológica no mundo. Diante disso, objetivou-se avaliar o cambucá (Plinia edulis), duas espécies de jabuticaba (Plinia trunciflora e Plinia cauliflora) e seis acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess) ('Comum', 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas', 'Pêra', 'Rugosa Doce' e 'Dura') quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos, químicos e às propriedades funcionais. O Cambucá foi coletado em Campina do Monte Alegre e a jabuticaba e uvaia em Rio Claro, quando se apresentaram aptas para o consumo, com coloração característica. Foram realizadas análises físicas (massa fresca, comprimento, diâmetro, cor da casca, firmeza e rendimento de polpa), físico-químicas (teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH), químicas (açúcares solúveis e ácidos orgânicos por HPLC, perfil dos compostos voláteis por SPME-CG/MS, composição centesimal e composição mineral por ICP-OES), compostos bioativos (ácido ascórbico, flavonoides totais, carotenoides totais, antocianinas monoméricas totais e compostos fenólicos totais) e capacidade antioxidante (DPPH e ORAC). O cambucá contém teores elevados de açúcares, fibras alimentares e minerais. A jabuticaba 'Pêndula' demonstrou alta relação entre os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos do que a jabuticaba 'Ponhema'. No entanto, a jabuticaba 'Ponhema' apresenta maior massa fresca e firmeza. Ambas as espécies contêm teores elevados dos minerais P, K e Ca, lipídios, proteínas e fibras alimentares. Além disso, possuem conteúdos significativos de ácido ascórbico, antocianinas monoméricas totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e elevada capacidade antioxidante. Os acessos de uvaia 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas' apresentaram elevados conteúdos de açúcares, enquanto os acessos 'Rugosa' e 'Pêra' foram os menos ácidos. Teores elevados de flavonoides totais, compostos fenólicos totais e boa capacidade antioxidante foram reportados nos acessos 'Rugosa' e 'Rugosa Doce'. Além disso, jabuticaba e uvaia apresentaram terpenos, que podem ser benéficos quando incluídos na alimentação, como matéria-prima na indústria e/ou na área farmacêutica. Cambucá, jabuticaba e uvaia demonstram quantidades elevadas de compostos nutricionais como às fibras alimentares e minerais, com perspectiva promissora de utilização da matéria-prima em diversos setores da indústria.

Palavras-chave: Plinia edulis; Plinia trunciflora; Plinia cauliflora; Eugenia pyriformis Cambess; Compostos bioativos

#### **ABSTRACT**

## Chemical composition and functional properties of cambuca, jabuticaba and uvaia, native fruits of the Atlantic Forest

The Brazilian territory presents a great diversity of biomes, that present an extraordinary variety of species of plants, including some peculiar fruits. One of the most important biomes is the Atlantic Forest, where it originally extended from the South to the Northeast of the Brazilian coast, but currently presents little area of the original vegetation, being recognized as one of the biomes more degraded by the anthropological action in the world. The objective was to evaluate the fruits of cambuca (Plinia edulis), two species of jabuticaba (Plinia trunciflora and Plinia cauliflora) and six accessions of uvaia (Eugenia pyriformis Cambess) ('Comum', 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas', 'Pêra', 'Rugosa Doce' e 'Dura') for the physical, physicochemical, chemical parameters and functional properties. The cambuca fruits were collected in Campina do Monte Alegre and the jabuticaba and uvaia fruits in Rio Claro, when all were fit for consumption with the characteristic coloration. Physical (fresh mass, length and diameter size, skin color, firmness and pulp of yield), physicochemical (soluble solids content, titratable acidity and pH), chemical (soluble sugars and organic acids by HPLC, profile of volatile compounds by SPME-CG/MS, centesimal composition and mineral composition by ICP-OES), bioactive compounds (ascorbic acid, total flavonoids, total carotenoids, total monomeric anthocyanins and total phenolic compounds) and activity capacity (DPPH and ORAC) analysis were performed. Cambucá fruits showed high levels of sugars, dietary fibers and minerals. Jabuticaba 'Pêndula' fruits presented higher ratio between soluble sugars and organic acids than the 'Ponhema' jabuticaba fruits. On the other hand, jabuticaba 'Ponhema' fruits have a higher fresh mass, and firmer fruits than 'Pêndula' jabuticaba fruits. Both species has significant content of ascorbic acid, total monomeric anthocyanins, total flavonoids, total phenolic compounds and high antioxidant capacity, as well as P, K and Ca minerals, lipids, proteins and dietary fibers. 'Rugosa Doce' and 'Doce do Patos de Minas' accessions of uvaia presented high sugar contents, while the 'Rugosa' and 'Pêra' accessions were the less acidic. High levels of total flavonoids, total phenolic compound and greater antioxidant capacity were reported in 'Rugosa' and 'Rugosa Doce' accessions. Moreover, jabuticaba and uvaia fruits showed terpenes, which may be beneficial both when included in the food, as raw material for food and pharmaceuticals industries. Cambuca, jabuticaba and uvaia showed high levels of nutritional compounds such as dietary fibers and minerals, promising perspective of the use of raw materials in several sectors of industry.

Keywords: *Plinia edulis*; *Plinia trunciflora*; *Plinia cauliflora*; *Eugenia pyriformis* Cambess; Bioactive compounds

#### 1 INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS

O território brasileiro apresenta uma grande diversidade de biomas, dentre os quais se destaca a Mata Atlântica, que abriga uma variedade de espécies frutíferas (ALEZANDRO et al., 2013; RIGUEIRA et al., 2013). A Mata Atlântica abrangia uma área equivalente a 1.315.460 km² e estendia-se originalmente ao longo de 17 Estados (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí). Hoje, restam 8,5% de remanescentes florestais acima de 100 hectares do que existia originalmente. Somados todos os fragmentos de floresta nativa acima de 3 hectares, restam somente 12,5%. Trata-se de uma das áreas mais ricas em biodiversidade e, ao mesmo tempo, uma das mais ameaçadas do planeta e também decretada Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional, na Constituição Federal de 1988. A composição original da Mata Atlântica é um mosaico de vegetações definidas como florestas ombrófilas densa, aberta e mista; florestas estacionais decidual e semidecidual; campos de altitude, mangues e restingas (SOS Mata Atlântica; INPE, 2014).

O Brasil desponta como o terceiro produtor mundial de frutas tradicionais, apresentando uma área cultivada com frutas, de aproximadamente 2,3 milhões de hectares. As frutas que mais contribuem no volume total da produção brasileira são laranja, banana, uva, abacaxi, maçã e mamão, que juntas, somam aproximadamente 73% da produção de 44 milhões de toneladas (IBGE, 2016). No entanto, frutas nativas, tais como as da Mata Atlântica, apesar de apresentarem características diferenciadas em função da aparência exuberante, sabores e aromas peculiares e propriedades nutricionais, praticamente não são exploradas comercialmente (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

A família Myrtaceae apresenta grande potencial econômico. Dentre as espécies nativas, podemos citar os representantes dos gêneros *Campomanesia*, conhecidas como guabiroba, sete-capotes, cambuci; *Eugenia* compreendendo pitanga, uvaia, cabeludinha, cereja, cambucá e grumixaba; *Plinia*, as conhecidas jabuticabas e *Psidium* com diversos tipos de goiabas e araçás (ROMAGNOLO, 2009). Suas espécies são utilizadas na alimentação, ornamentação e com fins medicinais. Existem numerosas espécies frutíferas, algumas exploradas comercialmente como a goiabeira (*Psidium guajava*), a jabuticabeira (*Plinia cauliflora*) e a pitangueira (*Eugenia uniflora*) nas formas fresca e processada (LORENZI et al., 2006). No entanto, há frutas nativas dessa família que ainda não são conhecidas. A caracterização das frutas tem atraído o interesse da comunidade científica juntamente com a quantificação dos seus componentes bioativos, pois são importantes para a compreensão do seu valor nutritivo e

de suas propriedades funcionais (CANUTO et al., 2010). Entre estes compostos destacam-se os antioxidantes, tais como fenólicos, flavonoides, carotenoides e antocianinas, os quais têm recebido atenção significativa, por protegerem o corpo humano contra o estresse oxidativo, prevenindo a ocorrência de doenças crônico-degenerativas (ALMEIDA et al., 2011).

Os compostos fenólicos têm despertado grande interesse devido ao seu alto teor nos vegetais e elevado poder antioxidante, capaz de remover radicais livres, quelar íons metálicos com atividade redox, modular a expressão gênica e interagir com os mecanismos de sinalização celular; sendo atribuída grande parte de sua bioatividade a estas características (SOOBRATTEE et al., 2005). Rufino et al. (2010) reportaram conteúdos significativos de flavonoides amarelos e de polifenóis extraíveis totais na polpa de frutas de espécies da família Myrtaceae como camu-camu (42,2 mg 100 g<sup>-1</sup> peso fresco (FW); 1176 mg 100 g<sup>-1</sup> de ácido gálico em FW), jabuticaba (147,0 mg 100 g<sup>-1</sup> FW; 440 mg 100 g<sup>-1</sup> de ácido gálico FW) e murta (207,0 mg 100 g<sup>-1</sup> FW; 610 mg 100 g<sup>-1</sup> de ácido gálico FW).

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios e de outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cascata. O sistema de defesa antioxidante reduz os danos provocados pelas espécies reativas de oxigênio. Pereira et al. (2012) avaliando a capacidade antioxidante de três frutas da família da Myrtaceae encontraram teores de 0,3 mg g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, para a goiaba amarela e de 30,58 mg g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico para a guabiroba. Rufino et al. (2010) analisando a capacidade antioxidante total em frutas de camu-camu, jabuticaba, jambolão, murta e uvaia registraram valores de 478, 1472, 3025, 936 e 3247 g g<sup>-1</sup> trolox FW, respectivamente.

A composição da fração volátil em frutas é essencial para a caracterização e identificação destes materiais. O sabor e o aroma são os principais atributos para análise sensorial e a aceitação do consumidor é determinada pela combinação de muitas moléculas voláteis (BICAS et al., 2011). Em sua matriz original, as moléculas voláteis naturais geralmente agem como sinais químicos que atraem polinizadores, detectam inimigos e atuam como feromônios, além de apresentar outras propriedades. Nas frutas e hortaliças, os produtos voláteis que representam o seu sabor característico são geralmente ésteres, aldeídos, alcoóis, terpenos ou seus derivados. Por vezes, uma substância isolada é capaz de refletir o sabor aproximado de um produto e, neste caso, é chamado de "composto de impacto". Porém, em algumas circunstâncias, é a combinação de substâncias que, em conjunto, interagem com os receptores da mucosa nasal e é interpretado pelo cérebro para criar uma impressão sensorial típica para cada produto. Em todos os casos, os compostos de aroma são de extrema importância para caracterizar uma fruta (BICAS et al., 2011).

Dentre os compostos que apresentam capacidade antioxidante podem ser citados o ácido ascórbico e os polifenóis. O ácido ascórbico é um metabólito primário das plantas que funciona como antioxidante, cofator enzimático e modulador de sinalização celular em uma ampla variedade de processos fisiológicos fundamentais, incluindo a biossíntese da parede celular, metabólitos secundários e fitohormônios, resistência ao estresse, fotoproteção, divisão celular e crescimento (WOLUCKA et al., 2005).

Os polifenóis podem apresentar propriedades antioxidantes, protegendo as células contra os efeitos prejudiciais dos radicais livres produzidos em excesso durante o metabolismo vegetal, apresentando importância também para o processamento de frutas devido ao seu envolvimento no mecanismo de escurecimento enzimático (RUPASINGHE, 2008). Baseado no exposto, objetiva-se a partir do presente trabalho estudar as frutas nativas como o cambucá, jabuticaba e uvaia, para determinar sua composição química e as propriedades funcionais, visando agregar valor aos mesmos.

#### Referências

ALEZANDRO, M. R.; DUBÉ, P.; DESJARDINS, Y.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Comparative study of chemical and phenolic compositions of two species of jaboticaba: *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg and *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg. **Food research international**, v. 54, n. 1, p. 468-477, 2013.

ALMEIDA, M. M. B., SOUZA, P. H. M., ARRIAGA, A. M. C., PRADO, G. M. P., MAGALHÃES, C. E. C., MAIS, G. A. M. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v.44, p.2155-2159, 2011.

AGOSTINI-COSTA, T. D. S.; SILVA, D. D.; VIEIRA, R. F.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 12-25, 2006.

BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONÍSIO, A. P.; BARROS, F. F. C.; WAGNER, R.; MARÓSTICA JR, M. R.; PASTORE, G. M. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 1843-1855, 2011.

CANUTO, G. A.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p. 1196-1205, 2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Rio de Janeiro: LSPA, 2012. Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl. Acesso em: 10 fevereiro 2017.

LORENZI, H.; BACHER, L., LACERDA, M.; SARTORI, S. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum, 2006.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F., DE O. RIOS, A.; VIZZOTTO, M.; FLORES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.60, p. 3061-3067, 2012.

RIGUEIRA, D. M. G.; DA ROCHA, P. L. B.; MARIANO-NETO, E. Forest cover, extinction thresholds and time lags in woody plants (Myrtaceae) in the Brazilian Atlantic Forest: resources for conservation. **Biodiversity and conservation**, v.22, p. 3141-3163, 2013.

ROMAGNOLO, M.B. **A família Myrtaceae na Estação Ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR:** projeto de pesquisa. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, 2009. 22p.

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

RUPASINGHE, H. P. V. The role of polyphenols in quality, postharvest handling, and processing of fruits In: PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANDA, A. K.; LURIE, S. (eds) **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flowers.** Wiley-Blackwell Publishing, cap 2, p. 260-281, 2008.

SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2014. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2000 a 2013. <a href="http://www.sosmatatlantica.org.br">http://www.sosmatatlantica.org.br</a>.

SOOBRATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S.; LUXIMON-RAMMA, A.; ARUOMA, O. I., BAHORUN, T. Phenolics as potencial antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. **Mutation Resarch**, v.579, p. 200-213, 2005.

WOLUCKA, B. A.; GOOSSENS, A.; INZE, D. Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 2527-2538, 2005.

# 2 Plinia edulis: FRUTA NATIVA BRASILEIRA DE ALTO POTENCIAL FUNCIONAL AMEAÇADA DE EXTINÇÃO

Aline Priscilla Gomes da Silva<sup>1</sup>, Poliana Cristina Spricigo<sup>1</sup>, Eduardo Purgatto<sup>2</sup>, Severino Matias de Alencar<sup>3</sup>, Angelo Pedro Jacomino<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Produção Vegetal. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: alinepgsilva@gmail.com, polianaspricigo@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Ciências Alimentares e Nutrição Experimental/NAPAN/FORC - Centro de Pesquisa de Alimentos. São Paulo, Brasil. E-mail epurgatt@usp.br.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: smalencar@usp.br.

#### Resumo

Plinia edulis é uma árvore frutífera nativa da Mata Atlântica, referida como uma espécie em extinção. Sua fruta apresenta sabor atrativo e aroma característico, conhecidos popularmente como cambucá. O presente estudo relata pela primeira vez a composição química, como os açúcares e os ácidos orgânicos (HPLC), compostos voláteis (SPME-CG/MS), a composição centesimal e a composição mineral (ICP-OES). Além disso, os compostos bioativos, tais como os flavonoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante foram determinados. Foi possível observar teores consideráveis de flavonoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos, capacidade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH e ORAC, proteínas e fibras, além de níveis elevados de minerais como fósforo, potássio e ferro. Esses resultados demonstram que o cambucá é uma boa fonte de compostos bioativos, compostos nutricionais importantes como fibras e minerais, com perspectiva de ser considerado um alimento funcional, com potencial para ser utilizado como matéria-prima na indústria de alimentos e farmacêutica.

Palavras-chave: Fruta da Mata Atlântica; Cambucá; Capacidade antioxidante; Compostos voláteis; HPLC

#### Abstract

Plinia edulis is a fruit tree native to the Brazilian Atlantic Forest currently listed as an endangered species. Its fruits have an attractive flavor and characteristic aroma and are known popularly as cambucá. This study assessed for the first time the sugar and organic acids contents (HPLC), volatile compounds (SPME–GC/MS), proximate composition, and mineral composition (ICP–OES). In addition, bioactive compounds total flavonoids, ascorbic acid, total phenolic compounds, and antioxidant capacities were determined. Cambucá fruits showed considerable amounts of total flavonoids, ascorbic acid, phenolic compounds, protein and fiber, in addition to elevated levels of minerals, and exhibited antioxidant activity by the DPPH and ORAC free radical scavenging assays. The results show that cambucá is a good source of bioactive compounds and nutritional compounds such as dietary fiber and minerals, and a promising raw material for food and pharmaceuticals industries that can also be developed into a functional food.

Keywords: Atlantic Forest fruit; Cambucá; Antioxidant capacity; Volatile compounds; HPLC

<sup>\*</sup>Autor correspondente: jacomino@usp.br

#### 2.1 Introdução

O Brasil apresenta diversidade de biomas com extraordinária variedade de espécies de plantas, incluindo algumas frutas comestíveis (Alezandro et al., 2013). Um desses biomas é a Mata Atlântica, que originalmente se estendia desde o Sul até o Nordeste da costa brasileira e atualmente é reconhecido como um dos mais degradados pela ação antropológica (Ribeiro et al., 2009). O cambucá é uma fruta atraente por sua coloração amarela-alaranjada na polpa e sabor doce-acidulado, contudo, trata-se de uma espécie praticamente em extinção, devido a significativa redução da quantidade de suas plantas.

Além da oferta de sabores e aromas peculiares, o reconhecimento dos recursos genéticos nativos pode fomentar a sua preservação. O interesse mundial em frutas nativas do Brasil tem sido incrementado progressivamente devido a potencialidade da riqueza de compostos bioativos para desativar os radicais livres, bem como ações anti-inflamatórias, antimicrobianas e anticancerígenas. A dieta humana contemporânea não se limita apenas a fornecer nutrientes adequados aos requisitos metabólicos, mas trazer benefícios para a manutenção e melhoria da saúde. As frutas nativas têm mostrado potencial funcional, que auxiliam na prevenção de doenças (Rufino et al., 2010; Alezandro et al., 2013; Moo-Huchin et al., 2014; Li et al., 2016). Consequentemente a identificação e quantificação de princípios ativos atraem diversos setores da economia e também consumidores (La Barbera et al., 2017).

Como parte de um projeto que investiga frutas nativas da Mata Atlântica brasileira, é relatado pela primeira vez os compostos bioativos como flavonoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante, açúcares, ácidos orgânicos, perfil de compostos voláteis, composição centesimal e composição mineral em cambucá, uma fruta nativa rara e ameaçada de extinção.

#### 2.2 Material e métodos

#### 2.2.1 Amostras

Cerca de 4 quilos de cambucá (*Plinia edulis*) foram colhidos manualmente por torção, em estádio maduro, no município de Campina do Monte Alegre, São Paulo, Brasil (latitude 23°35'31" S - longitude 48°28'38" O). Todas as frutas foram coletadas em janeiro de 2015.

Frutas sem defeitos foram selecionadas, higienizadas e imediatamente armazenadas a -80°C. Antes das análises em peso fresco e seco, a polpa e a casca foram separadas manualmente, sendo a polpa triturada e a casca e sementes descartadas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### 2.2.2 Experimental

#### 2.2.2.1 Características físico-químicas

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratômetro digital Atago PR-101, Palette e resultados expressos em °Brix (AOAC, 2012). A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> (AOAC 942.15) e os resultados expressos em g de ácido cítrico por 100 g<sup>-1</sup>. O pH foi mensurado em um pHmetro digital (Tecnal, Tec-CMP, Piracicaba, São Paulo, Brasil) (AOAC, 2012) (Material suplementar 1).

Pesaram-se as frutas individualmente para a massa fresca em balança analítica (Catel-Gehara, BG 2000), com os resultados expressos em gramas, sendo também aferido o tamanho (comprimento e diâmetro) com paquímetro (ZAAS Precision), com os valores expressos em cm. A coloração externa foi avaliada com colorímetro Minolta<sup>®</sup>, modelo CR-300, com os resultados expressos em luminosidade (L\*), cromaticidade (C) e ângulo *hue* (°hue). A firmeza das frutas foi determinada na casca com um penetrômetro (TR-Turoni, Forli - Italy) e o rendimento em polpa foi obtido pela diferença entre a massa da fruta inteira e a massa da casca+sementes, sendo expresso em porcentagem (Material suplementar 1).

#### 2.2.2.2 Açúcares solúveis

A extração dos açúcares foi realizada de acordo com o descrito por Cordenunsi, Shiga, e Latojo (2008). Os açúcares (glicose, frutose e sacarose) foram quantificados por HPLC (Dionex DX-500, Sunnyvale - California USA), com detecção em pulso amperométrico, coluna Carbopac PA1 (4x250mm), em corrida isocrática com fluxo de 1 mL min<sup>-1</sup> de NaOH 18 mM, durante 25 min. Padrões de glicose, frutose e sacarose (Sigma-Aldrich) foram utilizados para as curvas de calibração. Os resultados foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco.

#### 2.2.2.3 Ácidos orgânicos

A extração foi realizada pelo método descrito por Amorós et al. (2003), e quantificados pelo cromatográfico HP 1100 equipado com detector de arranjo diodos. A coluna cromatográfica usada foi a REZEX ROA-Organic Acid H+ (300, 7,8 mm, 8 μm tamanho de partícula) e a fase móvel foi ácido fosfórico a 0,1%, com vazão de 0,5 mL min<sup>-1</sup>. As curvas de calibração foram feitas com padrões dos ácidos cítrico, succínico, tartárico, málico e láctico. Os resultados foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco.

#### 2.2.2.4 Compostos orgânicos voláteis (VOCs)

A identificação dos compostos orgânicos voláteis nas frutas foi determinada pela técnica de micro-extração em fase sólida (SPME). O preparo da amostra foi realizado como descrito por Gomes, Fabi, e Purgatto (2016). Os compostos foram determinados por cromatografia gasosa – espectrometria de massas Hewlett-Packard 6890 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, EUA) (GC-MS). Os componentes foram separados usando uma coluna capilar Supelcowax 10 (30 m×0,25 mm×0,25 μm). Os compostos voláteis foram identificados em comparação com a biblioteca NIST (NIST08, version 2.0, Gaithersburg, USA). As análises foram realizadas em triplicata.

#### 2.2.2.5 Composição centesimal

O teor de umidade foi determinado segundo a metodologia 950.46 descrita pela AOAC (2005), com os resultados expressos em porcentagem de umidade. As cinzas foram determinadas segundo o método 940.26 descrito pela AOAC (2005). As proteínas foram quantificadas pelo método de micro-Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Johnson e Ulrich (1959). Os lipídios foram determinados com a extração em hexano com aparelho de Soxhlet durante 8 h (AOCS, 2003). As fibras alimentares (insolúvel e solúvel) foram determinadas segundo o método gravimétrico-enzimático (Asp, Johansson, Hallmer, & Siljestrom, 1983). Os carboidratos disponíveis foram determinados pela diferença, usando a fórmula carboidratos = 100 - (% cinza +% proteínas+ % lipídios + % fibras). Com exceção da umidade, todos os outros compostos foram quantificados em g 100 g<sup>-1</sup> de peso seco.

#### 2.2.2.6 Composição mineral

Os minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram quantificados de acordo o método descrito por Malavolta, Vitti, e Oliveira (1997), por digestão nitro-perclórica e determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP-OES). Os resultados estão expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de peso seco.

#### 2.2.2.7 Compostos bioativos

#### 2.2.2.7.1 Flavonoides totais, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais

Os conteúdos de flavonoides totais foram determinados conforme a metodologia proposta por Zhishen, Mengcheng, e Jianming (1999). Alíquotas das frutas (0,4 g) foram dissolvidas em 4 mL de água deionizada. Essa solução (0,5 mL) foi mixada com 2.72 mL de

etanol (30%), 0,12 mL denitrito de sódio (0,5 mol/L),0,12 mL de cloreto de alumínio hexahidratado (0,3 mol/L), e 0,8 mL de hidróxido de sódio (1 mol/L). Após incubação a temperatura ambiente, a absorbância da mistura da reação foi feita a 510 nm em um espectrofotômetro (Biochrom Libra S22) usando água destilada como branco. Catequina foi escolhida como padrão. Os resultados foram expressos em mg de catequina por 100 g<sup>-1</sup> de polpa fresca.

Para o ácido ascórbico, a determinação foi realizada de acordo com o método descrito por Pasternak et al. (2005), com modificações. O ácido ascórbico (AA) foi extraído com ácido metafosfórico (3% p/v) e analisado por HPLC de fase reversa, em um sistema Hewlett-Packard 1100 composto de um amostrador automático e bomba quaternária acoplada a um detector de matriz de diodos. O total de AA foi estimado após redução de ácido dehidroascórbico (ADH) com ditiotritol 10 mM. Os resultados foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> peso fresco.

O conteúdo total de compostos fenólicos foi determinado pelo método do Folin-Ciocalteu descrito por Woisky e Salatino (1998). As amostras frescas (1g) foram incorporadas a 2,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu (1: 10), 2 mL da solução de carbonato de sódio a 4% (p/v) e ficaram em repouso no escuro por 2 h. A absorbância a 740 nm foi medida usando o espectrofotômetro Biochrom Libra S22. Os resultados foram expressos como mg 100 g<sup>-1</sup> de equivalente de ácido gálico (GAE) em peso fresco.

#### 2.2.2.8 Capacidade antioxidante (DPPH e ORAC)

O teste pelo sequestro do radical livre 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH) foi feito de acordo com o método descrito por Tiveron et al. (2012). A capacidade antioxidante da polpa para eliminar os radicais DPPH foi calculada como porcentagem de inibição e expressa em µmol trolox g<sup>-1</sup> da amostra em peso fresco.

O ensaio do ORAC foi feito de acordo com o método descrito por Melo et al. (2015). A reação foi realizada a 37°C e a absorbância medida a cada minuto durante 2 h a 485 e 528 nm, nos comprimentos de onda de excitação e emissão, respectivamente, usando uma leitora de microplacas (Molecular Devices, LLC, Sunnyvale, CA, EUA). A solução de trolox foi usada como padrão em concentrações que variaram de 12,5 a 400 μM. Os resultados foram expressos como μmol trolox g<sup>-1</sup> da amostra em peso seco.

#### 2.2.3Análise dos dados

Os valores médios e desvios-padrões foram calculados utilizando o software Microsoft Excel.

#### 2.3 Resultados e discussão

#### 2.3.1 Açúcares solúveis e ácidos orgânicos

Os teores dos açúcares (glicose, frutose, sacarose e a somatória desses açucares) estão descritos na Tabela 1.

O cambucá apresentou um alto teor total de açúcar, 8245,14 mg 100 g<sup>-1</sup> peso fresco, onde os açúcares predominantes em ordem decrescente foram frutose, sacarose e glicose. Os resultados avaliados aqui para glicose são semelhantes aos relatados por Cordenunsi, Shiga, e Lajolo (2008) para a banana cv. Nanicão. Por outro lado, o teor de frutose encontrado foi 1,5 vez maior. Para sacarose, o teor determinado foi 7,5 vezes menor do que o encontrado por Cordenusi, Shiga, e Lajolo (2008). Esses resultados demonstram que a fruta de cambucá, assim como a banana, pode ser considerada como uma alta fonte de alta energia natural para a alimentação humana.

Os ácidos orgânicos (cítrico, succínico e o somatório) estão descritos na Tabela 1.

Para os ácidos orgânicos foram verificados a presença do ácido cítrico, succínico, tartárico, málico e láctico. No entanto, apenas os ácidos cítrico e succínico foram detectados na polpa de cambucá. O principal ácido orgânico na polpa do cambucá foi o ácido succínico, com um valor 11.5 vezes maior do que o ácido cítrico. O alto teor de ácido succínico difere de uma extensa gama de frutas tropicais, que apresentam predominante ácido cítrico, como é o caso do abacaxi, banana, maracujá, melancia e melão (Morais et al., 2015).

O ácido succinico e seus derivados têm sido referenciado na literatura como composto de propriedade imunoestimulante, atividade anti-inflamatória e antiproliferativa contra células tumorais de carcinoma pulmonar (LLC), bem como contra doenças cardiovasculares (Nakamura et al., 2004; Chien et al., 2008).

Tabela 1. Glicose, frutose, sacarose e soma dos teores de açúcares solúveis, ácido cítrico, ácido succínico e soma dos teores de ácidos orgânicos (mg 100 g<sup>-1</sup> peso fresco) de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Características	VM±DP <sup>a</sup>		
Açúcares			
Glicose	2203,23±3,7		
Frutose	3128,11±0,10		
Sacarose	2913,8±3,9		
Soma dos teores de açúcares	8245,14±2		
Ácidos			
Ácido cítrico	7,66±8,20		
Ácido succínico	89,88±8,73		
Soma dos teores de ácidos	97,54±16,86		

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>VM=valores médios; DP=desvios-padrões.

#### 2.3.2 Compostos orgânicos voláteis

Os componentes orgânicos voláteis identificados na polpa de cambucá estão mostrados na Tabela 2.

Foram identificados 15 compostos, cujo os principais componentes voláteis foram os alcoóis e os aldeídos, correspondendo a 40% dos compostos identificados. Também foi verificada a presença de hidrocarbonetos, monoterpeno, alcano, alceno, cetona, furano, ácido benzóico e éster. Pelos resultados obtidos, a polpa da fruta de cambucá pode ser descrita por notas doces e frescas, com aspecto frutado.

Tabela 2. Identificação dos principais componentes voláteis por SPME combinado com GC-MS na polpa de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Peak	Composto	TR	Grupo químico	Descrição do odor <sup>a</sup>
1	Etanol	3.967	Álcool	Doce, purgente
2	Tolueno	6.038	Hidrocarboneto aromático não- terpeno	Pungente, caramelo
3	Hexanal	7.259	Aldeído	Frutado, gramíneo
4	1-chlorooctano	9.321	Hidrocarboneto halogenado	n.d
5	Limoneno	11.84	Monoterpeno	Cítrico, frutado
6	1-Chloroheptano	14.532	Alcano	Oleoso, verde
7	Ácido heptanóico, éster metílico	16.632	Ester	n.d
8	Octanal	16.721	Aldeído	Cítrico, frutado
9	6-Methyl-5-hepten-2-ono	19.24	Cetona	Oleoso, purgente
10	Nonanal	22.526	Aldeído	Citrus, verde
11	3-Acetyl-2,5-furano dimetil	24.17	Furano	Doce, nozes
12	1-Heptanol	26.169	Álcool	Fresco, nozes
13	1-Octanol	32.142	Álcool	Ervas, floral
14	Ácido benzoíco	35.368	Ácido benzoíco	n.d
15	1-Heptene, 5-metil-	37.267	Alceno	n.d

awww.pherobase.com; n.d= não determinado

A sapodilla (*Manilkara sapota* L., Sapotaceae), fruta nativa da América Central e cultivada na região amazônica do Brasil apresentou na principal fração de volátil os componentes ésteres e álcoois (Uekane et al., 2017), descrição similar aos relatados para a polpa de cambucá.

#### 2.3.3 Composição centesimal

A Tabela 3 apresenta a composição centesimal do cambucá.

Foram encontrados elevados teores de cinzas, proteínas e principalmente de fibras. Esses teores são superiores aos encontrados por Morais et al (2017), quando analisaram a polpa de abacaxi e banana. O consumo de 200 g de polpa de cambucá fresco pode fornecer a *Recommended Dietary Allowances* (RDA) de fibras para adultos do sexo masculino (55,24%) e feminino (83,96%) (IOM, 2002). Níveis mais baixos de exigência de fibras alimentares podem ser encontrados em frutas como laranja (5,0%), mirtilo (4,8%) e morango (13,4%), que são consideradas fontes de fibras (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; Serviço de Pesquisa Agrícola, 2018). Dessa forma, o cambucá apresenta elevado teor de fibra alimentar e pode ser considerado como fonte de fibra.

Tabela 3. Composição centesimal (g 100 g<sup>-1</sup> peso seco) de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Conteúdos	VM±DP <sup>a</sup>	
Umidade (%)	79,80±1,75	
Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> )	3,30±0,05	
Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> )	$0,72\pm0,35$	
Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> )	6,50±0,31	
Fibras alimentares (g 100 g <sup>-1</sup> )	51,96±0,16	
Carboidratos disponíveis (g 100 g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	37,52±0,29	

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>VM=valores médios; DP=desvios-padrões.; <sup>b</sup>Calculado como a diferença (100% -% de cinzas -% de lipídios -% de proteínas -% de fibras =% de carboidratos, expressa em g 100 g<sup>-1</sup>).

Do ponto de vista funcional, a fibra alimentar é descrita como suporte à laxação, atenuando as respostas de glicose no sangue e ajudando com a redução do colesterol. Os novos efeitos são cada vez mais observados, como a influência sobre a microbiota intestinal (Fuller, Beck, Salman, & Tapsell, 2016).

#### 2.3.4 Composição mineral

Os teores de minerais da polpa de cambucá estão mostrados na Tabela 4.

A soma da composição mineral foi de 1552.95 mg 100 g<sup>-1</sup> DW, com destaque para o potássio (K) (1.250 mg 100 g<sup>-1</sup> DW), fósforo (P) (88,0 mg 100 g<sup>-1</sup> DW), cálcio (Ca) (70,0 mg 100 g<sup>-1</sup> DW), magnésio (Mg) (70,0 mg 100 g<sup>-1</sup> DW), cobre (Co) (1,15 mg 100 g<sup>-1</sup> DW) e o ferro (Fe) (2,15 mg 100 g<sup>-1</sup> DW).

O consumo de uma pequena porção (200 gramas (g)) de polpa fresca de cambucá responderia por 10,74% e 5,07% da RDA por K e P para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente (IOM, 2001) (Material suplementar 2). Além disso, cambucá também pode ser considerado fonte de micronutrientes como cobre e ferro (Material suplementar 2).

Tabela 4. Composição do conteúdo mineral (mg 100 g<sup>-1</sup> peso seco) de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Minerais	VM±DP <sup>a</sup>
P	88±13,01
K	1250±89,80
Ca	70±15
Mg	70±17.3
S	69±4.58
В	$0.95 \pm 0,001$
Cu	$1.15\pm0,001$
Fe	2.15±0,004
Mn	$1.10\pm0,001$
Zn	$0.60\pm0,005$
Soma dos teores dos minerais	1552.95±229,69

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>VM=valores médios; DP=desvios-padrões.

Os macro minerais como K, P, Ca e Mg, e os micro minerais, como o Cu e o Fe, participam de mecanismos fundamentais intra e extra celulares. Tem sido relatado que o baixo consumo destes minerais pode aumentar o risco de deficiências nutricionais, podendo até ocasionar doenças crônicas não transmissíveis (IOM, 2001). De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, o consumo da polpa fresca do cambucá pode contribuir de forma significativa na complementação dos minerais na dieta humana.

#### 2.3.5 Compostos bioativos

Os conteúdos de flavonoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante estão mostrados na Tabela 5. A polpa de cambucá apresentou 8,79 mg 100 g<sup>-1</sup> peso fresco para os flavonoides totais. Os valores obtidos para flavonoides totais na polpa desta fruta estão na mesma faixa daquelas relatadas para outras frutas tropicais (Rufino et al., 2010; Moo-Huchin et al., 2014).

Tabela 5. Flavonoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante (DPPH e ORAC) de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Caracteristícas	VM±DP <sup>a</sup>
Flavonoides totais (mg de catequina por	8,79±0,60
100 g <sup>-1</sup> polpa fresca)	
Ácido ascórbico (mg 100 g <sup>-1</sup> polpa fresca)	18,14±1,2
Compostos fenólicos totais (mg 100 g <sup>-1</sup> polpa	118,83±5,27
fresca)	
Capacidade antioxidante DPPH	2,03±0,51
(μmol trolox g <sup>-1</sup> polpa fresca)	
Capacidade antioxidante ORAC (µmol trolox g <sup>-1</sup>	28,11±4,6
polpa liofilizada)	

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>VM=valores médios; DP=desvios-padrões.

Para o ácido ascórbico, foi encontrado teor de 18,14 mg 100 g<sup>-1</sup>. O cambucá apresenta menores concentrações quando comparado a frutas convencionais e tradicionalmente reconhecidas como ricas em ácido ascórbico, como laranja, grapefruit, tangerina e limão, cujos teores que variam 26,70 a 53,2 mg 100 g<sup>-1</sup> FW (Liu, Heying, &

Tanumihardjo, 2012). No entanto, a ingestão de 200 g de polpa de cambucá pode contribuir para a RDA em adultos do sexo masculino (40,31%) e do sexo feminino (48,37%).

O conteúdo médio de compostos fenólicos totais foi de 118,83 mg 100 g<sup>-1</sup> FW. A capacidade antioxidante foi de 2,03 (µmol trolox g<sup>-1</sup> polpa fresca) e 28,11 (µmol trolox g<sup>-1</sup> polpa liofilizada) para os métodos do DPPH e ORAC, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de que frutas nativos apresentam conteúdos relevantes de compostos bioativos, como as vitaminas C e compostos fenólicos, especialmente os flavonoides (Li et al., 2016). Da mesma maneira, compostos antioxidantes naturais têm sido amplamente valorizados, com potencial de desenvolvimento e aplicação em alimentos funcionais para prevenir doenças crônicas e degenerativas (Li et al., 2016).

#### 2.4 Conclusão

Os resultados encontrados demonstram que o cambucá pode ser considerado uma boa fonte de compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico, compostos nutricionais como as fibras e minerais, com perspectiva de ser considerado um alimento funcional e matéria-prima promissora para diversos setores da indústria. Pela primeira é relatada a presença de compostos bioativos, açúcares solúveis, ácidos orgânicos, compostos voláteis, composição centesimal, composição mineral em cambucá, uma fruta tida como saborosa e aromática, porém sob a ameaça de extinção.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), (Processo: 2014/13473-7), Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – processo 458123/2014-5 (auxilio a pesquisa), pela concessão da bolsa de estudo e suporte financeiro, e ao produtor rural Helton Muniz de Campina do Monte Alegre-SP, pelo fornecimento das frutas.

#### Referências

Alezandro, M. R., Granato, D., & Genovese, M. I. (2013). Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), a Brazilian grape-like fruit, improves plasma lipid profile in streptozotocin-mediated oxidative stress in diabetic rats. *Food research international*, *54*(1), 650-659. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.041

Amorós, A., Zapata, P., Pretel, M. T., Botella, M. A., & Serrano, M. (2003). Physicochemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (Eriobotrya japonica Lindl.) cultivars. *Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos*, 9(1), 43-51. http://doi.org/10.1177/108201303033976

AOAC Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (18 ed.), Gaithersburg. (2005)

AOAC Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (19 ed.), Gaithersburg. (2012)

AOCS American oil chemists' society. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, Illinois. (2003).

Asp, N. G., Johansson, C. G., Hallmer, H., & Siljestroem, M. (1983). Rapid enzymic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(3), 476-482 https://doi.org/10.1021/jf00117a003

Chien, S. C., Chen, M. L., Kuo, H. T., Tsai, Y. C., Lin, B. F., & Kuo, Y. H. (2008). Anti-inflammatory activities of new succinic and maleic derivatives from the fruiting body of *Antrodia camphorata*. *Journal of agricultural and food chemistry*, *56*(16), 7017-7022. http://doi.org/10.1021/jf801171x

Cordenunsi, B. R., Shiga, T. M., & Lajolo, F. (2008). Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (Musa acuminata L.: cvs Mysore and Nanicão). *Carbohydrate polymers*, 71(1), 26-31. http://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.009

Fuller, S., Beck, E., Salman, H., & Tapsell, L. (2016). New horizons for the study of dietary fiber and health: a review. *Plant foods for human nutrition*, 71(1), 1-12. http://dx.doi.org/10.1007/s11130-016-0529-6

Gomes, B. L., Fabi, J. P., & Purgatto, E. (2016). Cold storage affects the volatile profile and expression of a putative linalool synthase of papaya fruit. *Food Research International*, 89, 654-660. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.025

- IOM Institute of Medicine. (2001). *Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc.* Washington: National Academy Press.
- IOM Institute of Medicine. (2002). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate. Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids.* Washington: National Academy Press.

Johnson, C. M., & Ulrich, A. (1959). Analytical methods for use in plant analysis. Californian Agricultural Experimental Station. *Bulletin*, 766.

La Barbera, G., Capriotti, A. L., Cavaliere, C., Montone, C. M., Piovesana, S., Samperi, R., ...& Laganà, A. (2017). Liquid chromatography-high resolution mass spectrometry for the analysis of phytochemicals in vegetal-derived food and beverages. *Food Research International*, 100, 28-52. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.080

Li, Y., Zhang, J. J., Xu, D. P., Zhou, T., Zhou, Y., Li, S., & Li, H. B. (2016). Bioactivities and health benefits of wild fruits. *International journal of molecular sciences*, 17(8), 1258. http://doi.org/10.3390/ijms17081258

Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6), 530-545. http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x

Malavolta, E. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira.—2. ed., ver. e atual. *Piracicaba: Potafos*.

Melo, P. S., Massarioli, A. P., Denny, C., dos Santos, L. F., Franchin, M., Pereira, G. E., ... & de Alencar, S. M. (2015). Winery by-products: extraction optimization, phenolic composition and cytotoxic evaluation to act as a new source of scavenging of reactive oxygen species. *Food chemistry*, *181*, 160-169. http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.087

Moo-Huchin, V. M., Moo-Huchin, M. I., Estrada-León, R. J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I. A., Ortiz-Vázquez, E., ... & Sauri-Duch, E. (2015). Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food chemistry*, *166*, 17-22. http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.013

Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Schmidt, E. M., Bonafe, E. G., Eberlin, M. N., ...& Visentainer, J. V. (2015). Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI (–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. *Food Research International*, 77, 392-399. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.036

Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Bonafe, E. G., Suzuki, R. M., Souza, N. E., ... & Visentainer, J. V. (2017). Proximate Composition, Mineral Contents and Fatty Acid Composition of the Different Parts and Dried Peels of Tropical Fruits Cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(2), 308-318. http://doi.org/10.5935/0103-5053.20160178

Nakamura, N., Hirakawa, A., Gao, J. J., Kakuda, H., Shiro, M., Komatsu, Y., ...& Hattori, M. (2004). Five New Maleic and Succinic Acid Derivatives from the Mycelium of Antrodia c amphorata and Their Cytotoxic Effects on LLC Tumor Cell Line. *Journal of Natural Products*, 67(1), 46-48. http://doi.org/10.1021/np030293k

Pasternak, T., Potters, G., Caubergs, R., & Jansen, M. A. (2005). Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant, organ, and cellular level. *Journal of Experimental Botany*, 56(418), 1991-2001. http://doi.org/10.1093/jxb/eri196

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., &Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, *142*(6), 1141-1153. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021

Rufino, M. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Perez-Jimenez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *121*, 996–1002. http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037

Tiveron, A. P., Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Vieira, T. M., Regitano-d'Arce, M. A., & Alencar, S. M. (2012). Antioxidant activity of Brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International journal of molecular sciences*, *13*(7), 8943-8957. http://doi:10.3390/ijms13078943

Uekane, T. M., Nicolotti, L., Griglione, A., Bizzo, H. R., Rubiolo, P., Bicchi, C., ...&Rezende, C. M. (2017). Studies on the volatile fraction composition of three native Amazonian-Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., Malpighiaceae), bacuri (*Platonia insignis* M., Clusiaceae), and sapodilla (*Manilkara sapota* L., Sapotaceae). *Food chemistry*, 219, 13-22. http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.098

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.(2018). *USDA National Nutrient Database for Standard* Reference (release 27). Retirado de: http://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/index.

Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of apicultural research*, *37*(2), 99-105. http://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*,64(4), 555-559. http://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

# Material suplementar 1. Características físico-químicas de cambucá (*Plinia edulis*), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Características <sup>a</sup>	VM±DP <sup>b</sup>	
Massa fresca (g)	57,42±1,47	
Comprimento (cm)	4,35±0,1	
Diâmetro (cm)	$4,8\pm0,1$	
Rendimento de Polpa (%)	$35,49\pm5,82$	
Firmeza (N)	36,92±3,14	
Luminosidade (L*)	79,12±0,64	
Chroma (C)	$7,40\pm0,8$	
Ângulo Hue (°H)	83,79±3,71	
Sólidos solúveis – SS (°Brix)	$7,5\pm0,34$	
Acidez titulável – AT (g ácido cítrico 100 g <sup>-1</sup> )	$1,38\pm0,01$	
рН	2,84±0,01	

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>peso fresco; <sup>b</sup>VM=valores médios; DP=desvios-padrões.

Material suplementar 2. Porcentagem de Dieta Recomendada (RDA) e Ingestão Adequada (IA) de minerais para adultos (19 a 50 anos) com o consumo de 200 gramas da polpa de cambucá (*Plinia edulis*) fresca, fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Mineral	Masculino (%)	Feminino (%)
P	5,07	5,07
K	10.,74	10,74
Ca	2,82	2,82
$\mathbf{M}\mathbf{g}$	6,73	8,83
Cu	51,62	51,62
Fe	10,85	4,82
Mn	19,32	24,68
Zn	2,20	3,03

# 3 JABUTICABA 'PÊNDULA' (*Plinia trunciflora*) E JABUTICABA 'PONHEMA' (*Plinia cauliflora*): DUAS ESPÉCIES RICAS EM TERPENOS E MINERAIS

Aline Priscilla Gomes da Silva<sup>1</sup>, Poliana Cristina Spricigo<sup>1</sup>, Eduardo Purgatto<sup>2</sup>, Severino Matias de Alencar<sup>3</sup>, Angelo Pedro Jacomino<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Produção Vegetal. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: alinepgsilva@gmail.com, polianaspricigo@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Ciências Alimentares e Nutrição Experimental/NAPAN/FORC - Centro de Pesquisa de Alimentos. São Paulo, Brasil. E-mail epurgatt@usp.br.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: smalencar@usp.br.

#### Resumo

A jabuticaba é uma fruta nativa da Mata Atlântica Brasileira, que apresenta grande potencial para o consumo fresco e processado, devido as suas características de coloração e sabor. Atualmente, comercializa-se jabuticabas no Brasil e no mundo de forma in natura e processada. Diante disso, objetivou-se neste trabalho quantificar as propriedades químicas e compostos bioativos em frutas de duas espécies de jabuticaba, 'Pêndula' (Plinia trunciflora) e 'Ponhema' (Plinia cauliflora), espécies poucas consumidas, oriundas do estado de São Paulo - Brasil. Jabuticabas 'Pêndula' apresentaram elevados teores de ácido ascórbico, frutas mais doces e menos ácidas proporcionando elevada relação (açúcar/acidez) em relação a jabuticabas 'Ponhema'. As jabuticabas 'Pêndula' também continham maiores teores de cinzas, lipídios, proteínas, fibras insolúveis e minerais. Por outro lado, jabuticabas 'Ponhema' expressaram teores mais elevados de antocianinas monomericas totais (AMT), flavonoides totais, compostos fenólicos totais e fibras solúveis. Foram identificados 35 compostos voláteis para a jabuticaba 'Pêndula' e 23 para a jabuticaba 'Ponhema', demonstrando um distinto perfil entre elas. Ambas as espécies apresentaram destacada capacidade antioxidante, tanto pelo método de ORAC como pelo DPPH. Jabuticabas 'Ponhema' apresentam dimensões maiores, enquanto que as jabuticabas 'Pêndula' possuem maiores teores de açúcares e baixa acidez. Ambas as espécies possuem elevados conteúdos de ácido ascórbico, AMT, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, bem como minerais P, K e Ca, lipídios, proteínas e fibras. Além de apresentar diversos terpenos. Jabuticaba apresentam potencial funcional quando incluido na dieta, bem como pode ser utilizado como matéria-prima para a indústria de alimentos, comésticos ou farmacêutica.

Palavras-chave: Mata atlântica brasileira; Voláteis; Minerais; Compostos fenólicos; SPME-

#### Abstract

CG

Jabuticaba is a native fruit of the Brazilian Atlantic Forest, presents great potential for fresh and processed consumption, due to its coloring and flavor characteristics. Currently jabuticabas are sold in Brazil and in the world in fresh and processed way. The objective of this work was to quantify the chemical properties and bioactive compounds in fruits of two species of jabuticabas, 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) and 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), a few species consumed from the state of São Paulo - Brazil. 'Pêndula' jabuticaba presented high

<sup>\*</sup>Autor correspondente: jacomino@usp.br

levels of ascorbic acid, sweeter and less acidic fruits, providing a high ratio (sugar/acidity) to 'Ponhema' jabuticaba. 'Pêndula' jabuticaba fruits also contained higher levels of ash, lipids, proteins, insoluble fiber and minerals. On the other hand, 'Ponhema' jabuticabas expressed higher concentrations of total monomeric anthocyanins (TMA), total flavonoids, total phenolic compounds and soluble fibers. It was identified 35 volatile compounds for the jabuticaba 'Pêndula' and 23 for the 'Ponhema' jabuticaba, demonstrating a distinct profile among them. Both species presented outstanding antioxidant capacity, both by the ORAC method and by the DPPH. 'Ponhema' jabuticabas have larger fruit size, while 'Pêndula' jabuticabas have higher sugar contents and low acidity. Both species have high contents of ascorbic acid, AMT, total flavonoids, total phenolic compounds and antioxidant capacity, as well as minerals P, K and Ca, lipids, proteins and fibers. In addition, present various terpenes. Fruits of jabuticaba have functional potential when included in the diet, as well as can be used as raw material for the food industry, cosmetics or pharmaceutical.

Keywords: Brazilian Atlantic forest; Volatiles; Minerals; Phenolic compounds; SPME-CG

#### 3.1 Introdução

O Brasil é conhecido mundialmente pela sua biodiversidade, tanto de fauna como de flora, abrigando biomas ricos e ameaçados como a Mata Atlântica (Alezandro et al., 2013). Das muitas frutíferas nativas e oriundas da Mata Atlântica Brasileira, a jabuticabeira tem despertado expressivo interesse nos últimos anos. Pertencente ao gênero Plinia (anteriormente descrito como Myrciaria (Sobral, 1985)), família das Myrtaceae,no Brasil são descritas 13 espécies de jabuticabeiras (Lorenzi, Bacher, Lacerda, & Sartori, 2006). Existem três principais espécies comerciais de jabuticaba: jabuticaba-de-cabinho (*Plinia trunciflora* (Berg) Mattos), jabuticaba paulista (*Plinia cauliflora* (DC.) Berg) e jabuticaba Sabará (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg) (Citadin, Danner, & Sasso, 2010). No entanto, apenas as espécies Sabará (*Plinia jaboticaba*) e Paulista (*Plinia cauliflora*) são cultivadas para fins comerciais em média escala, principalmente frutas da espécie Sabará, restando a outras espécies apenas o cultivo doméstico (Lima et al., 2008). Frutas de jabuticabeira são consumidas frescas e em formas processadas, como geléias, sucos e licores (Neri-Numa, Sancho, Pereira, & Pastore, 2018).

A jabuticaba 'Pêndula' ou de cabinho (*Plinia trunciflora*) é cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. É uma árvore semi-decídua, com 4-8 m de altura, se diferenciado das demais jabuticabeiras pelos seus frutas pendentes. As folhas são membranosas com protuberâncias sobre o nervo principal, opaca com pontuações esparsas, 2-5cm, com os nervos marginais duplos. As flores são aglomeradas nos caules e ramos, os cachos como eixo primário quase nulo, e vários fasciculado, pedicelos púberes de 10-15 mm, que são formados de setembro a outubro. As frutas são pequenas e apresentam polpa doce de sabor característico (Lorenzi, Bacher, Lacerda, & Sartori, 2006).

A jabuticaba 'Ponhema' ou 'Paulista' (*Plinia cauliflora*), é cultivada principalmente no Sudeste do Brasil. É uma árvore semi decídua, de 3-6 m de altura, com casca lisa de cor pardo-clara e manchada. As folhas são glabras, com pontuações esparsas, de 3-7 cm de comprimento, com a nervura principal levemente impressa na face superior e saliente na inferior. As flores são formadas na primavera e no verão, e se encontram aglomeradas sobre o caule e os ramos, com pedicelos unifloros curtíssimos, e botão floral glabro. As frutas são globosas, de polpa suculenta doce (Lorenzi, Bacher, Lacerda, & Sartori, 2006).

O consumo regular de frutas com propriedades funcionais vem sendo amplamente recomendado e estimulado (Neri-Numa, Sancho, Pereira, & Pastore, 2018). A produção, comercialização e consumo de frutas da jabuticabeira, tanto no Brasil como no exterior aumentou, impulsionado pela crescente aceitação por parte dos consumidores, e devido a ampla divulgação científica de suas propriedades funcionais (Abe, Lajolo, & Genovese, 2012; Costa, Garcia-Diaz, Jimenez, & Silva, 2013; Wu, Long, & Kennelly, 2013). Nos últimos anos, tem sido referenciado que a ingestão de uma dieta suplementada com frutas ricas em compostos fenólicos, principalmente antocianinas, pode promover benefícios para a saúde, como a redução doenças cardiovasculares, diabetes e câncer; com efeito protetor contra danos hepáticos e gástricos e degradação do colágeno; além de aumento do desempenho cognitivo (Haminiuk et al., 2011; Leite-Legatti et al., 2012; Wu, Long, & Kennelly, 2013).

Diante disso, o conhecimento das características de frutas de diferentes espécies da jabuticabeira alicerçam as informações sobre a espécie Plinia sp, uma frutífera nativa do Brasil que encontra-se em expansão, tanto no consumo como na comercialização. Este trabalho objetivou comparar as espécies de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*) - fruta nativa da Mata Atlântica Brasileira - quanto aos açúcares, ácidos, voláteis, composição centesimal e minerais, bem como os compostos bioativos e a capacidade antioxidante.

#### 3.2 Material e métodos

#### 3.2.1 Materiais

#### **3.2.1.1** Amostras

Cerca de 5 quilos de frutas das espécies de jabuticaba – 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*) foram colhidos no município de Rio Claro, São Paulo, Brasil (latitude 22°15'53.80"S e longitude 47°32'31.73"O), manualmente por torção, no estádio maduro, o qual se caracteriza pela coloração totalmente roxa da casca e teor de sólidos solúveis maiores que 14°Brix (Seraglio et al., 2018). A colheita foi realizada pela manhã e as

frutas foram transportadas em caixas refrigeradas ao Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas, Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Brasil.

As frutas foram selecionadas, higienizadas e imediatamente submetidas às análises de massa fresca, tamanho (comprimento e diâmetro), rendimento de polpa e firmeza. Para as demais análises as frutas foram congeladas em nitrogênio liquido e armazenadas em um ultrafreezer (-80 °C). Antes das análises em peso fresco e seco, a polpa e a casca foram trituradas, e as sementes descartadas.

# 3.2.2 Métodos experimentais

## 3.2.2.1 Análises físicas

Pesaram-se as frutas individualmente para a massa fresca em balança analítica (Catel-Gehara, BG 2000), com os resultados expressos em gramas. O tamanho (comprimento e diâmetro) foi medido com um paquímetro digital (ZAAS Precision), com os valores expressos em milímetros. Calculou-se o rendimento em polpa pela diferença entre a massa da fruta inteira e a massa da casca+sementes, sendo expresso em porcentagem. A firmeza da polpa foi medida usando um método de compressão, e os resultados foram descritos em kgf cm<sup>-2</sup> (Calbo & Nery, 1995).

# 3.2.2.2 Açúcares solúveis

A extração foi realizada como descrito por Cordenunsi, Shiga, e Latojo (2008). Os açúcares (glicose, frutose e sacarose) foram quantificados por HPLC-PAD (Dionex DX-500, Sunnyvale - California USA), com detecção em pulso amperométrico, coluna Carbopac PA1 (4x250mm), em corrida isocrática com fluxo de 1 mL min<sup>-1</sup> de NaOH 18 mM, durante 25 min. Padrões de glicose, frutose e sacarose (Sigma-Aldrich) foram utilizados para as curvas de calibração. Finalmente, os resultados foram expressos em g kg<sup>-1</sup> peso fresco (FW).

## 3.2.2.3 Ácidos orgânicos

A extração foi realizada pelo método descrito por Amorós et al. (2003) e os ácidos foram quantificados pelo cromatográfico HP 1100 equipado com detector de arranjo diodos. A coluna cromatográfica usada foi a REZEX ROA-Organic Acid H+ (300 mm, 7,8 mm, 8μm tamanho de partícula) com fase móvel de ácido fosfórico a 0,1%, com fluxo de 0,5 mL min<sup>-1</sup>. As curvas de calibração foram realizadas com padrões dos ácidos: cítrico, succínico, tartárico, málico e láctico. Os resultados foram expressos em g kg<sup>-1</sup> FW.

## 3.2.2.4 Compostos orgânicos voláteis (VOCs)

Determinados pela técnica de micro-extração em fase sólida (SPME). O preparo da amostra foi realizado como descrito por Gomes, Fabi, e Purgatto (2016). Os compostos foram identificados por cromatografia gasosa - espectrometria de massas em um equipamento Hewlett-Packard 6890 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, EUA) acoplado a um detector seletivo de massas modelo 5973 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, EUA). Os componentes foram separados usando uma coluna capilar Supelcowax 10 (30 m×0,25 mm×0,25 μm). O programa de temperatura utilizado foi: rampa de temperatura de 2°C/min de 40°C à 150°C. A temperatura da interface entre o cromatógrafo e o detector seletivo de massas foi de 230°C e a ionização foi feita por impacto de elétrons (70 eV) com a fonte de íons mantida a 150°C. Os compostos voláteis foram identificados em comparação com os espectros contidos na biblioteca NIST (NIST08, version 2.0, Gaithersburg, USA), confirmando os resultados com os índices de retenção, calculado pela injeção de uma mistura de alcanos (Sigma-Aldrich, St Louis, USA), nas mesmas condições cromatográficas descritas anteriormente. A %peak foi calculada pela razão entre cada área do composto e toda a área dos compostos multiplicada por 100 para cada espécie de jabuticaba. As análises foram realizadas em triplicata.

## 3.2.2.5 Composição centesimal

O teor de umidade foi determinado segundo a metodologia 950.46 descrita pela AOAC (2005), com os resultados expressos em % de umidade. As cinzas foram determinadas segundo o método 940.26 descrito pela AOAC (2005). As proteínas foram quantificadas pelo método de micro-Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Johnson e Ulrich (1959). Os lipídios foram determinados com a extração em hexano com aparelho de Soxhlet durante 8 h (AOCS, 2003). As fibras alimentares (insolúvel e solúvel) foram determinadas segundo o método gravimétrico-enzimático (Asp, Johansson, Hallmer, & Siljestrom, 1983). Os carboidratos disponíveis foram determinados pela diferença, usando a fórmula = 1000 – (% cinza + % proteínas + % lipídios + % fibras). Com exceção da umidade, todos os outros compostos foram determinados em g kg<sup>-1</sup> peso seco (DW).

## 3.2.2.6 Composição mineral

Os minerais (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram quantificados de acordo o método descrito por Malavolta, Vitti, e Oliveira (1997), através da digestão nitro-perclórica e

determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP-OES). Os resultados estão expressos em g kg<sup>-1</sup> DW.

# 3.2.2.7 Compostos bioativos

# 3.2.2.7.1 Ácido ascórbico, antocianinas monoméricas totais (ATM), flavonoides totais e compostos fenólicos totais

## Ácido ascórbico

Foi realizada de acordo com o método descrito por Pasternak et al. (2005), com algumas modificações. O ácido ascórbico (AA) foi extraído com ácido metafosfórico (3% p/v) e analisado por HPLC de fase reversa, em um sistema Hewlett-Packard 1100 com amostrador automático e bomba quaternária acoplada a um detector de arranjo de diodos. Estimou-se o total de AA após redução de ácido dehidroascórbico (ADH) com ditiotritol 10 mM. Os resultados foram expressos em g kg<sup>-1</sup> FW.

# Antocianinas monoméricas totais (AMT)

Foi realizada de acordo com o descrito por Seraglio et al. (2018), com algumas modificações. A extração foi realizada no escuro usando  $0.5 \pm 0.10$  g de cada amostra em um balão volumétrico de 5 mL com metanol acidificado (1,5 mol L<sup>-1</sup> HCl) com a temperatura controlada em 4°C  $\pm$  2 °C por 24 h. As amostras foram filtradas em filtros de papel (Whatman n° 1) e o conteúdo imediatamente medido usando o método espectrofotométrico de diferencial de pH (Giusti & Wrolstad, 2001). O teor de antocianina foi expresso como g de cianidina 3-glucosidio (cy-3-glu) por kg<sup>-1</sup> FW.

## Flavonoides totais

Foram determinados conforme a metodologia proposta por Zhishen, Mengcheng, e Jianming (1999). Alíquotas das frutas (0,4 g) foram dissolvidas em 4 mL de água deionizada. Essa solução (0,5 mL) foi mixada com 2,72 mL de etanol (30%), 0,12 mL de nitrito de sódio (0,5 mol L<sup>-1</sup>), 0,12 mL de cloreto de alumínio hexahidratado (0,3 mol L<sup>-1</sup>) e 0,8 mL de hidróxido de sódio (1 mol L<sup>-1</sup>). Após incubação em temperatura ambiente, a absorbância da mistura foi lida a 510 nm em espectrofotômetro (Biochrom Libra S22) usando água destilada como branco, a catequina foi escolhida como padrão. Os resultados foram expressos em g de catequina por 100 g<sup>-1</sup> FW.

## Compostos fenólicos totais

Foram determinados pelo método do Folin-Ciocalteu descrito por Woisky e Salatino (1998). As amostras frescas (1 g) foram extraídas em metanol 80%. Logo após, foram incorporadas a 2,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu (1:10), 2 mL da solução de carbonato de sódio a 4% (p/v) e ficaram em repouso no escuro por 2 h. A absorbância a 740 nm foi medida usando o espectrofotômetro Biochrom Libra S22. Os resultados foram expressos como g kg<sup>-1</sup> de equivalente de ácido gálico (GAE) FW.

# 3.2.2.7 Capacidade antioxidante (DPPH e ORAC)

A análise pelo sequestro do radical livre 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH) foi feito de acordo com o método descrito por Tiveron et al. (2012). A capacidade antioxidante da polpa para eliminar os radicais DPPH foi calculada como porcentagem de inibição e expressa em mmol trolox kg<sup>-1</sup> FW.

A análise pelo método do ORAC foi determinado de acordo com o método descrito por Melo et al. (2015). A reação foi realizada a 37°C e a absorbância medida a cada minuto durante 2 h a 485 nm e 528 nm, a comprimentos de onda de excitação e emissão, respectivamente, usando um leitor de microplacas (Molecular Devices, LLC, Sunnyvale, CA, EUA). A solução de trolox foi usada como padrão em concentrações variando de 12,5 μM a 400 μM e os resultados foram expressos como mmol trolox kg<sup>-1</sup> de polpa liofilizada (DW).

## 3.2.3 Análise estatística

Os ensaios foram realizados em triplicatas para cada espécie de jabuticaba. Os dados foram relatados como médias ± desvios-padrões e analisados usando o software SAS (SAS Inst. Inc.; versão 9.4). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o teste F para identificar diferenças significativas entre as espécies de jabuticaba. Os valores médios com p <0,05 foram considerados estatisticamente significativos. A correlação linear de Pearson foi aplicada utilizando os teores de ácido ascórbico, antocianinas monoméricas totais (AMT), flavonoides totais, compostos fenólicos, capacidade antioxidante (DPPH e ORAC) usando o software SAS (SAS Inst. Inc., versão 9.4).

## 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Características físicas

As características físicas para as duas espécies de jabuticabas estão mostradas na Tabela 1. A jabuticaba 'Ponhema' continha maior massa fresca do que à jabuticaba 'Pêndula'. Para

as características de tamanho (comprimento e diâmetro) e rendimento de polpa não foi verificada diferença estatistica (P>0,05). A jabuticaba 'Ponhema' foi mais firme do que a jabuticaba 'Pêndula' com valores de 2,00 e 0,20 kgf cm<sup>-2</sup>, respectivamente (Tabela 1). Teixeira et al. (2011) obtiveram valores de 0,55 kgf cm<sup>-2</sup> em jabuticaba 'Sabará' colhidas em um pomar comercial localizado no Sudeste do Brasil. De acordo com nossos resultados, a jabuticaba 'Pêndula' apresenta alto potencial para consumo *in natura*, enquanto a jabuticaba 'Ponhema' demonstra maior potencial para o processo industrial, devido ao tamanho e rendimento de polpa (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

	Jabuticaba 'Pêndula'	Jabuticaba 'Ponhema'
Massa Fresca (g) <sup>a</sup>	4,65±0,43 <sup>b</sup>	8,76±0,64 <sup>a</sup>
Comprimento (mm) <sup>a</sup>	$20,6\pm0,24^{a}$	$23,4\pm0,29^{a}$
Diâmetro (mm) <sup>a</sup>	$19,7\pm0,49^{a}$	$23,4\pm0,57^{a}$
Rendimento de Polpa (%) <sup>a</sup>	$46,73\pm8,28^{a}$	$52,96\pm5,58^{a}$
Firmeza (kgf cm <sup>-2</sup> ) <sup>a</sup>	$0,\!20\!\!\pm\!\!0,\!06^{\mathrm{b}}$	$2,00\pm0,35^{a}$

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>Dados apresentados são a média de 50 frutas. Os dados estão apresentados como médias  $\pm$  desvios-padrões. Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre amostras (teste F, P <0,05).

## 3.3.2 Açúcares solúveis e ácidos orgânicos

Os teores dos açúcares (glicose, frutose, sacarose e a somatória desses açúcares) estão descritos na tabela 2. O somatório dos açúcares solúveis não diferiu entre as espécies (P>0,05). Porém, na comparação dos açúcares em separado, os teores de frutose e glicose (P<0,05) foram mais expressivos na Jabuticaba 'Pêndula', e a sacarose (P<0,05) na jabuticaba 'Ponhema'. Pereira et al. (2017) reportaram que a fração de frutose foi predominante entre os açúcares solúveis em frutas de jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora*). Uma fruta com bom índice de açúcar é desejável, pois evita a adição em excesso de aditivos alimentares de doçura, conduzindo a uma alimentação mais saudável.

Tabela 2. Glicose, frutose, sacarose e soma dos teores de açúcares solúveis, ácido cítrico, ácido málico e ácido succínico e soma dos teores de ácidos orgânicos (g kg<sup>-1</sup> FW) de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

	Jabuticaba 'Pêndula'	Jabuticaba 'Ponhema'
	Açúcares	
Glicose	35,6±0,01 <sup>a</sup>	32,1±0,17 <sup>b</sup>
Frutose	53,7±0,12 <sup>a</sup>	42,6±0,21 <sup>b</sup>
Sacarose	10,5±0,55 <sup>b</sup>	34,6±0,24 <sup>a</sup>
Soma dos teores de açúcares quantificados	99,8±0,75 <sup>a</sup>	109,3±0,62 <sup>a</sup>
	Ácidos	
Ácido cítrico	2,4±0,13 <sup>b</sup>	5,2±0,04 <sup>a</sup>
Ácido málico	$0.5\pm0.03^{b}$	$1,1\pm0,01^{a}$
Ácido succínico	2,7±0,11 <sup>b</sup>	$6,1\pm0,04^{a}$
Soma dos teores de ácidos quantificados	5,6±0,26 <sup>b</sup>	$12,4\pm0,08^{a}$

Os dados estão apresentados como médias  $\pm$  desvios-padrões. Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre amostras (teste F, P < 0,05).

A jabuticaba 'Ponhema' se mostrou mais ácida do que a jabuticaba 'Pêndula' com teores de 12,4 g kg<sup>-1</sup> FW e 5,6 g kg<sup>-1</sup> FW, respectivamente. (Tabela 2). Os seguintes ácidos foram descritos nas duas espécies de jabuticaba em ordem quantitativa: succínico> cítrico> málico. Jham, Fernandes, Garcia, e Palmquist (2007), analisando os ácidos orgânicos na polpa e na casca de duas espécies de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* e *Myrciaria jaboticaba*) encontraram a mesma predominância entre os três ácidos orgânicos reportados em nosso estudo.

Por outro lado, Lima et al. (2011) relataram a predominância do ácido cítrico sobre os demais ácidos. Estes autores descrevem também a presença dos ácidos oxálico e acético em pequenas quantidades, tanto na fruta inteira como nas frações separadamente (casca, polpa e

semente) em duas espécies de jabuticabas (*Plinia cauliflora* e *Plinia jaboticaba*). Além disso, Pereira et al. (2017) constataram apenas os ácidos cítrico e málico em três estádios de maturidade em frutas de *Myrciaria cauliflora*. Os mesmos autores relataram que esses ácidos são responsáveis pela acidez total da fruta e a qualidade final dos vinhos de jabuticaba. Diante do exposto, verifica-se que as concentrações dos ácidos orgânicos variam em função da espécie, maturação da fruta e entre as frações analisadas (Jham, Fernandes, Garcia, & Palmquist, 2007).

Quando analisados em conjunto - açúcares e ácidos orgânicos - entre as duas espécies, verificamos que as jabuticabas 'Pêndula' possuem perfil mais doce, com conteúdo elevado de açúcares solúveis e menor acidez (ratio AS/AO 17,82), do que jabuticabas 'Ponhema' (ratio AS/AO 8,81). É desejada uma alta relação entre os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos (AS/AO), sendo fator indicativo de sabor para o consumo fresco e processamento na indústria de alimentos. Pereira et al. (2017), analisando frutas de *Myrciaria cauliflora* descreveram uma relação de 9,02. Essas diferenças podem ser decorrentes de variações na cultivar, no local de cultivo e no estádio de maturação (Jham, Fernandes, Garcia, & Palmquist, 2007).

# 3.3.3 Compostos orgânicos voláteis

Um total de 48 compostos voláteis foram identificados para as duas espécies, sendo 25 para a jabuticaba 'Pêndula' e 14 para a jabuticaba 'Ponhema', com 9 compostos similares entre as duas espécies (Tabela 3). Para a jabuticaba 'Pêndula' os principais compostos voláteis foram identificados de acordo com sua distribuição e classificados como: 6monoterpenos e 15 sesquiterpenos (61,19%), 7 ésteres (28,64%), 3 álcoois alifáticos e aldeídos (6,72%), 2 álcoois (2,29%) e 1 hidrocarboneto aromático (1,16%).

Tabela 3. Principais compostos voláteis identificados por SPME combinado com GC-MS de jabuticaba 'Pêndula' (Plinia trunciflora) e jabuticaba 'Ponhema' (Plinia cauliflora), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

Número	CAS	Nome do composto	Classe do composto	JPênd <sup>1</sup>	%Peak <sup>2</sup>	JPonh <sup>1</sup>	%Peak <sup>2</sup>	Descrição do
1	141-78-6	Acetato de etila	Éster	X	22.82			odor Doce, frutado <sup>3</sup>
2	108-88-3	Tolueno	Hidrocarboneto aromático	X	1.16			Frutado,
3	66-25-1		Álcool alifático e	X	4.75	X	2.65	purgente <sup>3</sup> n.d
4	6776-19-8	Hexanal 2-Ácido butenóico, éster etílico, (Z)-	aldeído Éster	X	2.75			n.d
5	505-57-7	2-Hexenal	Álcool alifático e aldeído	X	1.02			n.d
6	4889-83-2	(+)-α-pinene	Monoterpeno	X	6.49			Resina <sup>4</sup>
7	3779-61-1	(E)-β-Ocimene	Monoterpeno	X	4.91	X	4.94	Verde, ervas <sup>3,4</sup>
8	527-84-4	o-Cymene	Monoterpeno	X	2.00	X	1.24	n.d
9	106-73-0	Hexanoato de metila	Éster	X	0.87			n.d
10	72237-36-6	4-Hexen-1-ol	Álcool alifático	X	1.56			n.d
11	111-27-3	1-Hexanol	Álcool alifático e aldeído	X	0.95			Florido, doce <sup>3</sup>
12	544-12-7	3-Hexen-1-ol	Álcool alifático	X	0.73			n.d
13	20307-84-0	δ-Elemene	Sesquiterpeno	X	3.00			Oleoso, arborizado <sup>3</sup>
14	17699-14-8	α-Cubebene	Sesquiterpeno	X	2.20	X	0.78	Ceroso, arborizado <sup>3</sup>
15	78-70-6	Linalool	Monoterpeno	X	7.49	X	2.82	Florido, doce <sup>3,4</sup>

16	87-44-5		Sesquiterpeno	X	10.01			Mofado,
		β-Caryophyllene						verde <sup>3,4</sup>
17	20126-76-5	(-)-Terpinen-4-ol	Monoterpeno	X	0.66	X	0.51	n.d
18	483-76-1	(-)-δ-Cadinene	Sesquiterpeno	X	2.02	X	1.49	Remédio, ervas <sup>a,b</sup>
19	63891-61-2	Rosifoliol	Sesquiterpeno	X	1.00			n.d
20	28634-89-1	β-Thujene	Monoterpene	X	5.10			n.d
21	123-92-2	Acetato de isoamila	Éster	X	0.72			n.d
22	142-92-7		Éster	X	0.89			Frutado,
23	41519-23-7	Acetato de hexila (Z)-3-Isobutirato de hexenila	Éster	X	0.29			ervas <sup>3</sup> n.d
24	3242-08-8	α-Elemene	Sesquiterpeno	X	2.20			n.d
25	112-14-1	Acetato de octila	Éster	X	0.30			n.d
26	13744-15-5	β-Cubebene	Sesquiterpeno	X	2.30			Ervas, arborizado <sup>3</sup>
27	1000365-95-5	cis-muurola-4(14),5- diene	Sesquiterpeno	X	1.90			n.d
28	25246-27-9	Alloaromadendrene	Sesquiterpeno	X	2.00	X	1.07	Arborizado <sup>3</sup>
29	6753-98-6	α-Humulene	Sesquiterpeno	X	1.72	X	2.54	Frutado, Amadeirado <sup>3</sup>
30	54274-73-6	(+)-epi- Bicyclosesquiphella	Sesquiterpeno	X	1.20			n.d
31	39029-41-9	ndrene γ-Cadinene	Sesquiterpeno	X	1.29			n.d
32	3242-08-8	γ-Elemene	Sesquiterpeno	X	1.80			n.d
33	1209-71-8	(+)-γ-Eudesmol	Sesquiterpeno	X	0.50			n.d

34	473-15-4	β-Eudesmol	Sesquiterpeno	X	1.40			Verde, doce <sup>3</sup>
35	3387-41-5	Sabinene	Monoterpeno			X	5.13	Fresco, cítrico <sup>3</sup>
36	536-50-5	α -(4-Methylphenyl) ethanol	Álcool			X	1.02	Doce, floral <sup>3</sup>
37	29050-33-7	(+)-4-Carene	Monoterpeno			X	0.60	n.d
38	7216-56-0	Alloocimene	Monoterpeno			X	1.50	Fresco, gramíneo <sup>3</sup>
39	515-13-9	β-Elemene	Sesquiterpeno			X	51.18	Ervas, doce <sup>3,4</sup>
40	72747-25-2	Aromadendrene	Sesquiterpeno			X	2.52	n.d
41	1000192-43-5	7-Epi-alpha-	Sesquiterpeno			X	0.89	n.d
		Selinene						
42	21747-46-6	(+)-Ledene	Sesquiterpeno			X	2.31	n.d
43	17066-67-0	β-selinene	Sesquiterpeno			X	2.64	Herbal <sup>3</sup>
44	1000193-57-0	4,11-selinadiene	Sesquiterpeno			X	2.50	n.d
45	577-27-5	Ledol	Sesquiterpeno			X	0.53	Doce, anis <sup>4</sup>
46	99-83-2	α-Phellandrene	Monoterpeno			X	6.20	Frutado, herbal <sup>3</sup>
47	470-82-6	1,8-Cineole	Monoterpeno			X	3.78	Doce, cânfora <sup>3</sup>
48	22567-17-5	(-)-α <b>-</b> gurjunene	Sesquiterpeno			X	1.02	Doce, rosas <sup>3</sup>

Os dados apresentados são a média de uma análise triplicada. JPênd = jabuticaba 'Pêndula', JPon = jabuticaba 'Ponhema'. <sup>2</sup>calculados pela razão entre cada área do composto e toda a área dos compostos multiplicada por 100 para cada espécie de jabuticaba. <sup>3</sup>http://www.pherobase.com/; <sup>4</sup>Plagemann et al. (2012); n.d = não determinado

.

Já para a jabuticaba 'Ponhema' foram identificados 8 monoterpenos e 13 sesquiterpenos (96,19%), 1 álcool alifático e aldeído (2,65%) e 1 álcool (1,02%). Embora as duas espécies apresentem terpenos em sua maioria, os terpenos característicos e suas proporções foram diferentes entre elas. Para a jabuticaba 'Pêndula', o β-Caryophyllene (10,01%), o linalool (7,49%) e o (+)-α-pinene (4,91%) foram predominantes, com o aroma, sendo descrito como verde, floral e com um leve aspecto de resina.

Para a jabuticaba 'Ponhema', o β-Elemene (51,18%), o α-Phellandrene (6,20%) e o Sabinene (5,13%) foram os compostos majoritários, com aroma descrito como fresco, doce e frutado. Os terpenos contribuíram para o *flavor* na polpa de jabuticaba (Plagemann, Krings, Berger, & Marostica Jr, 2012) e a capacidade antioxidante dessa fruta. Os terpenos, especialmente monoterpenos e sesquiterpenos, são os principais constituintes de óleos essenciais derivados de plantas (Nguyen et al., 2017). Recentemente, vários estudos abordam a ação biológica dos terpenos, e propõem um potencial uso de terpenos como agentes quimioterapêuticos para o tratamento de várias doenças humanas (Cho et al., 2017; Nguyen et al., 2017).

Poucos são os relatos na literatura sobre os perfis dos compostos voláteis em jabuticabas. Plagemann et al. (2012) determinaram 45 compostos na polpa de jabuticaba, cujo os majoritários foram o ácido hexanodecanoido (27%), α-Copaene (14,23) ephytol (13,13%). Os mesmos autores indicaram que 23 componentes imprimem a identificação sensorial da fruta. Aqui, nós identificamos nove compostos semelhantes entre jabuticabas 'Pêndula' e 'Ponhema' (α-pinene, 1,8-Cineole, hexanol, (E)-3-Hexen-1-ol, linalool, β-Caryophyllene, aromadendrene, δ-Cadinene e ledol). O perfil de compostos voláteis apresentados no nosso estudo distingue-se ligeiramente do relatado por esses autores, com 35 compostos identificados pela primeira vez em frutas de jabuticabeira. Isso pode ter ocorrido devido ao método de extração, espécie e material vegetal utilizado.

Fortes et al. (2011), analisando o óleo essencial de frutas maduras de jabuticaba identificaram 27 compostos, onde os sequisterpenos foram os compostos predominantes (88,1%). Comportamento semelhante foi observado por Duarte, Santos, Seraphin, e Ferri (2010a), avaliando óleos essenciais de folhas de jabuticaba de seis diferentes solos do Cerrado Central do Brasil. Foram identificados 28 compostos, onde todos os óleos essenciais continham predominantemente composições de hidrocarbonetos de sesquiterpeno (47,50-57,22%). Duarte et al. (2010b), caracterizando o perfil do vinho da fruta de jabuticaba, descreveram 58 compostos, sendo C6 compostos, álcoois, monoterpenos, ésteres etílicos, acetatos, fenóis voláteis, ácidos, compostos de carbonila e compostos de enxofre. Quatro

desses compostos foram também observados em nosso estudo (1-hexanol, 3-hexen-1-ol, linalool e 4-terpinol). Diante desses resultados, constatamos que ambas as espécies de jabuticabas, principalmente a jabuticaba 'Ponhema', oferecem elevada concentração de terpenos, principalmente sequisterpenos.

## 3.3.4 Composição centesimal

A composição centesimal para as duas espécies de jabuticaba está descrita na tabela 4. Jabuticaba 'Pêndula' possui teores mais elevados de cinzas, lipídios, proteínas e fibras insolúveis (P<0,05) do que a jabuticaba 'Ponhema'. Os teores de cinzas foram de 43 g kg<sup>-1</sup>e 28,6 g kg<sup>-1</sup> para a jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema'. Para os lipídios e proteínas a jabuticaba 'Pêndula' apresenta quase o dobro do teor do que a jabuticaba 'Ponhema', com teores de 11,98 g kg<sup>-1</sup> e 50,75 g kg<sup>-1</sup>, enquanto a 'Ponhema' apresenta 6,3 g kg<sup>-1</sup> e 25,68 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de lipídios reportados para as jabuticabas 'Pêndula' e 'Ponhema' foram maiores do que os relatados por Lima et al. (2008) e Alezandro et al. (2013) que estudaram as jabuticabas 'Paulista' (*Myrciaria cauliflora*) e 'Sabará' (*Myrciaria jaboticaba*). Inclusive, o teor de lipídios da jabuticaba 'Pêndula' foi quase 3 vezes maior que aqueles relatados por esses autores. A jabuticaba 'Pêndula' continha cinco vezes mais conteúdo de proteínas que a jabuticaba 'Ponhema', que por sua vez, apresentou o dobro do relatado por Lima et al. (2008) e Alezandro et al. (2013).

As fibras alimentares participam do funcionamento do intestino como regulador intestinal (suporte a laxação), inibidor da acumulação de gordura, absorvedor de minerais e a sua ingestão regular diminui a incidência de doenças crônicas (Fuller, Beck, Salman, & Tapsell, 2016). A fibra alimentar é composta pela fibra solúvel e insolúvel. Em nosso estudo, a jabuticaba 'Pêndula' apresentou maiores teores de fibras alimentares do que a jabuticaba 'Ponhema' (P<0,05) (Tabela 4). Para fibras solúveis, a jabuticaba 'Ponhema' (4,99%) superou a jabuticaba 'Pêndula' (3,49%) e resultado inverso foi aferido para as fibras insolúveis de (26,2% para 'Pêndula' e 18,4% para 'Ponhema'). Os teores de fibras alimentares são mais elevados na ordem de 1,5% e 1,2% para a jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente, do que os teores reportados por Alezandro et al. (2013), quando analisou as frutas de *Myrciaria jaboticaba*.

Tabela 4. Composição centesimal de jabuticaba 'Pêndula' (Plinia trunciflora) e jabuticaba 'Ponhema' (Plinia cauliflora), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

	Jabuticaba 'Pêndula'	Jabuticaba 'Ponhema'
Umidade (%)	77,87±0.11 <sup>b</sup>	83,44±0.7 <sup>a</sup>
Cinzas <sup>a</sup>	$43\pm0,36^{a}$	28,6±0,1 <sup>b</sup>
Lipídios <sup>a</sup>	11,98±0,06 <sup>a</sup>	$6,3\pm0,08^{b}$
Proteína <sup>a</sup>	50,75±0,23 <sup>a</sup>	25,68±0,11 <sup>b</sup>
Fibra alimentar <sup>a</sup>	297,31±0,93 <sup>a</sup>	234,82±0,53 <sup>b</sup>
Fibra solúvel <sup>a</sup>	$34,90\pm0,14^{b}$	$49,91\pm0,7^{a}$
Fibra insolúvel <sup>a</sup>	$262,41\pm0,79^{a}$	$184,91\pm0,17^{\rm b}$
Carboidrato disponíveis <sup>b</sup>	$489,07\pm0,80^{a}$	498,13±0,73 <sup>a</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>Teores expressos em g kg<sup>-1</sup>

O consumo de 200 g de jabuticaba 'Pêndula' fresca forneceria 34,62% e 31,10% da ingestão diária de fibra total para homens e mulheres adultos, respectivamente (IOM, 2001). Enquanto que o consumo de 200 g de jabuticaba 'Ponhema' forneceria 20,46% e 31,10% da ingestão diária de fibra total para homens e mulheres adultos, respectivamente (IOM, 2001). A *Recommended Dietary Allowances* (RDA) fornecida tanto pela jabuticaba 'Pêndula' como na jabuticaba 'Ponhema' são elevados e podem ser consideradas como fonte de fibras, quando comparado com outras frutas que são fontes de fibras como banana (10,27%), maçã (14,58%) e morango (9,61%) (Slavin & Lloyd, 2012).

Um pequeno copo (200 mL) de polpa de jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema' fresca contém 56,31 kcal e 48,42 kcal, respectivamente. O que representa apenas 2,9% e 2,46% para a jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente, quando da ingestão diária de energia numa dieta de 2000 kcal. Essa densidade de energia é semelhante à de suco de morango (47 kcal) e menor do que o relatado para sucos de frutas consumidas como laranja (75 kcal), maçã (95 kcal), pêra (96 kcal) manga (120 kcal) e uva (139 kcal) (Slavin & Lloyd, 2012; Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Pesquisa Agrícola, 2018).

bCalculado como a diferença (1000% -% de cinza -% de lipídios -% de proteína -% de fibra =% de carboidratos, expressa em g kg⁻¹). Os dados estão apresentados como médias ± desvios-padrões. Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre amostras (teste F, P <0,05).

Para os teores de carboidratos disponíveis (Tabela 4), não houve diferença significativa entre as espécies (p> 0,05), embora tenha sido maior na jabuticaba 'Ponhema' do que na de jabuticaba 'Pêndula'.

# 3.3.5 Composição mineral

A composição mineral para as duas espécies de jabuticaba está descrita na tabela 5. A diferença entre o somatório dos minerais não foi significativo entre as espécies (P>0,05), cujos teores foram de 11,22 g kg<sup>-1</sup> DW e 10,83 g kg<sup>-1</sup> DW para as jabuticabas 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente. Quanto aos macrominerais, apenas o teor de K na jabuticaba 'Pêndula' (8,26 g kg<sup>-1</sup> DW) sobressaiu aos de jabuticaba 'Ponhema' (7,57 g kg<sup>-1</sup> DW) (P<0,05), enquanto que para o S não houve diferença significativa entre as espécies (P>0,05).

Para os micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), apenas para o Cu em jabuticaba 'Pêndula' apresentou teores mais elevados, para os demais micronutrientes, a jabuticaba 'Ponhema' se mostrou mais rica (Tabela 5). Alezandro et al. (2013), analisando as espécies *Myrciaria cauliflora* e *Myrciaria jaboticaba* quantificaram teores similares de P (1,1 g kg<sup>-1</sup> DW), elevados de K (13-10 g kg<sup>-1</sup> DW) e inferiores de Ca (0,20 g kg<sup>-1</sup> DW) do que o reportado em nosso estudo. Oliveira, Brunini, Salandini, e Bazzo (2003), analisando teores de macronutrientes e micronutrientes em frutas da *Myrciaria jabuticaba*, provenientes de diferentes regiões de cultivo, concluíram que independentemente do local de cultivo esses compostos revelaram variabilidade, principalmente para o potássio, cálcio e o magnésio, entre os macronutrientes, e para o cobre, o cálcio e o magnésio, entre os micronutrientes, e que para o manganês, apenas algumas jabuticabas apresentaram a presença deste mineral.

Tabela 5. Conteúdo mineral (g kg<sup>-1</sup> DW) de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

	Jabuticaba 'Pêndula'	Jabuticaba 'Ponhema'
P	0,95±0,0057 <sup>b</sup>	1,01±0,0529 <sup>a</sup>
K	8,26±0,3925 <sup>a</sup>	7,57±0,3983 <sup>b</sup>
Ca	1,21±0,0251 <sup>b</sup>	$1,33\pm0,0435^{a}$
Mg	0,3±0,0173 <sup>b</sup>	0,43±0,0251 <sup>a</sup>
S	$0,46\pm0,01^{a}$	$0,45\pm0,0152^{a}$
В	$0,00616\pm0,0001^{b}$	$0,00684\pm0,0002^{a}$
Cu	$0,004\pm0,0000^{a}$	0,0026±0,0002 <sup>b</sup>
Fe	$0,0155\pm0,0012^{b}$	$0,018\pm0,0002^{a}$
Mn	$0,015\pm0,0002^{b}$	$0,0045\pm0,0002^{a}$
Zn	$0,0085\pm0,0000^{\mathrm{b}}$	0,0095±0,0002 <sup>a</sup>
Soma dos teores dos minerais	11,22±0,4272 <sup>a</sup>	10,83±0,4161 <sup>a</sup>

Os dados estão apresentados como médias  $\pm$  desvios-padrões. Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre amostras (teste F, P < 0.05).

Embora a biodisponibilidade de cálcio seja inferior em produtos vegetais do que em produtos animais, o teor de cálcio encontrado na fruta de jabuticaba 'Pêndula'(26,77 mg 100 g-¹ FW) e 'Ponhema'(22,02 mg 100 g-¹ FW) foram superiores aos reportados para alimentos vegetais ricos em cálcio, como batata doce (16,75 mg 100 g-¹ FW) (Vizzotto et al., 2018) e repolho (22,8 mg 100 g-¹ FW) (Lucarini et al., 1999). Portanto, o consumo de uma pequena porção (200 g) da polpa fresca de jabuticaba representaria 5,35% e 4,40% da RDA para o cálcio em adultos do sexo masculino e feminino, para as jabuticabas 'Pêndula' e 'Ponhema' respectivamente (IOM, 1997) (Material suplementar 1). A RDA para o magnésio foi de 3,16% e 4,14% da RDA para a jabuticaba 'Pêndula' em adultos do sexo masculino e

feminino, respectivamente, enquanto para a jabuticaba 'Ponhema' a contribuição foi de 3,39% e 4,45% da RDA para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente (IOM, 2001).

Levando em consideração que há uma carência elevada do cálcio na dieta do Brasil, e que com o magnésio atuam juntos na manutenção da saúde óssea principalmente contra a osteoporose, os produtos à base de jabuticaba podem contribuir no RDA para esses nutrientes na dieta e na redução do risco dessa doença. Além disso, a fruta de jabuticaba pode servir como alternativa para as pessoas que possuem dietas restritas, onde não ocorre a ingestão do cálcio derivado do leite de vaca.

Jabuticaba também pode ser considerada como fonte nutricional de micronutrientes como o cobre, contribuindo para 19,67% e 9,56% da RDA para adultos por 200 g de polpa em jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente (IOM, 2001). Para o manganês e o ferro, a contribuição foi distinta entre as espécies de jabuticaba e o sexo. Para o manganês, a jabuticaba 'Pêndula' contribuiu com 28,86% e 36,88% da RDA para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente, enquanto para a jabuticaba 'Ponhema' a contribuição foi de 6,48% e 8,28% da RDA para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente (IOM, 2001). Já para o ferro, a jabuticaba 'Pêndula' contribuiu com 8,57% e 3,81% da RDA para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente, enquanto para a jabuticaba 'Ponhema' a contribuição foi de 7,45% e 3,31% da RDA para adultos do sexo masculino e feminino, respectivamente (IOM, 2001). O potássio foi o mineral mais abundante na polpa de jabuticaba e sua contribuição para a RDA (7,77% e 5,33% por 200g de polpa para a jabuticaba 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente) (IOM, 2001), é semelhante à de outros sucos reconhecidos como fontes de potássio como laranja (7,61%), papaya (7,74%), morango (6,51%) e melancia (4,76%) (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Pesquisa Agrícola, 2018).

Os macrominerais como K, Ca, Na e Mg, bem como os micronutrientes como Mn, Cu e Zn participam de diversas funções metabólicas na saúde humana, como efeito antioxidante removendo os radicais livres, controle e a prevenção dos processos oxidativos e degenerativos que ocorrem no organismo (Gharibzahedi & Jafari, 2017). Nossos resultados sugerem que o consumo regular de jabuticaba, principalmente jabuticaba 'Pêndula', que apresentaram maiores porcentagens de RDA de macros e microminerais (Material suplementar 1), pode complementar a dieta e ajudar a alcançar os índices de ingestão diária levando a uma dieta mais saudável.

# 3.3.6 Compostos bioativos

Os conteúdos de ácido ascórbico, antocianinas monoméricas totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante estão na Tabela 6. O ácido ascórbico é um antioxidante solúvel em água e que participa de importantes vias no metabolismo humano (Wu, Long, & Kennelly, 2013). Verificaram-se diferenças significativas (P<0,05) no teor de ácido ascórbico entre as espécies, sendo 3,60 g kg<sup>-1</sup> para a jabuticaba 'Pêndula'e 2,75 g kg<sup>-1</sup> para a jabuticaba 'Ponhema'.

Os teores de ATM foram significativamente diferentes entre as espécies (P<0,05), com 1,07 g kg<sup>-1</sup> FW para jabuticaba 'Ponhema'e 0,69 g kg<sup>-1</sup> FW para jabuticaba 'Pêndula'. Esses dados estão em acordo com os teores de ATM relatados por Seraglio et al. (2018) para jabuticabas, sendo superiores ao guabiju e jambolão. Abe, Lajolo, e Genovese (2012) reportaram que as principais antocianinas em jabuticabas são cianidinas glicosídicas. As antocianinas são flavonoides amplamente distribuídas na natureza, responsáveis por colorações roxas, azuis e violetas em frutas (Abe, Lajolo, & Genovese, 2012). Na indústria de alimentos, o conteúdo de antocianinas em frutas de coloração arroxeada, como a jabuticaba, pode fornecer corantes com pigmentos naturais (Schulz et al., 2015).

Em relação aos flavonoides totais foram encontrados 0,42 g kg<sup>-1</sup> FW para a jabuticaba 'Pêndula' e 0,87 g kg<sup>-1</sup> FW para a jabuticaba 'Ponhema', com diferença estatística significativa (P<0,05). Os teores de flavonoides totais relatados para as duas espécies de jabuticabas foram superiores aos relatados por Haminiuk et al. (2011) para jabuticaba (0,31 g kg<sup>-1</sup> FW) e para grumixama (0,14 g kg<sup>-1</sup> FW). Do mesmo modo, os conteúdos de compostos fenólicos totais diferiram entre as espécies (P<0,05), cujos teores foram de 3,81 g kg<sup>-1</sup> FW e 4,34 g kg<sup>-1</sup> FW, para as jabuticabas 'Pêndula' e 'Ponhema', respectivamente (Tabela 6). Alimentos ricos em compostos fenólicos contribuem para a adstringência, amargor e coloração dos alimentos (Haminiuk et al., 2011). Nos últimos anos, tem sido referenciado que a ingestão de uma dieta humana suplementada com jabuticaba, fruta rica em compostos fenólicos - principalmente as antocianinas - pode propiciar várias atividades biológicas (Costa, Garcia-Diaz, Jimenez, & Silva, 2013; Wu, Long, & Kennelly, 2013).

Tabela 6. Ácido ascórbico, antocianinas monoméricas totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH e ORAC) de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

	Jabuticaba 'Pêndula'	Jabuticaba 'Ponhema'
Ácido ascórbico (g kg <sup>-1</sup> )	3,60±0,36 <sup>a</sup>	2,75±0,65 <sup>b</sup>
Antocianinas monoméricas totais (g kg <sup>-1</sup> )	$0,69\pm0,04^{b}$	1,07±0,32 <sup>a</sup>
Flavonoides totais (g kg <sup>-1</sup> )	$0,42\pm0,01^{\rm b}$	$0.87 \pm 0.06^{a}$
Compostos fenólicos totais (g kg <sup>-1</sup> )	3,81±0,02 <sup>b</sup>	$4,34\pm0,10^{a}$
Capacidade antioxidante DPPH (mmol trolox kg <sup>-1</sup> polpa fresca)	57,33±0,94 <sup>b</sup>	91,22±3,44 <sup>a</sup>
Capacidade antioxidante ORAC (mmol trolox kg <sup>-1</sup> polpa liofilizada)	235,49±13,15 <sup>b</sup>	711,63±1,87 <sup>a</sup>

Os dados estão apresentados como médias  $\pm$  desvios-padrões. Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre amostras (teste F, P < 0,05).

Para a capacidade antioxidante, tanto pelo método do DPPH como pelo método ORAC, a jabuticaba 'Ponhema' apresentou maior capacidade antioxidante (P<0,05), com teores de 91,22 mmol trolox kg<sup>-1</sup> FW e 711,63 mmol trolox kg<sup>-1</sup> DW respectivamente, que a jabuticaba 'Pêndula' (57,33 mmol trolox kg<sup>-1</sup> FW e 235,49 mmol trolox kg<sup>-1</sup> DW, respectivamente) (Tabela 6). Jabuticabas são consideradas frutas com elevada capacidade antioxidante, devido à elevada concentração e variedade de compostos fenólicos - incluindo flavonoides, antocianinas, taninos, ácidos fenólicos e outros polifenóis.

Em ambas as espécies de jabuticabas a AMT apresentou correlação altamente positiva com flavonoides totais e compostos fenólicos totais (Material sumplementar 3). No entanto, comportamento distinto entre as espécies de jabuticaba foi observado para a capacidade antioxidante. A capacidade antioxidante pelo método DPPH apresentou correlação positiva com os conteúdos de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais, e correlação negativa com

AMT na jabuticaba 'Pêndula'. Enquanto na jabuticaba 'Ponhema' o teor de ácido ascórbico apresentou correlação negativa com a capacidade antioxidante pelo método DPPH e ORAC, a AMT teve correlação positiva com o flavonóide total (Material suplementar 3).

O alto potencial antioxidante da jabuticaba 'Pêndula' pode ser devido às antocianinas e compostos fenólicos totais, com contribuição do ácido ascórbico. No entanto, os altos níveis de AMT, flavonoides totais e compostos fenólicos totais conferem essa alta capacidade antioxidante na jabuticaba 'Ponhema' (Material suplementar 3). Esses fenólicos são compostos naturais que trazem benefícios para a saúde humana, como na prevenção de doenças crônicas, doença pulmonar obstrutiva, diabetes, câncer, doenças cardiovasculares e acidentes vasculares cerebrais (Wu, Long, & Kennelly, 2013; Neri-Numa, Sancho, Pereira, & Pastore, 2018).

### 3.4 Conclusão

Jabuticabas 'Ponhema' e 'Pêndula' diferiram em relação às características químicas, demonstrando poder oferecer experiência sensorial distinta aos consumidores. A jabuticaba 'Ponhema' possui dimensões maiores, enquanto que a jabuticaba 'Pêndula' é mais doce e menos ácida. Ambas as espécies possui conteúdo elevado de ácido ascórbico, AMT, flavonoides totais, compostos fenólicos totais, P, K e Ca, lipídios, proteínas e fibras. Além disso, apresentam elevada capacidade antioxidante e a presença de terpenos, que foram descritos pela primeira vez na fruta de jabuticaba. Esses compostos, bem como as características químicas e os compostos bioativos em jabuticaba podem ser benéficos tanto na alimentação, quanto como servindo de base de matéria-prima na área dos comésticos e farmacêutica.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Processo FAPESP 2014/13473-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo e recursos financeiros. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo 458123/2014-5 (auxilio a pesquisa) e ao produtor rural Sérgio Sartori, pelo fornecimento das frutas.

## Referências

Abe, L. T., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2012). Potential dietary sources of ellagic acid and other antioxidants among fruits consumed in Brazil: Jabuticaba (*Myrciaria* 

jaboticaba (Vell.) Berg). Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(8), 1679-1687. https://doi.org/10.1002/jsfa.5531

Alezandro, M. R., Dubé, P., Desjardins, Y., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2013). Comparative study of chemical and phenolic compositions of two species of jaboticaba: *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg and *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg. *Food Research International*, *54*(1), 468-477. https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.018

Amorós, A., Zapata, P., Pretel, M. T., Botella, M. A., & Serrano, M. (2003). Physicochemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos*, 9(1), 43-51. https://doi.org/10.1177/108201303033976

AOAC – Association of Official Analytical Chemists (2005). Official methods of analysis of the AOAC International. Gaithersburg, MD: AOAC International.

AOCS – American oil chemists' society (2003).Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, USA (2003).

Asp, N. G., Johansson, C. G., Hallmer, H., & Siljestroem, M. (1983). Rapid enzymic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(3), 476-482. https://doi.org/10.1021/jf00117a003

Calbo, A. G., & Nery, A. A. (1995). Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanação. *Horticultura Brasileira*, *13*(1), 14-18.

Citadin, I., Danner, M.A., Sasso, S.A.Z. (2010) Jabuticabeiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32, 343–656.

Cho, K. S., Lim, Y. R., Lee, K., Lee, J., Lee, J. H., & Lee, I. S. (2017). Terpenes from forests and human health. *Toxicological research*, *33*(2), 97. https://doi.org/10.5487/TR.2017.33.2.097

Cordenunsi, B. R., Shiga, T. M., & Lajolo, F. (2008). Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (*Musa acuminata* L.: cvs Mysore and Nanicão). *Carbohydrate polymers*, 71(1), 26-31. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.009

Costa, A. G. V., Garcia-Diaz, D. F., Jimenez, P., & Silva, P. I. (2013). Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. *Journal of functional foods*, 5(2), 539-549. https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.029

Duarte, A. R., Santos, S. C., Seraphin, J. C., & Ferri, P. H. (2010a). Environmental influence on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* leaves. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(9), 1672-1680. https://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532010000900011

Duarte, W. F., Dias, D. R., Oliveira, J. M., Teixeira, J. A., e Silva, J. B. D. A., & Schwan, R. F. (2010b). Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabiroba, jaboticaba and umbu. *LWT-Food Science and Technology*, *43*(10), 1564-1572. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.03.010

Fortes, G. A., Naves, S. S., Godoi, F. F., Duarte, A. R., Ferri, P. H., & Santos, S. C. (2011). Assessment of a maturity index in jabuticaba fruit by the evaluation of phenolic compounds, essential oil components, sugar content and total acidity. *American Journal of Food Technology*, 6(11), 974-984. https://doi.org/10.3923/ajft.2011.974.984

Fuller, S., Beck, E., Salman, H., & Tapsell, L. (2016). New horizons for the study of dietary fiber and health: a review. *Plant foods for human nutrition*, 71(1), 1-12. https://dx.doi.org/10.1007/s11130-016-0529-6

Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. In R. E. Wrostald (Ed.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (pp. 1–13). New York: John Wiley and Sons. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00

Gomes, B. L., Fabi, J. P., & Purgatto, E. (2016). Cold storage affects the volatile profile and expression of a putative linalool synthase of papaya fruit. *Food Research International*, 89, 654-660. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.025

Haminiuk, C. W. I., Plata-Oviedo, M. S. V., Guedes, A. R., Stafussa, A. P., Bona, E., & Carpes, S. T. (2011). Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. *International journal of food science & technology*, 46(7), 1529-1537. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02653.x

IOM - Institute of Medicine. (1997). Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington: National Academy Press.

IOM - Institute of Medicine. (2001). *Dietary reference intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc.* Washington: National Academy Press.

Jham, G. N., Fernandes, S. A., Garcia, C. F., & Palmquist, D. (2007). Comparison of GC and HPLC for quantification of organic acids in two jaboticaba (Myrciaria) fruit varieties. *Química Nova*, *30*(7), 1529-1534. https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000700006

Johnson, C. M., & Ulrich, A. (1959). Analytical methods for use in plant analysis. Californian Agricultural Experimental Station. *Bulletin*, 766.

Leite-Legatti, A. V., Batista, Â. G., Dragano, N. R. V., Marques, A. C., Malta, L. G., Riccio, M. F., ... & de Carvalho, J. E. (2012). Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. *Food Research International*, 49(1), 596-603. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.044

Lima, A. J. B., Corrêa, A. D., Dantas-Barros, A. M., Nelson, D. L., & Amorim, A. C. L. (2011). Sugars, organic acids, minerals and lipids in jabuticaba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *33*(2), 540-550. https://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000200026

Lima, A. J. B., Duarte Corrêa, A., Carvalho Alves, A. P., Patto Abreu, C. M., & Dantas-Barros, A. M. (2008). Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 58(4), 416-421.

Lorenzi, H., Bacher, L., Lacerda, M., & Sartori S. (2006). Frutas brasileiras e exóticas cultivadas, Instituto Plantarum, São Paulo, Brasil.

Lucarini, M., Canali, R., Cappelloni, M., Di Lullo, G., & Lombardi-Boccia, G. (1999). In vitro calcium availability from brassica vegetables (*Brassica oleracea* L.) and as consumed in composite dishes. *Food Chemistry*, 64(4), 519-523. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00159-9

Malavolta, E. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira.—2. ed., ver. e atual. *Piracicaba: Potafos*.

Melo, P. S., Massarioli, A. P., Denny, C., dos Santos, L. F., Franchin, M., Pereira, G. E., ... & de Alencar, S. M. (2015). Winery by-products: extraction optimization, phenolic composition and cytotoxic evaluation to act as a new source of scavenging of reactive oxygen species. *Food chemistry*, *181*, 160-169. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.087

Neri-Numa, I. A., Sancho, R. A. S., Pereira, A. P. A., & Pastore, G. M. (2017). Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International*, 103, 345-360. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.053

Nguyen, L. T., Myslivečková, Z., Szotáková, B., Špičáková, A., Lněničková, K., Ambrož, M., ...& Skálová, L. (2017). The inhibitory effects of β-caryophyllene, β-caryophyllene oxide and α-humulene on the activities of the main drug-metabolizing enzymes in rat and human liver in vitro. *Chemico-biological interactions*, 278, 123-128. https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.10.021

Oliveira, A. L. D., Brunini, M. A., Salandini, C. A. R., & Bazzo, F. R. (2003). Caracterização tecnológica de jabuticabas 'Sabará' provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Revista brasileira de fruticultura*, 397-400. https://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452003000300009

Pasternak, T., Potters, G., Caubergs, R., & Jansen, M. A. (2005). Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant, organ, and cellular level. *Journal of Experimental Botany*, 56(418), 1991-2001. https://doi.org/10.1093/jxb/eri196

Pereira, L. D., Barbosa, J. M. G., Ribeiro da Silva, A. J., Ferri, P. H., & Santos, S. C. (2017). Polyphenol and ellagitannin constituents of Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) and chemical variability at different stages of fruit development. *Journal of agricultural and food chemistry*,65(6), 1209-1219. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02929

Plagemann, I., Krings, U., Berger, R. G., & Marostica Jr, M. R. (2012). Volatile constituents of jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg) fruits. *Journal of Essential Oil Research*, 24(1), 45-51. https://doi.org/10.1080/10412905.2012.645651

Schulz, M., Borges, G. D. S. C., Gonzaga, L. V., Seraglio, S. K. T., Olivo, I. S., Azevedo, M. S., ...& Spudeit, D. A. (2015). Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius) during ripening. *Food Research International*, 77, 125-131. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.006

Seraglio, S. K. T., Schulz, M., Nehring, P., Della Betta, F., Valese, A. C., Daguer, H., ...& Costa, A. C. O. (2018). Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. *Food chemistry*, 239, 649-656. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.118

Slavin, J. L., & Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, *3*(4), 506-516. https://doi.org/10.3945/an.112.002154

Sobral, M. (1985). Alterações nomeclaturais em *Plinia* (Myrtaceae). Boletim do Museu Botânico de Curitiba 63, 1-4.

Teixeira, G. H., Durigan, J. F., Santos, L. O., Hojo, E. T., & Cunha Junior, L. C. (2011). Changes in the quality of jaboticaba fruit (*Myriciaria jaboticaba* (Vell) Berg. cv. Sabará) stored under different oxygen concentrations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(15), 2844-2849. https://doi.org/10.1002/jsfa.453

Tiveron, A. P., Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Vieira, T. M., Regitano-d'Arce, M. A., & Alencar, S. M. (2012). Antioxidant activity of Brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International journal of molecular sciences*, *13*(7), 8943-8957. https://doi:10.3390/ijms13078943

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2018). *USDA National Nutrient Database for Standard* Reference (release 27). Retirado de: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/index.

Vizzotto, M., Pereira, E. D. S., Castro, L. A. S. D., Raphaelli, C. D. O., & Krolow, A. C. (2018). Mineral composition of sweet potato genotypes with coloured pulps and their consumption adequacy for risk groups. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. https://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.17516

Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of apicultural research*, *37*(2), 99-105. https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961

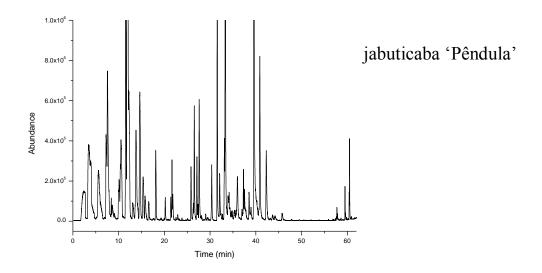
Wu, S. B., Long, C., & Kennelly, E. J. (2013). Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. *Food Research International*, *54*(1), 148-159. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.021

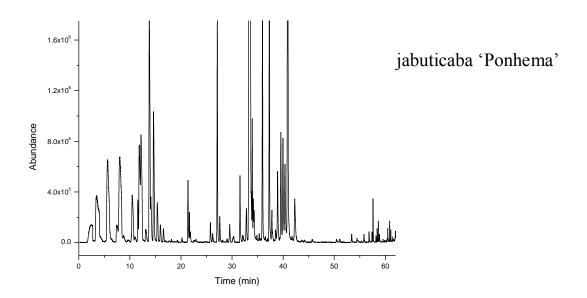
Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*, 64(4), 555-559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

Material suplementar 1. Porcentagem de Dieta Recomendada (RDA) e Ingestão Adequada (IA) de minerais para adultos (19 a 50 anos) com o consumo de 200 gramas de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*) frescas

Mineral	Jabuticaba	Jabuticaba 'Pêndula'		'Ponhema'
	Masculino (%)	Feminino (%)	Masculino (%)	Feminino (%)
P	6,00	6,00	4,77	4,77
K	7,77	7,77	5,33	5,33
Ca	5,35	5,35	4,40	4,40
Mg	3,16	4,14	3,39	4,45
Cu	19,67	19,67	9,56	9,56
Fe	8,57	3,81	7,45	3,31
Mn	28,86	36,88	6,48	8,28
Zn	3,42	4,70	2,86	3,93

Material suplementar 2. Perfil de compostos voláteis de jabuticaba 'Pêndula' (*Plinia trunciflora*) e jabuticaba 'Ponhema' (*Plinia cauliflora*), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira





Material suplementar 3. Correlação linear de Pearson entre os compostos bioativos em jabuticaba 'Pêndula' (Plinia trunciflora) e jabuticaba 'Ponhema' (Plinia cauliflora), frutas nativas da Mata Atlântica brasileira

		Jabuticaba	'Pêndula'			
Variáveis	CAA	AMT	CFLT	CFT	DPPH	ORAC
CAA	1,00	-1,00	-0,99	-1,00	1,00	-0,40
AMT	-1,00	1,00	0,99	1,00	-1,00	0,40
CFLT	-0,99	0,99	1,00	0,99	-0,99	0,28
CFT	-1,00	1,00	0,99	1,00	-1,00	0,40
DPPH	1,00	-1,00	-0,99	-1,00	1,00	-0,40
ORAC	-0,40	0,40	0,28	0,40	-0,40	1,00
		Jabuticaba	'Ponhema'			
Variáveis	CAA	AMT	CFLT	CFT	DPPH	ORAC
CAA	1,00	0,50	0,50	0,50	-1,00	-1,00
AMT	0,50	1,00	1,00	1,00	-0,50	-0,50
CFLT	0,50	1,00	1,00	1,00	-0,50	-0,50
CFT	0,50	1,00	1,00	1,00	-0,50	-0,50
DPPH	-1,00	-0,50	-0,50	-0,50	1,00	1,00
ORAC	-1,00	-0,50	-0,50	-0,50	1,00	1,00

As correlações marcadas em negrito são significativas, p <.0.05. CAA=contéudo de ácido ascórbico; AMT=antocianinas monomericas totais; CFLT=contéudo de flavonoides totais; CFT=contéudo de fenólicos totais; DPPH=1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl assay; ORAC=oxygen radical absorbance capacity.

# 4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMPOSTOS FUNCIONAIS EM SEIS ACESSOS DE UVAIA, FRUTA NATIVA DA MATA ATLÂNTICA BRASILEIRA

Aline Priscilla Gomes da Silva<sup>1</sup>, Poliana Cristina Spricigo<sup>1</sup>, Eduardo Purgatto<sup>2</sup>, Severino Matias de Alencar<sup>3</sup>, Angelo Pedro Jacomino<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Produção Vegetal. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: alinepgsilva@gmail.com, polianaspricigo@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Ciências Alimentares e Nutrição Experimental/NAPAN/FORC - Centro de Pesquisa de Alimentos. São Paulo, Brasil. E-mail epurgatt@usp.br.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: smalencar@usp.br.

#### Resumo

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma fruta nativa da Mata Atlântica Brasileira que apresenta características de aroma e sabor bastante peculiares. O objetivo desse estudo foi analisar frutas de seis acessos de uvaia ('Comum', 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas', 'Pêra', 'Rugosa Doce' e 'Dura') com relação aos aspectos químicos e funcionais. Os acessos de uvaia apresentaram composições químicas e funcionais distintas. Os terpenos foram majoritários (47,4%) dos compostos voláteis identificados por SPME-GC em acessos de uvaia, com destaque para o acesso 'Pêra'. As frutas dos acessos 'Rugosa' e 'Rugosa Doce' apresentaram teores de flavonoides totais, compostos fenólicos, ácido ascórbico e boa capacidade antioxidante que se destacaram dos demais. Os acessos 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas' foram os mais doces, enquanto os acessos 'Rugosa' e 'Pêra' foram os menos ácidos. No acesso 'Rugosa' foi observado teores elevados de cinzas, lipídios, proteínas, fibras alimentares e maior quantidade de minerais.

Palavras-chave: *Eugenia pyriformis* Cambess; Compostos fenólicos; Capacidade antioxidante; Carotenoides; Terpenos

## **Abstract**

Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) is a native fruit of the Brazilian Atlantic Forest that presents characteristics of a very peculiar aroma and flavor. The aimed of this study was to analyze fruits from six uvaia accessions ('Comum', 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas', 'Pêra', 'Rugosa Doce' e 'Dura') with respect to chemical parameters and functional properties. Accessions of uvaia presented different chemical profile and functional compositions. The terpenes were the majority (47.4%) of the volatile compounds identified by SPME-GC/MS, with highlighton 'Pêra' access. The fruits of the 'Rugosa' and 'Rugosa Doce' accessions showed total flavonoids, phenolic compounds, ascorbic acid and good antioxidant capacity that stood out from the others. The accesses 'Rugosa Doce' and 'Doce de Patos de Minas' were the sweetest, while the 'Rugosa' and 'Pêra' accessions were the least acidic. 'Rugosa' access, had high levels of ash, lipids, proteins, dietary fiber and higher amounts of minerals were observed.

Keywords: *Eugenia pyriformis* Cambess; Phenolic compounds; Antioxidant capacity; Carotenoids; Terpenes

<sup>\*</sup>Autor correspondente: jacomino@usp.br

## 4.1 Introdução

O Brasil é um país com características geográficas e climáticas favoráveis para produção de frutas. Em seu território há biomas como a Mata Atlântica, que ocupava originalmente uma área de 1.306.421 km² - aproximadamente 15% do território brasileiro – e que devido ao intenso desmatamento estima-se que haja apenas 8% do território original (SOS Mata Atlântica, 2018). No entanto, a Mata Atlântica é considerada rica em biodiversidade, estimando-se a presença de aproximadamente 5 mil espécies frutíferas, com elevado número de frutíferas nativas, cujo a sua maioria permanecem inexploradas e negligenciadas como fontes potenciais de alimentos, apesar de elevado conteúdo nutricional e potencial econômico (Pereira et al., 2014; Schiassi et al., 2018).

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), pertence à família Myrtaceae, apresenta frutas atraentes pela coloração amarela ou alaranjada, aroma agradável, a sua polpa é utilizada principalmente para a fabricação de sucos, geleias, compotas (Scalon et al., 2004; Jacomino, da Silva, de Freitas & Morais, 2018). O conhecimento da composição química e propriedades funcionais são ferramentas iniciais e fundamentais para determinar o potencial de utilização de uma fruta, visando o seu consumo e posterior comercialização (Silva, Tokairin, Alencar, & Jacomino, 2018). No entanto, trabalhos com essa abordagem com a uvaia são escassos.

Dentre os acessos de uvaia são relatadas diferenças nas frutas com relação aos formatos arrendodados, achatados e piriformes, com a textura podendo ser aquosa ou firme. Coloração desde os tons amarelados a quase alaranjados. Com relação ao odor, apresentam odor suave, agradável e marcante, e dependendo do acesso podendo chegar a ser discretamente adocicado ou acidulado. Por isso, frutas dos acessos de uvaia conseguem aguçar as papilas gustativas, devido a características intrísecas do odor. Os teores de açúcares e ácidos são extrememante variáveis, com frutas de teores elevados e moderados de açúcar, bem como a acidez variando de levemente ácido até acidez moderada. Com isso, o sabor (ratio) pode ser característico de uvaia (azedo) ou levemente adocicado. Essas características ainda não foram comparadas entre si, podendo demonstrar qualidades e aptidões distintas para cada acesso de uvaia.

Pesquisas com frutas nativas como a uvaia, estão em expansão devido às evidências de que uma alimentação saudável com elevado consumo de frutas provocam impacto positivo contra doenças crônicas, como a obesidade, o diabetes, o câncer, as doenças cardiovasculares e degenerativas e também diminui os processos de inflamação, devido a presença de compostos bioativos, como o ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos e terpenos (Pereira et al., 2012; Pereira et al., 2014; Donado-Pestana et al., 2018).

Com o objetivo de disseminação da informação que estimule a valorização da biodiversidade brasileira e de determinar o potencial dessas frutas nativas que proporcionem benefícios para a saúde, nós descrevemos pela primeira vez um estudo comparativo de composição química (açúcares solúveis, ácidos orgânicos e voláteis), composição centesimal, conteúdo mineral, compostos funcionais (carotenoides, flavonoides totais, compostos fenólicos totais, ácido ascórbico) e capacidade antioxidante (ORAC e DPPH), em seis acessos de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) - fruta nativa da Mata Atlântica brasileira.

## 4.2 Material e métodos

# 4.2.1 Reagentes e soluções

Todas as soluções foram preparadas usando reagentes analíticos e água ultrapura (Milli-Q, Millipore, Bedford, MA, EUA). Os reagentes hidróxido de sódio (NaOH), cloreto de alumínio hexahidratado (AlCl<sub>3</sub>), ácido clorídrico (HCl), reagente de Folin-Ciocalteu, carbonato de sódio, 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox), metanol, etanol, hexano, éter, acetato de etila, ácido clorídrico (HCl), ácido metafosfórico foram adquiridos a Sigma-Aldrich (St. Louis, CO, EUA). Os padrões para o ácido ascórbico, flavonoides, açúcares solúveis, ácidos orgânicos e minerais individuais foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA).

## 4.2.2 Amostras

Cerca de 10 quilos de uvaia de seis acessos classificados como: 'Comum', 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas', 'Pêra', 'Rugosa Doce' e 'Dura'(Sartori et al., 2010) foram colhidos em Rio Claro – SP (latitude 22°15'53.80"S e longitude 47°32'31.73"O), em ponto de completo amadurecimento, definido com base na coloração da casca amarelada.

## 4.2.3 Experimental

# 4.2.3.1 Parâmetros físicos

Pesaram-se as frutas individualmente para a massa fresca em balança analítica (Catel-Gehara, BG 2000), com os resultados expressos em gramas, sendo também aferido o tamanho (comprimento e diâmetro) com paquímetro (ZAAS Precision), com os valores expressos em cm. O rendimento em polpa obtido pela diferença entre a massa da fruta inteira e a massa da casca+sementes, sendo expresso em porcentagem. Determinou-se a firmeza das frutas pelo método da aplanação, como o descrito por Calbo e Nery (1995), com os resultados expressos em kgf cm<sup>-2</sup>. A coloração externa foi avaliada com colorímetro Minolta<sup>®</sup>, modelo CR-300,

com os resultados expressos em luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade (C) e ângulo *hue* ( $^{\circ}$ hue) (Material suplementar 1).

# 4.2.3.2 Parâmetros físico-químicos

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratômetro digital Atago PR-101, Palette e resultados expressos em °Brix (AOAC, 2012). A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> (AOAC 942.15) e os resultados expressos em g de ácido cítrico por 100 g<sup>-1</sup>. O pH foi mensurado em um pHmetro digital (Tecnal, Tec-CMP, Piracicaba, São Paulo, Brasil) (AOAC, 2012) (Material suplementar 1).

# 4.2.3.3 Açúcares solúveis

As amostras foram extraídas com 80% etanol (v/v) a 80°C durante 30 min sob agitação de acordo com o método descrito por Cordenunsi, Shiga, e Latojo (2008). Os açúcares solúveis foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acoplado a um detector amperométrico de impulsos (PAD), utilizando um de um Dionex Sistema DX500 (Dionex, Thermo Scientific, Waltham, MA, EUA), equipado com uma coluna CarboPac PA1 (4 mm x 250 mm) (Dionex), usando uma fase móvel consistindo de NaOH 18 mM, a um caudal de 1mL min<sup>-1</sup> durante 25 min. A quantificação foi baseada em um link externo de calibração usando glicose, frutose e sacarose. Os resultados foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> peso fresco (FW).

## 4.2.3.4 Ácidos orgânicos

A extração foi realizada pelo método descrito por Amorós et al. (2003), com algumas modificações. Resumidamente, 500 mg de amostra foi incorporada a água deionizada na proporção amostra: água de 1:4 (m:v). Cada amostra foi processada em homogeneizador Potter, mantida em banho de gelo e centrifugada a 8.000 rpm por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi recolhido e filtrado em unidade filtrante de PTFE (Millipore Ltd, Bedford, MA) de 0,45μm. Em seguida, foram injetadas em sistema cromatográfico equipado com detector de arranjo de diodo (CLAE-DAD) (Hewlett-Packard 1100, Agilent), em coluna μBondpack C18 (300 mm x 3.6 mm i.d., Waters, Milford, MA), com fase móvel de ácido fosfórico a 0,1%, com fluxo de 0,5 mL/min. O monitoramento foi feito a 210 nm. Os ácidos orgânicos foram identificados a partir do tempo de retenção e similaridade do espectro de absorção em comparação aos padrões comerciais. Os padrões dos ácidos cítrico, tartárico,

málico, lático e succínico foram utilizados para a construção das curvas de calibração. Os resultados foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> FW.

# 4.2.3.5 Compostos orgânicos voláteis (VOCs)

As análises dos compostos voláteis foram realizadas utilizando o método de micro extração em fase sólida (SPME). As condições ótimas para isolar os voláteis foram selecionadas pelo maior número de picos e pela maior área total do cromatograma (Gomes, Fabi, & Purgatto). Aproximadamente 3 g das frutas foram acrescidas de 7 mL de solução de NaCl a 30% (p/v) em vials de 20mL, com tampa de septo de silicone. O material foi colocado a 40°C em banho-maria com agitação intensa a 600 rpm através de barra magnética. Os voláteis foram acumulados por 15 minutos no headspace do vial, onde a fibra de SPME foi introduzida por mais 45 minutos. Uma vez capturados, os compostos voláteis foram dessorvidos da fibra pela exposição ao calor do injetor do cromatógrafo (200°C) por 3 minutos. Foi utilizado o cromatógrafo Hewlett-Packard modelo 6890 acoplado a um detector seletivo de massas da mesma empresa, modelo 5973. A coluna cromatográfica empregada foi a Supelcowax 10 (30 m, 0,25 mm de diam. interno, 0,25 µm de espessura do filme). O programa de temperatura utilizado foi: rampa de temperatura de 2°C/min de 40°C à 150°C. A temperatura da interface entre o cromatógrafo e o detector seletivo de massas foi de 230°C e a ionização foi feita por impacto de elétrons (70 eV) com a fonte de íons mantida a 150°C. Os compostos voláteis foram identificados em comparação com os espectros contidos na biblioteca NIST (NIST08, version 2.0, Gaithersburg, USA), confirmando os resultados com os índices de retenção, calculado pela injeção de uma mistura de alcanos (Sigma-Aldrich, St Louis, USA), nas mesmas condições cromatográficas descritas anteriormente. As análises foram realizadas em triplicata.

# 4.2.3.6 Composição centesimal

As cinzas foram determinadas utilizando-se forno mufla com a temperatura regulada em 550°C por um período de 48 horas, segundo o método 940.26 descrito pela AOAC (2005). As proteínas foram quantificadas pelo método de micro-Kjeldahl, e a concentração de proteína foi estimada usando uma conversão de nitrogênio fator de 6,25, conforme metodologia descrita por Johnson e Ulrich (1959). Os lipídios foram determinados com a extração em hexano por um aparelho de Soxhlet durante 8 horas (AOCS, 2003). As fibras alimentares (insolúvel e solúvel) foram determinadas segundo o método gravimétrico-enzimático (Asp, Johansson, Hallmer, & Siljestrom, 1983). Os carboidratos disponíveis foram

determinados pela diferença, usando a fórmula carboidratos = 100 - (% fração cinza + % proteínas + % lipídios + % fibras). Todos os parâmetros foram quantificados em g 100 g<sup>-1</sup> peso seco (DW).

# 4.2.3.7 Composição mineral

P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram quantificados de acordo o método descrito por Malavolta, Vitti, e Oliveira (1997), através da digestão nitro-perclorica e determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP-OES). Os resultados estão expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> DW.

# 4.2.3.8 Compostos bioativos

## 4.2.3.8.1 Carotenoides

A extração dos carotenoides foi realizada segundo o método descrito por Sérino et al. (2009). Resumidamente, um total de 0,5 g de polpa foi homogeneizada adicionado a 100 μL de solução a 30% de NaCl (w:v). Agitou-se a mistura durante 1 min num agitador linear e depois 200 μL de diclorometano foi adicionado e agitado durante 1 min. Posteriormente, foram adicionados 500 μL de hexano:éter (1:1) e a mistura foi agitada durante 1 min e centrifugada (13.0009 g, a 4 C, durante 5 min). O sobrenadante foi coletado em um micro tubo de 2 mL, o procedimento foi repetido três vezes e as fases orgânicas foram reunidas. A fase restante do hexano foi evaporada sob baixa pressão. O concentrado de extrato de carotenoides foi reconstituído em 500 μL de acetato de etila, filtrado com disco de 0,45 μm e injetado em uma cromatografia líquida de alta pressão (HPLC) (Dionex Ultimate 3000, Dionex Co., Sunnyvale, CA, EUA).

O ensaio foi realizado usando HPLC com DAD UV-Detector Vis (UV6000LP, Produtos de Separação Térmica, Riviera Beach, FL) nas seguintes condições: acoplamento de duas colunas, Chromolith Performance RP-18 ecoluna (100 4.6 mm, Merck, VWR Internacional, Fontenay-sous-Bois, França); pré-coluna, Chromolith (Merck, VWR International); temperatura do forno coluna; fase móvel, ACN: UP água: EA (53: 7: 40, v/v/v); fluxo taxa da fase móvel, 1 mL min<sup>-1</sup>; volume de injeção,10 μL; faixa de comprimento de onda, 200-750 nm; 454 nm para bcaroteno, e quantificações foram estabelecidas com base em curvas padrão. Os resultados foram expressos em μg g<sup>-1</sup> FW.

## 4.2.3.8.2 Flavonoides totais

Determinados conforme a metodologia proposta por Zhishen, Mengcheng, e Jianming (1999). Alíquotas das frutas (0,4 g) foram dissolvidas em 4 mL de água deionizada. Essa solução (0,5 mL) foi mixada com 2,72 mL de etanol (30%), 0,12 mL de nitrito de sódio (0,5 mol/L), 0,12 mL de cloreto de alumínio hexahidratado (0,3 mol/L), e 0,8 mL de hidróxido de sódio (1 mol/L). Após incubação a temperatura ambiente, a absorbância da mistura da reação foi feita a 510 nm em um espectrofotômetro (Biochrom Libra S22) usando água destilada como branco. Catequina foi escolhida como padrão. Os resultados foram expressos em mg de catequina por 100 g<sup>-1</sup> FW.

# 4.2.3.8.3 Compostos fenólicos totais

Determinado pelo método do Folin-Ciocalteu descrito por Woisky e Salatino (1998). As amostras frescas (1 g) foram extraídas (80% v/v) de metanol e filtradas através de papel de filtro e incorporadas a 2,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu (1:10), 2 mL da solução de carbonato de sódio a 4% (p/v) e ficaram em repouso no escuro por 2 h. A mistura foi incubada a 37 °C durante 30 min, e a absorbância foi medida a 740 nm usando o espectrofotômetro Biochrom Libra S22. Os resultados foram expressos como mg 100 g<sup>-1</sup> de equivalente de ácido gálico (GAE) FW.

## 4.2.3.8.4 Ácido ascórbico

Realizado de acordo com o método descrito por Pasternak et al. (2005), com modificações. A amostra (0,1 g) foi extraída com 3 mL de ácido metafosfórico 3% em homogeneizador Potter e centrifugado a 8.000 rpm por 20 minutos a 4°C. O extrato obtido foi filtrado em filtro PTFE, 0,45 μm. Para a redução do ácido dehidroascórbico, uma alíquota foi adicionada de ditiotreitol (DTT). A quantificação foi realizada por CLAE-DAD (Hewlett-Packard 1100, Agilent), em coluna μBondpack C18 (300 mm x 3.6 mm i.d., Waters, Milford, MA). A fase móvel foi constituída de tampão KC1 2 mM, pH 2,5 com fluxo de 0,8 mLmin<sup>-1</sup> e a detecção realizada em 245 nm. O ácido ascórbico foi identificado a partir do tempo de retenção e similaridade do espectro de absorção com o respectivo padrão comercial. O ácido dehidroascórbico foi calculado pela diferença entre o conteúdo de ácido ascórbico total (extrato tratado com DTT) e o conteúdo de ácido ascórbico reduzido (sem DTT). Os teores foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> FW.

## **4.2.3.9** Capacidade antioxidante (ORAC e DPPH)

O ensaio do ORAC foi feito de acordo com o método descrito por Melo et al. (2015). A reação foi realizada a 37°C e a absorbância medida a cada minuto durante 2 h a 485 nm e 528 nm, nos comprimentos de onda de excitação e emissão, respectivamente, usando uma leitora de microplacas (Molecular Devices, LLC, Sunnyvale, CA, EUA). A solução de trolox foi usada como padrão em concentrações que variaram de 12,5 μM a 400 μM. Os resultados foram expressos como mmol trolox 100 g<sup>-1</sup> polpa liofilizada (DW).

O teste pelo sequestro do radical livre 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH) foi feito de acordo com o método descrito por Tiveron et al. (2012). A capacidade antioxidante da polpa para eliminar os radicais DPPH foi calculada como porcentagem de inibição e expressa em mmol trolox 100 g<sup>-1</sup> polpa liofilizada (DW).

## 4.2.4 Análise estatística

Os ensaios foram realizados em triplicata para cada amostra. Os dados foram relatados como médias  $\pm$  desvios-padrões e analisados usando o software SAS versão 9.4. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para determinar a diferença entre os acessos nas propriedades físicas, químicas e de compostos funcionais. As diferenças entre as médias foram consideradas significativas em p  $\leq$ 0,05 usando o teste de diferença significativa de Tukey.

## 4.3 Resultados e discussão

## 4.3.1 Açúcares solúveis

Os teores dos açúcares solúveis (glicose, frutose, sacarose e a somatória desses açucares) foram identificados e quantificados nos acessos de uvaia estão descritos na Tabela 1. Os acessos de uvaia apresentaram diferença significativa entre si (P<0,05), com somatórios elevados de açúcares variando de 11,62 g 100 g<sup>-1</sup> FW ('Pêra') para 20,18 g 100 g<sup>-1</sup> FW ('Rugosa Doce'). Os acessos 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas' apresentaram comportamento similar ao descrito para o SS (Material suplementar 1).

Os açúcares predominantes foram distintos entre os acessos. A sacarose foi predominante na 'Rugosa Doce', 'Doce de Patos de Minas' e 'Comum', enquanto a glicose foi predominante na 'Rugosa', 'Pêra' e 'Dura'. Saraiva et al. (2018), analisando a banana 'Thap Meo' descreveram teores de açúcares solúveis de 20 g 100 g<sup>-1</sup>, similares aos encontrados para os acessos 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas'. Cordenunsi, Shiga, e

Lajolo (2008), também aferiram teores similares em bananas, da ordem de 19,52 g 100 g<sup>-1</sup> para cv. Nanicão.

Devi Ramaiya et al. (2012), analisando os açúcares solúveis em cultivares de maracujá (*Passiflora edulis* (Frederick), *Passiflora maliformis, Passiflora quadrangularis, Passiflora edulis* (Pink), *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) relataram teores de 4,637 a 10,69 g 100 g<sup>-1</sup> FW, valores inferiores aos relatados nas frutas dos acessos de uvaia.

Aqui nos relatamos pela primeira vez os teores de açúcares solúveis em diferentes acessos de uvaia. Essas frutas são frequentemente retratadas como uma fruta com baixo conteúdo de açúcares, por causa do sabor ácido característico, que se sobressai sensorialmente. No entanto, de acordo com os nossos resultados, podemos concluir que esses acessos - principalmente a 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas' - apresentam elevados teores de açúcares, podendo ser considerado como uma fonte energética.

Tabela 1. Glicose, frutose, sacarose e soma dos teores de açúcares solúveis (g 100 g<sup>-1</sup> FW) em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

			Aces	SSOS		
Parâmetros	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
Glicose	4,04±0,23 <sup>b</sup>	4,84±0,41 <sup>ab</sup>	4,35±0,3 <sup>ab</sup>	4,59±2,4 <sup>ab</sup>	5,21±0,45 <sup>a</sup>	4,78±0,53 <sup>ab</sup>
Frutose	4,64±0,28°	6,08±0,03 <sup>ab</sup>	5,00±0,62 <sup>bc</sup>	5,39±1,3 <sup>abc</sup>	$6,5\pm0,39^{a}$	5,56±0,59 <sup>abc</sup>
Sacarose	5,30±0,06 <sup>b</sup>	1,04±12,43°	9,53±10,9 <sup>a</sup>	1,64±1,4°	8,47±0,51 <sup>a</sup>	2±2,04°
Soma dos teores de açúcares	13,98±0,47 <sup>b</sup>	11,96±1,51 <sup>b</sup>	18,88±1,93 <sup>a</sup>	11,62±1,6 <sup>b</sup>	20,18±0,9 <sup>a</sup>	12,34±1,32 <sup>b</sup>

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 4.3.2 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos (cítrico, tartárico, málico, succínico e o somatório dos ácidos) foram identificados e quantificados nos acessos de uvaia e estão descritos na Tabela 2. O somatório entre os acessos oscilaram de 0,2774 g 100 g<sup>-1</sup> FW ('Rugosa') a 1,3627 ('Comum') g 100 g<sup>-1</sup> FW. Os acessos de uvaias 'Comum' e 'Rugosa Doce' foram os mais ácidos, enquanto a 'Rugosa' e a 'Pêra' apresentaram menores teores de acidez.

A predominância dos ácidos orgânicos foi distinta entre os acessos. O ácido succínico foi o predominante nos acessos 'Rugosa Doce' e 'Comum', seguido pelo ácido málico. Nesses acessos esses dois ácidos foram responsáveis por 88,63% e 90,15% da acidez nessas frutas. Já para os acessos 'Dura' e 'Doce de Patos de Minas' o ácido málico e o succínico foram os majoritários. Esses ácidos foram responsáveis por 98,7 e 96,02%, respectivamente.

No acesso 'Pêra' os ácidos málico e lático foram os predominantes contribuindo para 91,25% da acidez nessas frutas. Esse acesso foi o único que não foi detectado a presença do ácido succínico. Com relação ao acesso 'Rugosa' que apresentou o menor teor de acidez, todos os ácidos detectados apresentaram contribuição no somatório total, sendo o lático de 45,81%, succínico de 31,83%, cítrico de 12,18% e tartárico de 10,16% (Tabela 2). Albertini et al. (2006) constataram que em limões, limas e laranjas, o ácido cítrico aparece em níveis elevados em variedades mais ácidas, mas ácido málico excede o ácido cítrico em variedades menos ácidas.

De acordo com o nosso estudo, verificamos que mesmo sendo uma única espécie, o perfil de ácidos orgânicos foi distinto entre os acessos, com predominância principalmente do ácido succínico e málico ou vice-versa em quatro dos seis acessos ('Comum', 'Rugosa Doce', 'Dura' e 'Doce de Patos de Minas') estudados, e que os ácidos málico e lático foram responsáveis pela acidez nos acessos 'Pêra' e 'Rugosa', respectivamente. De maneira geral, conclui-se que majoritariamente os ácidos succínico e málico contribuem significativamente para o sabor peculiar atribuído a fruta de uvaia. Esse comportamento é contrário a uma gama de frutíferas tropicais e tradicionais comumente consumidas, cujo o ácido cítrico é predominante, e que na fruta de uvaia apareceu em pequenas proporções.

Tabela 2. Ácidos orgânicos (cítrico, tartárico, málico, lático e succínico) (g 100 g<sup>-1</sup> FW) em acessos de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Parâmetros			A	Acessos		
Farametros	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
Cítrico	0,0912±0,0093 <sup>a</sup>	0,0338±0,0296 <sup>b</sup>	<ld< td=""><td><math>0,0184\pm0,0004^{bc}</math></td><td>0,0512±0,0178<sup>b</sup></td><td><math>0,0027\pm0,0004^{c}</math></td></ld<>	$0,0184\pm0,0004^{bc}$	0,0512±0,0178 <sup>b</sup>	$0,0027\pm0,0004^{c}$
Tartárico	$0,0635\pm0,0075^{b}$	$0,0282\pm0,0258^{c}$	0,0191±0,0121°	0,010±0,0001°	0,0806±0,0249 <sup>a</sup>	$0,0068\pm0,0006^{c}$
Málico	$0,4493\pm0,0508^{b}$	<ld< td=""><td>0,2817±0,0242°</td><td>0,1896±0,0099<sup>d</sup></td><td>0,374±0,0122<sup>bc</sup></td><td>0,6288±0,0578<sup>a</sup></td></ld<>	0,2817±0,0242°	0,1896±0,0099 <sup>d</sup>	0,374±0,0122 <sup>bc</sup>	0,6288±0,0578 <sup>a</sup>
Lático	<ld< td=""><td>0,1271±0,2613<sup>a</sup></td><td><ld< td=""><td>0,1165±0,0097<sup>a</sup></td><td><ld< td=""><td><ld< td=""></ld<></td></ld<></td></ld<></td></ld<>	0,1271±0,2613 <sup>a</sup>	<ld< td=""><td>0,1165±0,0097<sup>a</sup></td><td><ld< td=""><td><ld< td=""></ld<></td></ld<></td></ld<>	0,1165±0,0097 <sup>a</sup>	<ld< td=""><td><ld< td=""></ld<></td></ld<>	<ld< td=""></ld<>
Succínico	0,7587±0,4357 <sup>a</sup>	$0,0883\pm0,1034^{b}$	0,1804±0,0252 <sup>b</sup>	<ld< td=""><td>0,8343±0,1457<sup>a</sup></td><td><math>0,0942\pm0,0063^{b}</math></td></ld<>	0,8343±0,1457 <sup>a</sup>	$0,0942\pm0,0063^{b}$
Soma dos ácidos	1,3627±0,5015 <sup>a</sup>	0,2774±0,4195 <sup>b</sup>	0,4812±0,0554 <sup>b</sup>	0,3345±0,0135 <sup>b</sup>	1,3401±0,1945 <sup>a</sup>	0,7325±0,0649 <sup>b</sup>
orgânicos						
quantificados						

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. LD – Limite de detecção.

Tal como com o efeito dos açúcares sobre a doçura nas frutas, além do conteúdo absoluto de ácidos orgânicos individuais, as diferenças na acidez entre as espécies/cultivares também podem depender da proporção de ácidos orgânicos, e como a composição de ácido orgânico apresenta significativa diferença entre as espécies e cultivares, pode-se considerar que é um fator que contribui para a diferença de sabor nas frutas (Zheng et al., 2016).

### 4.3.3 Compostos orgânicos voláteis

Os componentes orgânicos voláteis identificados nos seis acessos de uvaia estão na Tabela 3. Descrevemos pela primeira vez os compostos voláteis na fruta de uvaia, um dos mais importantes atributos de qualidade (Saraiva et al., 2018). Foram identificados 77 compostos, cujo os principais componentes voláteis foram os terpenos (15 monoterpenos e 22 sequisterpenos), correspondendo a 47,4% dos compostos identificados. Também foi verificada a presença de 23 ésteres (29,48%), 7 álcoois alifáticos (8,97%), 2 aldeídos (2,56%), 4 álcoois alifáticos e aldeídos (5,12%), 2 hidrocarbonetos aromáticos (2,56%), 2 alcenos (2,56%) e 1 cetona (1,28%). Pelos resultados obtidos, o aroma na fruta de uvaia pode ser descrito por notas doces e cítricas, com aspecto frutado.

A composição volátil em uvaia foi influenciada pelo acesso, pois apenas 3 sequisterpenos (o-Elemene ,  $\alpha$ -Cubebene e (-)- $\delta$ -Cadinene) 2 ésteres (Butirato de etila e Hexanoato de hexila) e 3 álcoois alifáticos e aldeídos (Hexanal, 1-Hexanol e Nonanal) foram reportados em todos os acessos. Os acessos de uvaias 'Comum' e 'Pêra' apresentaram perfis de compostos voláteis similares (Tabela 3; Material suplementar 3). A similaridade entre os perfis ocorreu devido a presença dos monoterpenos ( $\alpha$ -Pinene e Limonene), sequisterpenos((-)- $\gamma$ -Elemene), dos ésteres (Butirato de etila, Hexanoato de etila, Acetato de hexila, Propionato de hexila, Acetato de octila, Ácido propanoico e Hexanoato de otila), dos álcoois alifáticos ((Z)-3-Hexen-1-ol e 1-Octanol), do aldeído (Octanal) e do álcool alifático e aldeído ((E)-2-Hexenal). Além disso, o acesso 'Comum' foi o único que apresentou a presença do sequisterpeno 7-Epi-.alpha.-selinene em sua composição.

O acesso 'Pêra' apresentou a presença dos monoterpenos (D-Limonene,  $\beta$ -Ocimene, trans- $\beta$ -Ocimene, o-Cymene,  $\alpha$ -Phellandrene,  $\beta$ -Phellandrene) e sequisterpenos ( $\beta$ -Bourbonene,  $\alpha$ -Muurolene, Cis-muurola-4(14),5-diene) em sua composição de maneira isolada, ou em conjunto com outros acessos, o que demonstra que esse acesso apresenta um rico perfil de compostos voláteis, especialmente da classe dos terpenos (Tabela 3; Material suplementar 3).

Tabela 3. Principais compostos voláteis identificados por SPME combinado com GC-MS em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

Numero	CAS	Compostos	UC	UR	UD	UP	URD	UDU	Classe química	Descrição de odor <sup>1</sup>
	141-78-6							X	Éster	Doce, frutado
1	(4 17 5	Acetato de etila							A 1 1 - 1:£24:	D
2	64-17-5	Etanol		X		X	X		Alcool alifático	Doce, purgente
2	110-62-3	Lianor						X	Aldeido	Amêndoa, purgente
3	110-02-3	Pentanal						Λ	Aldeldo	Amendoa, purgente
	24030-	2-Oxo-4-fenil-6-(4-						X	Monoterpeno	n.d
	13-5	clorofenil)-1,2-								
4		diidropirimidina								
	4889-83-	α-Pinene	X			X			Monoterpeno	n.d
5	2									
	28634- 89-1				X		X		Monoterpeno	Amadeirado, ervas (herbal)
6		β-Thujene								,
7	105-54-4	Butirato de etila	X	X	X	X	X	X	Éster	Frutado, doce
	66-25-1		X	X	X	X	X	X	Álcool alifático	Frutado, gramíneo
8		Hexanal							e aldeído	
9	99-84-3	β-Terpinene		X		X			Monoterpeno	Ervas, citrico
	100-41-4							X	Hidrocarboneto	n.d
10		Etilbenzeno							aromático	
11	123-35-3	β-Myrcene		X			X	X	Monoterpeno	Limão, picante
	3387-41-				X			X		Citríco, picante
12	5	Sabinene							Monoterpeno	
13	99-83-2	α-Phellandrene				X	X		Monoterpeno	Frutado, ervas

14	106-70-7	Hexanoato de metila			X				Éster	Frutado
14	5989-27-	nexalioato de metha				X			Monoterpeno	Frutado, citrico
15	5	D-Limoneno							•	,
16	138-86-3	Limoneno	X			X			Monoterpeno	Frutado, citrico
	470-82-6			X					Monoterpeno	Doce, canfora
17	555 10 2	Eucaliptol				**			Monotomono	Emitodo homala
18	555-10-2	β-Phellandrene				X			Monoterpeno	Frutado, hortelã
	6728-26-	·	X			X	X	X	Álcool alifático	Frutado, ervas
19	3	2-Hexenal, (E)-							e aldeído	T 4 1 22
20	123-66-0	Hexanoato de etila	X	X		X	X	X	Éster	Frutado, maracujá
	13877-				X	X			Monoterpeno	n.d
21	91-3	β-Ocimene							N/L	D 4:
22	3779-61- 1	trans-β-Ocimene			X	X			Monoterpeno	Doce, cítrico
22	100-42-5	trans p Germene			X				hidrocarboneto	n.d
23		Estireno							aromático	
24	527-84-4	o-Cymene				X			Monoterpeno	n.d
	142-92-7	Ž	X		X	X	X	X	Éster	Frutado, picante
25		Acetato de hexila								
26	124-13-0	Octanal	X	X		X		X	Aldeido	Cítrico, florado
	72237-		X				X	X	Álcool alifático	n.d
27	36-6	4-Hexen-1-ol								1
28	110-93-0	5-Hepten-2-one, 6-methyl-						X	Cetona	n.d
	2445-76-	1	X			X	X		Éster	n.d
29	3	Propionato de hexila							11 1 1000	T
30	111-27-3	1-Hexanol	X	X	X	X	X	X	Álcool alifático e aldeído	Florido, amadeirado

31	928-96-1	(Z)-3-hexen-1-ol	X			X			Alcool alifático	Fresco, gramíneo
32	544-12-7	3-Hexen-1-ol		X	X		X		Alcool alifático	n.d
32	124-19-6	3-nexell-1-01	X	X	X	X	X	X	Álcool alifático	Citrus, verde
33		Nonanal							e aldeído	
34	2349-7-7	Ácido propanoico, 2-metil-						X	Éster	n.d
34	2639-63-	Acido propanoico, 2-metii-	X	X	X		X		Éster	Frutado
35	6	Butirato de hexila					••		25001	110000
26	106-32-1	0		X	X	X	X		Éster	n.d
36	4630-7-3	Octanoato de etila					X			n.d
37	4030-7-3	(+)-Valencene					Α		Sesquiterpeno	n.u
	3391-86-							X	Álcool alifático	Picante, herbaceo
38	4	1-Octen-3-ol							_	
20	16491-	(Z)-Ácido butanóico, 3-		X	X				Éster	T ( 1 1
39	36-4 41519-	hexenil				X	v	X	Éster	Frutado, banana Frutado, maçã
40	23-7	cis-3-Isobutirato de hexenila				Α	X	Α	Ester	Tutado, maça
10	20307-	δ-elemene						X	Sesquiterpeno	n.d
41	84-0								1 1	
	3242-8-8	o-Elemene	X	X	X	X	X	X	Sesquiterpeno	Lima, arborizado
42										
43	110-38-3	Decanoato de etila					X		Éster	Frutado, uva
43	112-14-1	Decanoato de etna	X	X	X	X	X		Éster	n.d
44		Acetato de octila	71	71	71	71	71			
	17699-		X	X	X	X	X	X	Sesquiterpeno	Suave, amadeirado
45	14-8	α-Cubebene							Cassitamas	
46	5208-59- 3	β-Bourbonene				X			Sesquiterpeno	n.d
40	30021-	p-Dourbonene					X			Oleoso e herbal
47	74-0	γ-Muurolene							Sesquiterpeno	2-2-2-2 2

	54274-	(+)-epi-			X				Sesquiterpeno	n.d
48	73-6	Bicyclosesquiphellandrene								
40	142-60-9	ά·1 ·	X	X		X	X		Éster	n.d
49	1000368-	Ácido propanoico			X				Éster	n.d
50	94-7	Ácido formico, 2-etilhexil			Λ				Lster	n.u
	111-87-5	,	X	X	X	X	X		Álcool alifático	Ervas, florado
51		1-Octanol								,
52	141-12-8	Acetato de nerilo					X		Éster	Florado, rosas
32	21064-	1,5,9-Ciclododecatrieno,			X				Alceno	n.d
53	19-7	1,5,9-trimetil-			74				THEONE	11.0
	515-13-9	, ,			X				Sesquiterpeno	Ceroso, herbaceo
54		β-Elemene								
<i></i>	25246-	A 11 1 1		X	X				Sesquiterpeno	Amadeirado
55	27-9 6378-65-	Alloaromadendrene	v	X	Х	v	v	X	Éster	Frutado, pessego
56	0378-03-	Hexanoato de hexila	X	Λ	Λ	X	X	Х	Ester	Trutado, pessego
30	109-52-4	Tiexanouto de nexita		X			X		Éster	n.d
57		Ácido pentanoico								
58	110-39-4	Butirato de octilo	X						Éster	Herbal, frutado
36	109-15-9	Butilato de Octilo		X	X	X	X		Éster	n.d
59	107 13 7	Octil-isobutirato		Λ	Λ	Λ	Α		LSter	n.u
	29873-	oeth Bootanaco	X	X		X			Sesquiterpeno	n.d
60	99-2	(-)-γ-Elemene							1 1	
	1000062-	1,4,7,-Ciclocatrieno, 1,5,9,9-	X	X			X		Alceno	n.d
61	61-9	tetrametil-, Z,Z,Z-								
	6753-98-				X				Sequisterpeno	Oleoso, frutado
62	6 21501	Humulene	•			•-	•		Éster	n .1
63	31501- 11-8	(Z)-3-Hexanoato de hexenila	X	X	X	X	X	X	Ester	n.d
03	31983-	пеленна				X			Sequisterpeno	n.d
64	22-9	α-Muurolene							z equitor peno	11.4

	39029-				X				Sequisterpeno	Herbal
65	41-9	γ-Cadinene								
	1000365-					X		X	Sequisterpeno	n.d
66	95-5	cis-muurola-4(14),5-diene								
	33880-			X					Sequisterpeno	n.d
67	83-0	β-Elemene								
_	502-61-4	_			X				Sequisterpeno	Amadeirado
68		α-Farnesene								
	23986-	(E)-germacrene D		X	X				Sequisterpeno	Oleoso,
69	74-5									amadeirado
	17066-				X				Sequisterpeno	Herbal
	67-0									
70		β-Selinene								
	473-13-2	C.II			X				Sequisterpeno	Pimenta, laranja
71		α-Selinene								
	483-76-1	( ) \$ 6 1.	X	X	X	X	X	X	Sequisterpeno	Remédio, ervas
72		(-)-δ-Cadinene								
	1000365-		X						Sequisterpeno	n.d
73	93-4	7-epialphaselinene							,	
7.4	112-30-1	1.D. 1		X					Álcool alifático	Gordura
74	4007.20	1-Decanol							<b>ŕ</b>	1
7.5	4887-30-	0.4111	X		X	X	X		Éster	n.d
75	3	Octil Hexanoato							<b>4</b>	1
	1000340-	2-Ácido etilbutírico, éster de						X	Éster	n.d
76	24-3	octilo								
	3879-26-	5,9-Undecadien-2-one, 6,10-						X	Monoterpeno	Gorduroso,
77	3	dimetil-, (Z)-								metalico

Os dados apresentados são a média de uma análise triplicada. http://www.pherobase.com/; n.d = não determinado.

Os compostos que caracterizaram o acesso 'Rugosa Doce' foram o monoterpeno ( $\beta$ -Thujene), sequisterpenos ( $\gamma$ -Muurolene e (+)-Valencene), os ésteres (Propionato de hexila, Ácido propanóico, Decanoato de etila, Acetato de nerila e Hexanoato de etila), os álcoois alifáticos e aldeídos (Hexanal e (E)-2-Hexenal). Além disso, este acesso apresentou os monoterpenos ( $\beta$ -Myrcene e  $\alpha$ -Phellandrene). No acesso da uvaia 'Dura', os monoterpenos (2-Oxo-4-phenyl-6-(4-chlorophenyl)-1,2-Dihydropyrimidine e 5,9-Undecadien-2-one, 6,10-Dimethyl-, (Z)-), sequisterpenos (Cis-muurola-4(14),5-diene e  $\delta$ -Elemene), os ésteres (Acetato de etila e Ácido 2-etilbutírico, Éster octilico), o aldeído (Pentanal), álcoois alifáticos (1-Octen-3-ol e 4-Hexen-1-ol), cetona (5-Hepten-2-one, 6-methyl-) e o hidrocarboneto aromático (Etilbenzeno) compõem o perfil volátil.

O acesso 'Rugosa' apresentou os monoterpenos (β-Myrcene, β-Terpinene, Eucalyptol), sequisterpenos ((-)-γ-Elemene, β-Elemene), os ésteres (Ácido pentanóico, Octilisobutirato, Octanoato de etila, Butirato de hexila, Acetato de octilo), álcoois alifáticos (Etanol, 1-Decanol, 1-Octanol), alceno (1,4,7,-Ciclocatrieno, 1,5,9,9-Tetrametil-, Z,Z,Z-). Para o acesso 'Doce de Patos de Minas' os monoterpenos (β-Ocimene, trans-β-Ocimene, Sabinene), sequisterpenos (Alloaromadendrene, (E)-Germacrene D, α-Selinene, β-Selinene, α-Farnesene, γ-Cadinene, Humulene, (+)-epi-Bicyclosesquiphellandrene, β-Elemene), ésteres ((Z)-Ácido butanóico, 3-Hexenil, Octil hexanoato, Ácido fórmico, 2-Etil-hexila, Hexanoato de metila), hidrocarboneto aromático (Estireno), e o alceno (1,5,9-Ciclododecatrieno, 1,5,9-trimetil-), foram os compostos voláteis que caracterizaram as frutas (Tabela 3; Material suplementar 3).

Os acessos de uvaia demonstraram ser fonte de terpenoides (15 monoterpenos e 22 sequisterpenos), que permitem oportunidades como matéria prima para indústria de alimentos, bem como na indústria farmacêutica. Os terpenoides representam uma classe grande e diversificada de compostos naturais encontrados em uma variedade de frutas, hortaliças e plantas medicinais. Uma dieta rica em terpenoides relaciona-se inversamente com o risco de doenças crônicas, incluindo cânceres. Estes terpenoides são capazes de inibir a proliferação e induzir a morte de células tumorais, inibindo múltiplos alvos específicos do câncer (Yang & Dou, 2010). Além disso, compostos isolados ou em conjunto dos terpenos linalol, eugenol e o eucaliptol induzem o acúmulo de hemoglobina em células humanas K562, podendo ter efeitos positivos sobre a β-talassemia e anemia falciforme (Giordana et al., 2018).

### 4.3.4 Composição centesimal

A composição centesimal para os seis acessos de uvaia está descrito na Tabela 4. Os teores de cinzas oscilaram de 3,6 g 100 g<sup>-1</sup> DW a 5,42 g 100 g<sup>-1</sup> DW, onde as frutas dos acessos 'Rugosa' e 'Doce de Patos de Minas' apresentaram os maiores e menores teores, respectivamente. Já para os lipídios, frutas do acesso 'Rugosa' apresentaram 2,5% a mais do que frutas dos acessos 'Rugosa Doce' e 'Dura'.

Os teores de proteínas oscilaram de 2,61 g 100 g<sup>-1</sup> DW a 3,83 g 100 g<sup>-1</sup> DW, cujo os acessos 'Rugosa' e 'Comum' continham os maiores e menores teores, respectivamente. Para esse parâmetro, apenas para o acesso 'Rugosa' foi observado que houve diferença estatística (P<0,05) (Tabela 4). Pereira et al. (2012) reportaram altos teores de proteínas de 15,82 g 100 g<sup>-1</sup> DW em uvaia cultivados no Sul do Brasil. A ingestão recomendada de proteínas é de 0,8 g kg<sup>-1</sup> dia para um adulto (19 a 70 anos) de acordo com os índices de ingestão de referência (IOM, 2000). Nossos resultados demonstram que a uvaia fornece aproximadamente 3,83 g kg<sup>-1</sup> FW. Nos últimos anos, tem aumentado o interesse pelas proteínas dos vegetais, devido às suas funções benéficas para a saúde e amplas aplicações na indústria de alimentos. As proteínas vegetais combinadas com outros polímeros comestíveis podem ser usadas para melhorar a qualidade e o valor nutricional dos produtos alimentares (Lin et al., 2017).

Tabela 4. Composição centesimal (g 100 g<sup>-1</sup> DW) de acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

			Aces	ssos		
Parâmetros	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
Cinzas	3,75±0,007°	5,42±0,02 <sup>a</sup>	3,6±0,43°	3,88±0,29°	3,95±0,01°	4,48±0,24 <sup>b</sup>
Lipídios	$0.92\pm0.02^{ab}$	$1,03\pm0,06^{a}$	0,82±0,09 <sup>bc</sup>	$0,71\pm0,06^{c}$	$0,43\pm0,03^{d}$	$0,40\pm0,06^{d}$
Proteína	$2,61\pm0,09^{b}$	$3,83\pm0,2^{a}$	2,77±0,09 <sup>b</sup>	3,15±0,17 <sup>b</sup>	2,95±0,002 <sup>b</sup>	2,79±0,3 <sup>b</sup>
Fibra alimentar	39,06±5,84 <sup>a</sup>	43,81±3,41 <sup>a</sup>	41,14±0,19 <sup>a</sup>	38,14±8,78 <sup>ab</sup>	31,86±1,93 <sup>b</sup>	$44,1\pm0,26^{a}$
Fibra solúvel	9,45±0,27 <sup>a</sup>	8,84±0,41 <sup>a</sup>	8,52±1,13 <sup>a</sup>	$9,6\pm2,68^{a}$	$9,5\pm0,80^{a}$	5,05±0,24 <sup>b</sup>
Fibra insolúvel	29,61±5,94°	34,97±3,51 <sup>ab</sup>	32,62±0,94 <sup>bc</sup>	28,54±6,94°	22,36±1,13 <sup>d</sup>	39,05±0,32 <sup>a</sup>
Carboidratos disponíveis <sup>a</sup>	53,84±2,04 <sup>b</sup>	45,91±3,51 <sup>b</sup>	51,67±0,34 <sup>b</sup>	54,12±3,56 <sup>ab</sup>	$60,81\pm1,88^{a}$	48,23±0,45 <sup>b</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>Calculado como a diferença (100% -%cinza -%lipídios -%proteína -%fibra =% de carboidratos). Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de fibras alimentares oscilaram de 31,86 a 44,1 g 100 g<sup>-1</sup> DW, onde as frutas do acesso 'Dura' apresentaram teores mais elevados, mas não apresentaram diferença significativa com os acessos 'Rugosa', 'Doce de Patos de Minas' e 'Comum' (P<0,05). As frutas do acesso 'Pêra' apresentaram teores intermediários, e o acesso 'Rugosa Doce'os menores teores (Tabela 4). Quando avaliada a fibra solúvel, verificou-se que apenas o acesso 'Dura' diferiu significativamente dos demais acessos, apresentando quase a metade do teor reportado para o acesso 'Pêra'. No entanto, para a fibra insolúvel houve uma grande variação entre os acessos, onde as frutas do acesso 'Dura' foram as mais ricas (39,05 g 100 g<sup>-1</sup>), apresentando 1,7% a mais do que as frutas do acesso 'Rugosa Doce'. Pereira et al (2012), analisando frutas nativas brasileiras e pertencentes a família Myrtaceae, constataram teores de 3,09, 9,75 e 11,95 g 100 g<sup>-1</sup> DW para as fibras alimentares em uvaia, guabiroba e araçá, respectivamente.

A fibra é comumente classificada como insolúvel ou solúvel com base na sua solubilidade em água quente. A fibra insolúvel inclui celulose, lignina e algumas hemiceluloses e a fibra solúvel inclui pectinas, psyllium, gomas, β-glucanos e algumas hemicelulose (Davison & Temple, 2018). As fibras são compostos complexos e desempenham diversas funções no metabolismo humano. A sua ingestão está frequentemente associada com a diminuição do risco de doenças cardiovasculares, diminuição dos níveis de colesterol, pressão alta, ganho de peso e nos índices de glicemia (Satija & Hu, 2018). Além disso, as fibras fazem parte da parede celular das frutas, que auxiliam na manutenção do armazenamento pós-colheita.

Frutas de uvaia são referenciadas como frutas extremamente sensíveis ao manuseio por causa de sua casca e textura delicada. No entanto, frutas do acesso 'Dura' se diferenciam dos demais, pois apresentam textura firme, provavelmente devido à presença das fibras insolúveis (Tabela 4). Nesse sentido, da Silva et al. (2018) verificaram o armazenamento póscolheita dos acessos 'Pêra' e 'Dura' sob temperatura ambiente, e observaram que as frutas do acesso 'Dura' se mantiveram aptos para o consumo até quatro dias após a colheita, contrastando a um dia da uvaia 'Pêra'.

Para os carboidratos disponíveis, as frutas dos acessos 'Rugosa Doce' e 'Pêra' continham teores mais elevados do que os demais acessos (Tabela 4). O conhecimento da composição centesimal pode explicar várias interações nos compostos presentes em alimentos. Acredita-se que os polifenóis interagem com os carboidratos, proteínas ou lipídios, podendo ter efeitos significativos na atividade de compostos fenólicos, apresentando papel significativo no corpo e na saúde humana. Além dessas interações, os polifenóis interagem

com a fibra alimentar (Jakobek, 2015). Em nosso estudo, verificamos que o acesso 'Rugosa Doce' apresentou elevados teores de açúcares, bem como de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (Material suplementar 1, Tabela 1 e Tabela 6). No entanto, quando analisamos globalmente, as frutas do acesso 'Rugosa' apresentaram teores mais elevados de cinzas, lipídios, proteínas e fibras alimentares, sendo um acesso promissor no que diz respeito à composição centesimal.

### 4.3.5 Composição mineral

A composição mineral para os seis acessos de uvaia está descrito na Tabela 5. A diferença do somatório dos minerais foi significativa entre os acessos (P>0,05) (Tabela 5). Em ordem decrescente verificou-se: 'Rugosa'> 'Dura'> 'Rugosa Doce'> 'Pêra'> 'Comum'> 'Doce de Patos de Minas'. Os acessos de uvaia apresentaram elevada concentração de K (986 mg 100 g<sup>-1</sup> a 1559,67 mg 100 g<sup>-1</sup>), onde o acesso 'Rugosa' apresentou o maior conteúdo e os acessos 'Doce de Patos de Minas' e 'Comum' os menores (P<0,05). Pereira et al. (2014) avaliando a uvaia, guabiroba, goiaba e araçá reportaram teores de 591,29 mg 100 g<sup>-1</sup> a 888,24 mg 100 g<sup>-1</sup>, teores inferiores aos relatados neste estudo. Como um elemento essencial, o K, combinado com o sódio, regula o funcionamento do sistema muscular, incluindo batimentos cardíacos, manutenção da pressão arterial e eliminação de resíduos (Pereira et al., 2014; Gharibzahedi & Jafari, 2017).

Os conteúdos de P oscilaram de 134 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Rugosa') a 235,33 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Comum'). O P é encontrado em todas as células, sendo necessário para o corpo metabolizar proteínas fornecendo a manutenção, reparação e crescimento celular, bem como nas moléculas de ATP e produção de energia (Gharibzahedi & Jafari, 2017).

As frutas do acesso 'Comum' apresentaram os maiores teores de Ca (341,33 mg 100 g<sup>-1</sup>) e as frutas do acesso 'Pêra' (166,33 mg 100 g<sup>-1</sup>) e 'Rugosa Doce' (169,33 mg 100 g<sup>-1</sup>) os menores. Os conteúdos reportados neste estudo são de 3 a 6 superiores aos teores de Ca reportados para uvaia por Pereira et al. (2014).

Tabela 5. Composição do conteúdo mineral (mg 100 g<sup>-1</sup> DW) de acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

			A	cessos		
Minerais	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
P	134,00±2,00 <sup>d</sup>	235,33±4,61 <sup>a</sup>	151,33±7,37°	136,66±2,08 <sup>d</sup>	142,66±4,04 <sup>cd</sup>	175,66±0,57 <sup>b</sup>
K	986,00±39,83°	1559,67±79,09 <sup>a</sup>	1055,00±39,83°	1192,67±39,25 <sup>b</sup>	1215,33±39,25 <sup>b</sup>	1261,00±39,83 <sup>b</sup>
Ca	341,33±3,51 <sup>a</sup>	296,00±6,65 <sup>b</sup>	208,66±3,51°	166,33±6,02 <sup>d</sup>	169,33±2,51 <sup>d</sup>	205,66±2,39°
Mg	41,00±1,73 <sup>b</sup>	60,33±2,51 <sup>a</sup>	31,00±1,73 <sup>d</sup>	32,66±2,51 <sup>cd</sup>	27,00±1,73 <sup>d</sup>	37,66±2,51 <sup>bc</sup>
S	62,45±2,30 <sup>b</sup>	75,33±1,15 <sup>a</sup>	59,70±0,57 <sup>b</sup>	49,87±1,52°	52,27±1°	61,44±1,52 <sup>b</sup>
В	0,75±0,02°	0,82±0,03 <sup>b</sup>	0,75±0,01°	$0,57\pm0,01^{d}$	0,73±0,01°	1,08±0,03 <sup>a</sup>
Cu	$0,58\pm0,02^{e}$	$0,95\pm0,05^{d}$	0,45±0,02 <sup>f</sup>	1,18±0,02°	1,38±0,02 <sup>b</sup>	$7,25\pm0,08^{a}$
Fe	5,37±0,40 <sup>a</sup>	3,46±0,05°	5,53±0,23 <sup>a</sup>	4,10±0,05 <sup>b</sup>	2,11±0,10 <sup>e</sup>	3,04±0,22 <sup>d</sup>

Mn	$3,05\pm0,05^{a}$	$1,08\pm0,05^{d}$	$1,46\pm0,11^{c}$	$0,76\pm0,02^{e}$	$1,38\pm0,02^{c}$	2,58±0,02 <sup>b</sup>
Zn	1,03±0,02 <sup>d</sup>	2,13±0,02 <sup>a</sup>	0,71±0,02 <sup>f</sup>	1,30±0,05°	$0,86\pm0,02^{\rm e}$	1,91±0,02 <sup>b</sup>
Soma dos teores dos minerais	1576,56±45,70°	2235,10±73,94 <sup>a</sup>	1514,59±47,76°	1586,10±42,26°	1613,05±44,75°	1757,28±41,18 <sup>b</sup>

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de Mg foram de 27 mg 100 g<sup>-1</sup> acesso 'Rugosa Doce'a 60,33 mg 100 g<sup>-1</sup> acesso 'Rugosa'. Para o S, frutas do acesso 'Rugosa' apresentou 1,5% mais conteúdo de S do que frutas do acesso 'Pêra' (Tabela 5). Dentre os macronutrientes reportados nos acessos de uvaia, o magnésio foi o que apareceu em menor quantidade. A ingestão diária recomendada sugere um intervalo de 240 a 420 mg/dia para adultos, dependendo da idade e do sexo (IOM, 2000). Tanto o Mg como o Ca contribuem para a formação de ossos, dentes e tecidos ajudando no crescimento e manutenção das funções corporais. O Mg está presente nas partes verdes das plantas como constituinte crítico da clorofila, e é presente em altas concentrações em vegetais. O S ajuda na resistência bacteriana e na proteção contra substâncias tóxicas (Pereira et al., 2014; Gharibzahedi & Jafari, 2017).

Os conteúdos de B apresentaram diferença estatística entre os acessos (P<0,05), onde frutas do acesso 'Dura' apresentaram 1,8% a mais do que frutas do acesso 'Pêra'. Para o Cu, foi observado uma elevada variação, com teores de 0,45 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Doce de Patos de Minas') a 7, 25 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Dura').

Os teores de Fe nos acessos de uvaia variaram entre 2,11 ('Rugosa Doce') a 5,53 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Doce de Patos de Minas'). Pereira et al. (2014) reportaram teores de 2,12 mg 100 g<sup>-1</sup> para o Fe em uvaia. O ferro é considerado um elemento essencial, bastante citado e estudado devido às funções vitais no organismo (Mir-Marqués, Cervera, & de la Guardia, 2016). A dose diária recomendada é de aproximadamente 10 mg de ferro para homens e 20 mg para mulheres (IOM, 2000). Uvaia apresenta teores superiores a frutas tradicionais, como maçã (1,10 mg 100 g<sup>-1</sup>) e laranja (1,10 mg 100 g<sup>-1</sup>) (Ekholm et al., 2007).

Os teores de Mn foram de 0,76 mg 100 g<sup>-1</sup> a 3,05 mg 100 g<sup>-1</sup>, para os acessos 'Pêra' e 'Comum', respectivamente. O Mn, assim como o Cu, são elementos vitais, contribuindo para componentes estruturais e ativações de enzimas, bem como no funcionamento metabólico e no funcionamento dos órgãos (Mir-Marqués, Cervera, & de la Guardia, 2016; Gharibzahedi & Jafari, 2017). A ingestão diária recomendada de Mn é de 1,8 a 2,3 mg para adultos do sexo feminino e masculino (IOM, 2000). Como um essencial elemento traço, o Zn é necessário na produção das proteínas e consequentemente do material genético, na saúde do sistema imunólogico. Com relação aos alimentos, tem uma função principal na percepção do paladar, cheiro e auxilia na digestão. Os acessos de uvaia apresentaram teores de 0,71 mg 100 g<sup>-1</sup> a 2,13 mg 100 g<sup>-1</sup>, para os acessos 'Doce de Patos de Minas' e 'Rugosa', respectivamente. Frutas não são consideradas fontes desse nutriente, sendo os grãos integrais e gérmen de trigo fontes importantes (IOM, 2000). Ekholm et al. (2007) descreveram conteúdos de farinha de trigo (1,10 mg 100 g<sup>-1</sup>), pão de trigo (1,10 mg 100 g<sup>-1</sup>) e trigo (1,70 mg 100 g<sup>-1</sup>) inferiores aos

reportados neste estudo. Pereira et al. (2014) descreveram teores de 6,04 mg 100 g<sup>-1</sup> para o Zn em uvaia cultivada no Sul do Brasil. Essas diferenças podem decorrer de variações do acesso, local de cultivo e solo de cultivo (Jham, Fernandes, Garcia, & Palmquist, 2007).

Informações sobre a composição nutricional de frutas nativas brasileiras, particularmente aquelas da Mata Atlântica, são escassas. Dados visando o incentivo e a inclusão dessas frutas na dieta, e evitando o desperdício de nutrientes, incentivando a inclusão dessas frutas não tradicionais para consumo humano contribuem para melhorar o estado nutricional da população e a redução da desnutrição.

## 4.3.6 Compostos bioativos

Os conteúdos de carotenoides totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais, ácido ascórbico e capacidade antioxidante estão na Tabela 6. Os acessos de uvaia diferiram quanto aos carotenoides (p<0,05), sendo a uvaia 'Pêra' 2,6 vezes mais rica neste composto quando comparada à uvaia 'Rugosa Doce' (Tabela 6). Não se observou relação entre a coloração e estes teores (Material suplementar 1).

Pode-se dizer que a uvaia constitui uma fonte de carotenoides, apresentando teores similares a de outras mirtáceas como a goiaba de polpa vermelha (24,7 μg g<sup>-1</sup>), e superiores ao araçá (4,3 μg g<sup>-1</sup>) e cagaita (9,6 μg g<sup>-1</sup>) (Alvarez-Suarez et al., 2018; Schiassi et al., 2018). Os carotenoides são pigmentos naturais da classe dos terpenoides que contribuem na coloração das frutas amarelas, vermelhas ou laranjas, reconhecidos como pigmentos alimentares e compostos bioativos, importantes precursores de vitamina A e que contribuem para a capacidade antioxidante. Essa classe de compostos é reconhecida e associada à prevenção de várias doenças, incluindo câncer, doenças cardiovasculares e degeneração macular relacionada com a idade (Leão et al., 2017; Fu et al., 2018).

Tabela 6. Compostos bioativos em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

			Acc	essos		
Parâmetros -	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
Carotenoides totais (µg g <sup>-1</sup> )	26,3±0,7 <sup>bc</sup>	25,5±0,79 <sup>bc</sup>	32,5±0,47 <sup>ab</sup>	42,3±0,62 <sup>a</sup>	16,3±0,18°	29,3±0,47 <sup>abc</sup>
Flavonoides totais (mg 100 g <sup>-1</sup> )	30,47±3,73 <sup>bc</sup>	38,30±1,41 <sup>a</sup>	22,97±3,15°	38,58±1,48 <sup>a</sup>	33,91±2,23 <sup>ab</sup>	24,98±4,05°
Compostos fenólicos totais (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	326,46±21,7 <sup>bc</sup>	393,12±3,3 <sup>ab</sup>	271,67±5,04°	311,22±2,94°	413,02±42 <sup>a</sup>	287,04±7,29°
<b>Ácido ascórbico</b> (mg 100 g <sup>-1</sup> )	18,13±5,82 <sup>b</sup>	1,37±0,03 <sup>d</sup>	64,82±14,98 <sup>a</sup>	15,32±0,13°	22,32±1,35 <sup>b</sup>	21,22±3,07 <sup>b</sup>
Capacidade antioxidante ORAC	4,48±2,89 <sup>d</sup>	8,59±3,24 <sup>cd</sup>	12,67±0,27 <sup>b</sup>	10,88±2,08 <sup>bc</sup>	16,12±0,14 <sup>a</sup>	$6,42\pm0,25^{cd}$
(mmol trolox 100 g <sup>-1</sup> polpa liofilizada)	4,40±2,09	6,39±3,24		10,00±2,00	10,12±0,14	
Capacidade antioxidante DPPH	11,47±1,01 <sup>bc</sup>	13,90±1,04 <sup>b</sup>	11,27±1,75 <sup>bc</sup>	12,45±1,95 <sup>bc</sup>	20.71 ±0.62ª	9,94±0,78°
(mmol trolox 100 g <sup>-1</sup> polpa liofilizada)	11,4/±1,U1	13,90±1,04		12,45±1,93	29,71±0,62 <sup>a</sup>	

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. GAE = equivalente em ácido gálico.

Os acessos diferiram quanto aos teores de flavonoides totais (P<0,05). Uvaias 'Rugosa Doce' e 'Pêra' apresentaram teores mais elevados, seguidos por uvaias 'Rugosa' e 'Comum' e uvaias 'Doce de Patos de Minas' e 'Dura' (Tabela 6). A variação registrada nos teores de compostos fenólicos totais foi de 271,67 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> FW para frutas do acesso 'Doce de Patos de Minas' à 413,02 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> FW para frutas do acesso 'Rugosa Doce' (Tabela 6). Os teores relatados aqui são similares aos reportados por Silva, Tokairin, Alencar e Jacomino (2018). De acordo com a classificação proposta por Vasco, Ruales, e Kamal-Eldin (2008), as uvaias são classificadas como contendo médio teor de compostos fenólicos, pois apresentaram teores entre 100-500 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>. Esses teores são superiores aos reportados para outras frutas como morango (31,29-136,55 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) e pitanga (73 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) (Vissoto et al., 2013; Palmieri et al., 2017), o que é bastante relevante no tocante ao enriquecimento da dieta alimentar da população.

O teor de ácido ascórbico (Tabela 6), composto antioxidante e que contribui para acentuar o sabor típico nas frutas, foi de 1,37 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Rugosa') a 64,84 mg 100 g<sup>-1</sup> ('Doce de Patos de Minas') dentre os acessos, superando os teores de frutas tradicionais como a manga (17,5 mg 100 g<sup>-1</sup>) (Oliveira et al., 2011), goiaba vermelha e laranja (29 e 62 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente) (Vissoto et al., 2013).

Nota-se que os maiores valores de capacidade antioxidante foram aferidos em frutas com altos teores de compostos fenólicos (Tabela 6), o que confirma a constatação de Luximon-Ramma, Bahorun, e Crozier (2003), de que frutas caracterizadas pelo baixo teor de compostos fenólicos totais exprimem baixa capacidade antioxidante. Estes compostos contribuem para o aumento do potencial antioxidante, inferindo a essas frutas a qualidade de bons removedores de radicais livres, sendo apontados por Chen e Yen (2007) como os principais compostos responsáveis pela alta capacidade antioxidante em mirtáceas. Radicais livres, mais particularmente sua excessiva produção, podem promover desordens humanas como doenças cardiovasculares, diabetes e câncer, contribuindo para o aumento da taxa de mortalidade (Luximon-Ramma, Bahorun, & Crozier, 2003) e o consumo de alimentos que contenham substâncias capazes de remover esses radicais (espécies reativas de oxigênio e espécies reativas de nitrogênio), como a uvaia, pode colaborar na promoção de melhor saúde.

A capacidade antioxidante dos acessos em ordem decrescente, medida pelo método ORAC, foi: 'Rugosa Doce' > 'Doce de Patos de Minas' > 'Pêra' > 'Rugosa > 'Dura' > 'Comum'; enquanto para o método DPPH tem-se: 'Rugosa Doce' > 'Rugosa' > 'Pêra' > 'Comum' > 'Doce de Patos de Minas' > 'Dura' (Tabela 2). De acordo com os nossos resultados, pode-se afirmar que o acesso 'Rugosa Doce' apresentou os maiores níveis de

capacidade antioxidante, assim como de compostos fenólicos. As frutas do acesso 'Comum' embora tenham se caracterizado pela polpa com baixa capacidade de sequestro de radicais livres, apresentaram elevados teores de compostos fenólicos e moderados teores de ácido ascórbico.

#### 4.4 Conclusão

Os acessos de uvaia apresentaram composições químicas e funcionais distintas. Os terpenos foram majoritários (47,4%) dos compostos voláteis identificados por SPME-GC em acessos de uvaia, com destaque para o acesso 'Pêra'. Os acessos 'Rugosa Doce' e 'Doce de Patos de Minas' foram os mais doces, enquanto os acessos 'Rugosa' e 'Pêra' foram os menos ácidos. No acesso 'Rugosa' foi observado teores elevados de cinzas, lipídios, proteínas, fibras alimentares e maior quantidade de minerais. As frutas dos acessos 'Rugosa' e 'Rugosa Doce' apresentaram teores de flavonoides totais, compostos fenólicos, ácido ascórbico e boa capacidade antioxidante que se destacaram dos demais.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), (Processo: #2014/13473-7) e (Processo: #2014/12606-3), Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) — processo #308521/2015-3, pela concessão da bolsa de estudo e suporte financeiro, e ao produtor rural Sérgio Sartori de Rio Claro-SP, pelo fornecimento das frutas.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

#### Referências

Albertini, M. V., Carcouet, E., Pailly, O., Gambotti, C., Luro, F., & Berti, L. (2006). Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(21), 8335-8339. https://doi.org/10.1021/jf061648j

Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., Gasparrini, M., Mazzoni, L., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., & Battino, M. (2018). Guava (*Psidium guajava* L. cv. Red Suprema) Crude

Extract Protect Human Dermal Fibroblasts against Cytotoxic Damage Mediated by Oxidative Stress. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1-7. https://doi.org/10.1007/s11130-018-0657-2

Amorós, A., Zapata, P., Pretel, M. T., Botella, M. A., & Serrano, M. (2003). Physicochemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos*, 9(1), 43-51. https://doi.org/10.1177/108201303033976

- AOAC Association of Official Analytical Chemists (2005). Official methods of analysis of the AOAC International. In G. Horwitz, & Latimer (Eds.). (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- AOAC Association of Official Analytical Chemists (2012). Official methods of analysis of the AOAC International. In G. Horwitz, & Latimer (Eds.). (19th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- AOCS AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (2003). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. Champaign, II: AOCS.
- Asp, N. G., Johansson, C. G., Hallmer, H., & Siljestroem, M. (1983). Rapid enzymic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(3), 476-482 https://doi.org/10.1021/jf00117a003
- Calbo, A. G., & Nery, A. A. (1995). Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanação. *Horticultura Brasileira*, *13*(1), 14-18.
- Chen, H. Y., & Yen, G. C. (2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*, *101*(2), 686-694. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.047
- Cordenunsi, B. R., Shiga, T. M., & Lajolo, F. (2008).Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (*Musa acuminata* L.: cvs Mysore and Nanicão). *Carbohydrate polymers*, 71(1), 26-31. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.009
- da Silva, A.P.G., Espindola, I.C., Miguel, A.C.A., Spricigo, P.C., Sartori, S. and Jacomino, A.P. (2018). Postharvest storage of two accessions of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) at room temperature. Acta Hortic. 1194, 959-964. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1194.136
- Davison, K. M., & Temple, N. J. (2018). Cereal fiber, fruit fiber, and type 2 diabetes: Explaining the paradox. *Journal of diabetes and its complications*, 32(2), 240-245. https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2017.11.002
- Devi Ramaiya, S., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., King, W. S., Sahrir, S., & Arif, M. (2013). Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion

fruit (Passiflora) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(5), 1198-1205. https://doi.org10.1002/jsfa.5876

Donado-Pestana, C. M., Moura, M. H. C., de Araujo, R. L., de Lima Santiago, G., de Moraes Barros, H. R., & Genovese, M. I. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current Opinion in Food Science*, 19, 42-49. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.001

Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., ... & Ovaskainen, M. L. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(6), 487-495. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.02.007

Fu, X., Cheng, S., Liao, Y., Huang, B., Du, B., Zeng, W., ... & Yang, Z. (2018). Comparative analysis of pigments in red and yellow banana fruit. *Food chemistry*, 239, 1009-1018. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.046

Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017

Giordana, F., Nicola, M., Valentina, C., Torricelli, P., Beninati, S., Tagliati, F., & Mischiati, C. (2018). Selected terpenes from leaves of Ocimum basilicum L. induce hemoglobin accumulation in human K562 cells. *Fitoterapia*, 127, 173-178. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.02.016

Gomes, B. L., Fabi, J. P., &Purgatto, E. (2016).Cold storage affects the volatile profile and expression of a putative linalool synthase of papaya fruit. *Food Research International*, 89, 654-660. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.025

Jacomino, A. P., da Silva, A. P.G., de Freitas, T. P., & Morais, V. S. P. (2018). Uvaia—*Eugenia pyriformis* Cambess. In *Exotic Fruits* (pp. 435-438). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00058-7

Jakobek, L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chemistry*, *175*, 556-567. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.013

Jham, G. N., Fernandes, S. A., Garcia, C. F., & Palmquist, D. (2007). Comparison of GC and HPLC for quantification of organic acids in two jaboticaba (Myrciaria) fruit varieties. *Química Nova*, 30(7), 1529-1534. https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000700006

Johnson, C. M., & Ulrich, A. (1959). Analytical methods for use in plant analysis. Californian Agricultural Experimental Station. *Bulletin*, 766.

IOM - Institute of Medicine. (2000). Dietary Reference Intakes: applications in dietary assessment. Washington DC: National Academy Press.

Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasilense* Camb.) fruit by-products. *Food chemistry*, 225, 146-153. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027

Lin, D., Lu, W., Kelly, A. L., Zhang, L., Zheng, B., & Miao, S. (2017). Interactions of vegetable proteins with other polymers: Structure-function relationships and applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 130-144. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.006

Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., & Crozier, A. (2003). Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 496-502. https://doi.org/10.1002/jsfa.1365

Malavolta, E. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira.—2. ed., ver. e atual. *Piracicaba: Potafos*.

Melo, P. S., Massarioli, A. P., Denny, C., dos Santos, L. F., Franchin, M., Pereira, G. E., ... & de Alencar, S. M. (2015). Winery by-products: extraction optimization, phenolic composition and cytotoxic evaluation to act as a new source of scavenging of reactive oxygen species. *Food chemistry*, *181*, 160-169. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.087

Mir-Marqués, A., Cervera, M. L., & de la Guardia, M. (2016). Mineral analysis of human diets by spectrometry methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 82, 457-467. https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.07.007

Oliveira, D. S., Aquino, P. P., Ribeiro, S. M. R. R., Proença, R. P. C., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2011). Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum*. *Health Sciences*, 33, 89–98.

Palmieri, L., Masuero, D., Martinatti, P., Baratto, G., Martens, S., & Vrhovsek, U. (2017). Genotype-by-environment effect on bioactive compounds in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 4180-4189. https://doi.org/10.1002/jsfa.8290

Pasternak, T., Potters, G., Caubergs, R., & Jansen, M. A. (2005). Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant, organ, and cellular level. *Journal of Experimental Botany*, 56(418), 1991-2001. https://doi.org/10.1093/jxb/eri196

Pereira, M. C., Steffens, R. S., Jablonski, A., Hertz, P. F., de O. Rios, A., Vizzotto, M., & Flôres, S. H. (2012). Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(12), 3061-3067. https://doi.org/10.1021/jf205263f

Pereira, M. C., Boschetti, W., Rampazzo, R., Celso, P. G., Hertz, P. F., Rios, A. D. O., ... & Flores, S. H. (2014). Mineral characterization of native fruits from the southern region of Brazil. *Food science and technology*, *34*(2), 258-266. https://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0049

Saraiva, L. A., Castelan, F. P., Gomes, B. L., Purgatto, E.,& Cordenunsi-Lysenko, B. R. (2018). Thap Maeo bananas: Fast ripening and full ethylene perception at low doses. *Food Research International*, *105*, 384-392. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.007

Sartori, S.; Donadio, L.C.; Martins, A.B.G.; Moro, F.V. Uvaia. Jaboticabal: Funep, 2010. 32 p.

Satija, A., & Hu, F. B. (2018). Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends in cardiovascular medicine*, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.tcm.2018.02.004

Scalon, S. D. P. Q., Olio, P. D., & Fornasieri, J. L. (2004). Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugenia uvalha* Cambess-Mirtaceae. *Ciência Rural*, *34*(6), 1965-1968.

Schiassi, M. C. E. V., de Souza, V. R., Lago, A. M. T., Campos, L. G., & Queiroz, F. (2018). Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food chemistry*, 245, 305-311. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104

Serino, S., Gomez, L., Costagliola, G. U. Y.,& Gautier, H. (2009). HPLC assay of tomato carotenoids: validation of a rapid microextraction technique. *Journal of agricultural and food chemistry*, *57*(19), 8753-8760. https://doi.org/10.1021/jf902113n

Silva, A. P. G., Tokairin, T. O., Alencar, S. M., & Jacomino, A. P. (2018). Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2), e-511. https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018511.

SOS MATA ATLÂNTICA. A Mata Atlântica.Disponível em: <a href="http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/">http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/</a>. Acesso em: 18 mar. 2018.

Tiveron, A. P., Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Vieira, T. M., Regitano-d'Arce, M. A., & Alencar, S. M. (2012). Antioxidant activity of Brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International journal of molecular sciences*, *13*(7), 8943-8957. https://doi:10.3390/ijms13078943

Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food chemistry*, 111(4), 816-823. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054

Vissotto, L. C., Rodrigues, E., Chisté, R. C., Benassi, M. D. T., & Mercadante, A. Z. (2013). Correlation, by multivariate statistical analysis, between the scavenging capacity against reactive oxygen species and the bioactive compounds from frozen fruit pulps. *Food Science and Technology*, *33*, 57-65. https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013000500010

Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of apicultural research*, *37*(2), 99-105. https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961

Zheng, H., Zhang, Q., Quan, J., Zheng, Q., & Xi, W. (2016). Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. *Food chemistry*, 205, 112-121. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.007

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*,64(4), 555-559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

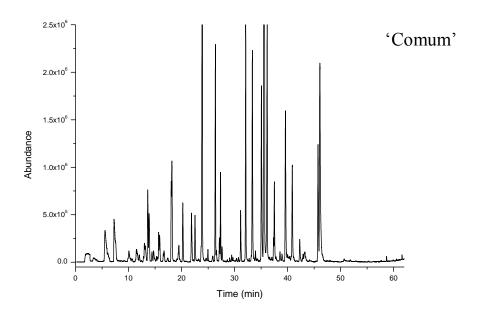
Yang, H., & Ping Dou, Q. (2010). Targeting apoptosis pathway with natural terpenoids: implications for treatment of breast and prostate cancer. *Current drug targets*, 11(6), 733-744. https://doi.org/10.2174/138945010791170842

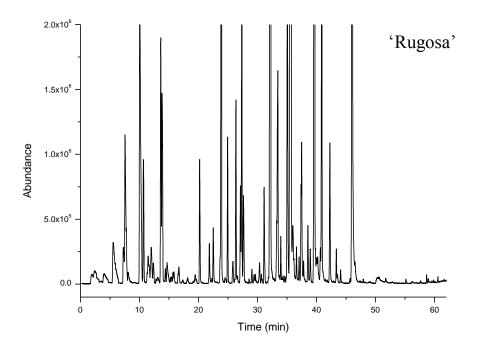
Material suplementar 1. Características físicas e fisico-químicas em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

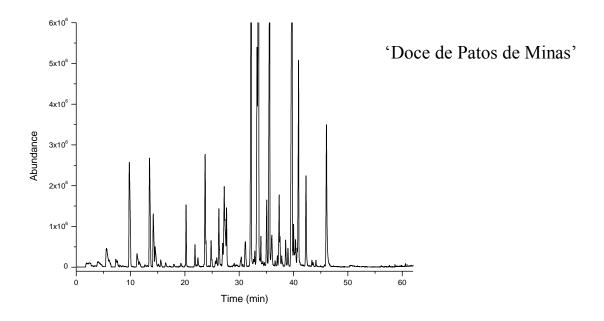
			Aces	SSOS		
Parâmetros	Comum	Rugosa	Doce de Patos de Minas	Pêra	Rugosa Doce	Dura
Massa fresca (g)	6,31±0,12°	10,60±0,05 <sup>b</sup>	11,45±0,24 <sup>b</sup>	11,60±0,36 <sup>b</sup>	12,40±0,05 <sup>b</sup>	$16,13\pm0,73^{a}$
Comprimento (cm)	$2,46\pm2^{c}$	3,48±4,91 <sup>b</sup>	$3,90\pm2,66^{ab}$	$4,08\pm5,82^{a}$	$2,88\pm2,50^{c}$	$3,06\pm0,16^{bc}$
Diâmetro (cm)	$2,15\pm2^{c}$	$2,81\pm5,74^{b}$	3,66±1,79 <sup>a</sup>	$3,90\pm5,82^{a}$	$2,64\pm2,54^{bc}$	$3,28\pm0,19^{a}$
Rendimento de Polpa (%)	83,99±1,52 <sup>b</sup>	87,49±0,38°	82,15±0,95 <sup>bc</sup>	89,48±1,46°	87,49±0,68°	$86,34\pm0,24^{a}$
Firmeza (kgf cm <sup>-2</sup> )	168±0,03°	152±0,04 <sup>ab</sup>	$196\pm0,08^{a}$	180±0,15°a	176±0,01 <sup>a</sup>	$200\pm0,49^{b}$
Luminosidade	65,15±2,31 <sup>a</sup>	$64,00\pm2,48^{ab}$	$60,30\pm2,82^{c}$	$60,31\pm2,48^{c}$	62,20±1,62 <sup>bc</sup>	$66,55\pm2,13^{a}$
Chroma	$48,31\pm2,80^{a}$	49,25±3,66 <sup>a</sup>	42,59±3,98°	43,14±4,88°	45,79±2,99 <sup>bc</sup>	$50,43\pm2,59^{a}$
Ângulo Hue	73,80±2,92°	$73,09\pm2,09^{ab}$	$73,09\pm2,06^{ab}$	$73,17\pm2,33^{ab}$	$70,82\pm2,37^{b}$	$72,02\pm2,33^{a}$
Solidos solúveis - (SS) (%)	5,50±0,1 <sup>b</sup>	5,70±0,1 <sup>b</sup>	8,90±0,1 <sup>bc</sup>	$8,76\pm2,82^{ab}$	10,15±0,1 <sup>a</sup>	$7,5\pm0,17^{ab}$
Acidez titulável – AT (g ácido cítrico. 100 g <sup>-1</sup> de polpa)	1,06±0,02°	0,83±0,02 <sup>d</sup>	1,10±0,02°	1,32±0,17 <sup>b</sup>	0,90±0,01 <sup>d</sup>	$1,87\pm0,09^{a}$
pH pH	3,13±0,01°	$3,25\pm0,02^{b}$	$3,31\pm0,02^{b}$	2,93±0,05 <sup>d</sup>	3,30±0,03 <sup>b</sup>	$2,80\pm0,09^{d}$

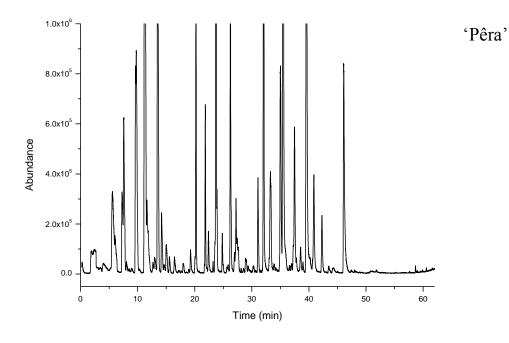
Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

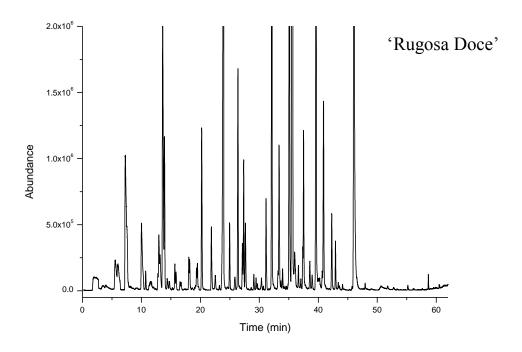
Material suplementar 2. Perfil de compostos voláteis em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira

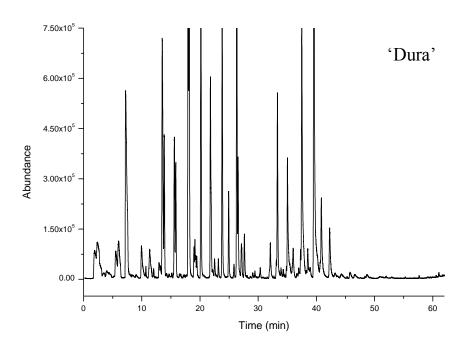




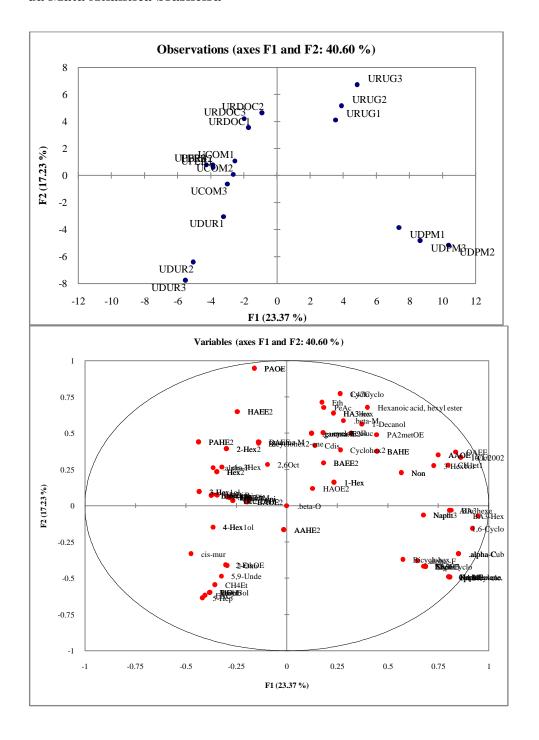








Material suplementar 3. Identificação dos principais componentes voláteis por SPME combinado com GC-MS em acessos de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess), fruta nativa da Mata Atlântica brasileira



# **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As informações com as frutas nativas da Mata Atlântica brasileira são escassas. Por isso, apesar de estudos de composição química e determinação da capacidade funcional serem considerados iniciais, se fazem necessários, pois essas informações são fundamentais para determinar a capacidade de utilização desses frutas.

As frutas nativas da Mata Atlântica brasileira, cambucá, jabuticaba e uvaia, apresentam grande capacidade de serem introduzidos na alimentação humana como podemos observar nesse estudo. Pois, além de possuirem elevados teores de compostos funcionais ainda são consideradas saborosas e de aroma atrativo, apresentando a capacidade de serem utilizados como matéria-prima para a indústria, bem como na formulação de fármacos.