Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Compostos bioativos em acessos de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) – frutas nativas da Mata Atlântica

Isabela Barroso Taver

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2020

Isabela Barroso Taver
Bacharela em Ciências dos Alimentos

Compostos bioativos em acessos de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e uvaia
(*Eugenia pyriformis* Cambess) – frutas nativas da Mata Atlântica

Orientador:
Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2020

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

Taver, Isabela Barroso

Compostos bioativos em acessos de cambuci (*Campomanesia phea* O. Berg Landrum) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) – frutas nativas da mata atlântica / Isabela Barroso Taver. - - Piracicaba, 2020.

63 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Myrtaceae 2. Capacidade antioxidante 3. Carotenoides totais 4. Proantocianidinas I. Título

DEDICATÓRIA

Aos amantes da ciência.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por reger o mundo com maestria, garantindo que tudo aconteça como deve acontecer.

À minha família, meu pai Márcio, minha mãe Quézia, Manuela, Luna, Tia Quel, Vó Dora e Vô Agenor, por toda paciência e incondicional suporte, amor e carinho de sempre.

Aos meus amigos. Não somos nada sem amigos. Em especial a Gabi, por dividir a vida comigo e a Grazi, por mesmo à distância se fazer presente. A República Gaia PQP, aos “Migos” e as “Minas que admiro”. À Fernanda, pela participação especial em minha vida.

À Universidade de São Paulo, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade em desenvolver minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado (Fevereiro/2019 a Setembro/2019).

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de mestrado no período de Outubro/2019 a Jan/2021, através do processo 2019/13853-8 e pelo fomento ao Projeto Temático “Frutas da Mata Atlântica potencialmente funcionais: caracterização, multiplocação de plantas e conservação pós-colheita” – processo 2014/12606-3.

Ao Professor Doutor Angelo Jacomino, pela orientação, disponibilidade e confiança em meu trabalho.

À pesquisadora Doutora Poliana Spricigo, por toda disponibilidade, correções e orientação ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Ao Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas, pela oportunidade em fazer ciência ao lado de pessoas incríveis: Thais Pádua, Fernanda Pazin, Bárbara Della Antonia e Jackeline Cintra. Ao técnico do laboratório, Marcos e aos alunos de iniciação científica que passaram por aqui: Ana Flávia, Marina e Carla.

Ao Laboratório de Microbiologia e Química Orgânica de Produtos Naturais, da Professora Doutora Simone Possedente de Lira e sua aluna de doutorado Lucianne Ferreira, pelo empréstimo do equipamento SpeedVac e auxílio durante o uso.

Ao Laboratório Multiusuário de Bioquímica e Análise Instrumental, do Professor Doutor Severino Matias de Alencar, sua técnica Doutora Adna Prado Massaroli e aluna de doutorado Pollyana Batista, pelo empréstimo de equipamentos, dicas e auxílio na execução de análises de capacidade antioxidante.

Obrigada!

“Quem procura ter sabedoria ama a sua vida, e quem age com inteligência encontra a felicidade”

Provérbios 19:8

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
REFERÊNCIAS.....	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. O CAMBUCI.....	15
3.2. A UVAIA.....	16
3.3. COMPOSTOS BIOATIVOS	18
REFERÊNCIAS.....	21
4. CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES EM CAMBUCI E UVAIA.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT	25
4.1. INTRODUÇÃO	26
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.2.1. <i>Material vegetal</i>	28
4.2.2. <i>Análises de compostos bioativos e capacidade antioxidante</i>	29
4.2.3. <i>Análise dos resultados</i>	30
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.3.1. <i>Cambuci</i>	31
4.3.2. <i>Uvaia</i>	36
4.4. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
5. DESATIVAÇÃO DE ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO POR ACESSOS DE CAMBUCI E UVAIA	47
RESUMO.....	47
ABSTRACT	47
5.1. INTRODUÇÃO	48
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
5.2.1. <i>Seleção de acessos</i>	49
5.2.2. <i>Preparo dos extratos</i>	50
5.2.3. <i>Análise de capacidade antioxidante</i>	50
5.2.4. <i>Análise dos resultados</i>	51
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.3.1. <i>Cambuci</i>	51
5.3.2. <i>Uvaia</i>	54
5.4. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS.....	59
APENDICÊS	62

RESUMO

Compostos bioativos em acessos de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) – frutas nativas da Mata Atlântica

O consumo diário de frutas vem sendo associado a redução de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como o câncer e a obesidade. Esses alimentos são fontes de compostos bioativos, moléculas capazes de combater radicais livres formados em processos metabólicos normais do corpo humano. Os radicais livres quando em excesso são responsáveis pelo estresse oxidativo, ponto de partida para desenvolvimento de diversas DCNT. Frutas nativas pouco consumidas e estudadas podem auxiliar na inserção de compostos bioativos e antioxidantes na dieta, além de diversificar a alimentação do brasileiro. O cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), frutas nativas da Mata Atlântica, apresentam alto potencial de consumo, devido seu sabor e composição química. Dentre compostos de interesse são encontrados metabólitos secundários – que podem apresentar propriedades bioativas e alta capacidade antioxidante. O objetivo deste trabalho foi quantificar os compostos bioativos em acessos de cambuci e uvaia, além de verificar a sua capacidade antioxidante. Teores de vitamina C, compostos fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} foram avaliados para as duas frutas e proantocianidinas e carotenoides totais foram avaliados para o cambuci e uvaia, respectivamente. Utilizando análise de variância (ANOVA), Teste de Scott-Knott e análise multivariada de componentes principais (ACP) foram selecionados os acessos que mais continham compostos fenólicos e apresentaram maior capacidade de desativação do radical sintético ABTS^{•+}, para realização de outras análises antioxidantes, sendo elas sequestro do radical peroxila (ROO[•]) e sequestro do radical hipocloroso (HOCl) – ambos radicais livres gerados nos processos naturais do corpo humano. O teor máximo de vitamina C observado para o cambuci foi de $118,73 \pm 7,16$ mg 100 g⁻¹ VIT.C enquanto para uvaia foi de $141,70 \pm 16,66$ mg 100 g⁻¹ VIT.C, sendo possível inferir que são frutas fontes de vitamina C. O conteúdo de compostos fenólicos foi levemente maior para cambuci do que uvaia, sendo eles de 198,92 e 195,71 mg 100 g⁻¹ GAE, respectivamente. O elevado teor de proantocianidinas (28,45 mg 100 g⁻¹ CAT) limita o consumo do cambuci *in natura*, porém estimula seu processamento, enquanto os elevados teores de carotenoides totais na uvaia (44,14 mg g⁻¹ carotenoides totais) sugerem que seu consumo auxiliará na ingestão mínima diária de carotenoides recomendado. O cambuci apresentou maior capacidade antioxidante para desativação do radical ROO[•] (9,17 μmol g⁻¹ trolox) do que a uvaia (5,92 μmol g⁻¹ trolox), enquanto a uvaia apresentou maior capacidade de desativação do radical HOCl (EC₅₀ 7,82 mg mL⁻¹) do que o cambuci (EC₅₀ 53,91 mg mL⁻¹). Tanto o cambuci quanto a uvaia apresentaram quantidades de compostos bioativos e capacidade antioxidante superiores a frutas amplamente consumidas.

Palavras-chave: Myrtaceae; Capacidade antioxidante; Carotenoides totais; Proantocianidinas

ABSTRACT

Bioactive compounds in cambuci (*Campomanesia phea* O. Berg Landrum) and uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) accessions – native fruits of the Atlantic Forest

Daily fruit consumption has been associated with a reduction in chronic non-communicable diseases (NCDs), such as cancer and obesity. These foods are sources of bioactive compounds, molecules capable of controlling free radicals formed in normal metabolic processes in the human body. Free radicals when in excess are responsible for oxidative stress, the starting point for the development of various NCDs. Little consumed and studied native fruits can assist in the insertion of bioactive compounds and antioxidants in the diet, in addition to diversifying the Brazilian diet. Cambuci (*Campomanesia phea* O. Berg Landrum) and uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), fruits native to the Atlantic Forest, have high consumption potential due to their flavor and chemical composition. Among the compounds of interest, secondary metabolites are found – which may have bioactive properties and high antioxidant capacity. The aim of this work was to quantify the bioactive compounds in cambuci and uvaia accessions, besides verifying their antioxidant capacity. Vitamin C, phenolic compounds, and antioxidant capacity by the ABTS^{•+} method were evaluated for both fruits and total proanthocyanidins and carotenoids were evaluated for cambuci and uvaia, respectively. Using analysis of variance (ANOVA), Scott-Knott test and multivariate principal component analysis (PCA), the accessions that contained the most phenolic compounds and the greatest ability to deactivation the synthetic radical ABTS^{•+} were selected, to carry out other antioxidant analyzes: the sequestration of the peroxy radical (ROO[•]) and sequestration of the hypochlorous radical (HOCl) – both free radicals generated in the natural processes of the human body. The maximum vitamin C content observed for cambuci was 118.73 ± 7.16 mg 100 g⁻¹ VIT.C while for uvaia it was 141.70 ± 16.66 mg 100 g⁻¹ VIT.C, being possible infer that they are fruits sources of vitamin C. The content of phenolic compounds was slightly higher for cambuci than uvaia, being 198.92 mg 100 g⁻¹ and 195.71 mg 100 g⁻¹ GAE, respectively. The high content of proanthocyanidins (28.45 mg 100 g⁻¹ CAT) limits the consumption of fresh cambuci, but stimulates its processing, while the high levels of total carotenoids in uvaia (44.14 mg g⁻¹ total carotenoids) suggest that its consumption can reach the recommended minimum daily intake of carotenoids. Cambuci had a higher antioxidant capacity to deactivation the ROO[•] radical (9.17 μ mol g⁻¹ trolox) than uvaia (5.92 μ mol g⁻¹ trolox), while uvaia had a greater capacity to deactivation the HOCl radical (EC₅₀ 7.82 mg mL⁻¹) than cambuci (EC₅₀ 53.91 mg mL⁻¹). Both cambuci and uvaia presented higher amounts of bioactive compounds and antioxidant capacity than widely consumed fruits.

Keywords: Myrtaceae; Capacity activity; Total carotenoids; Proanthocyanidins

1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS), recomenda o consumo mínimo diário de pelo menos 400 g de frutas e hortaliças, o que equivale ao consumo diário de 5 porções desses alimentos (WHO, 2002). No Brasil, em 2016, apenas 24,4% dos adultos com 18 anos ou mais, nas capitais brasileiras, seguia a recomendação da OMS (BRASIL, 2017) – o que contribui para o aumento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs).

Dietas ricas em consumo de frutas e hortaliças tem sido associada a diminuição do risco de DCNT, principalmente porque a sua ingestão insere nas dietas compostos benéficos, como compostos bioativos e antioxidantes – vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos, que contribuem para a manutenção da saúde humana (DONADO-PESTANA et al., 2018).

Em 2017 o Brasil produziu cerca de 39 milhões de toneladas de frutas, ficando atrás apenas da China e Índia (FAO, 2020). Com cerca de 2,5 milhões de hectares cultivados, laranja, banana, uva, abacaxi e melão estão entre as mais produzidas no Brasil (ABAFRUTAS, 2019; SEBRAE, 2015) – onde apenas o abacaxi é uma fruta nativa. Estima-se que existam pelo menos 312 frutas tipicamente brasileiras, onde poucas são cultivadas comercialmente e estão disponíveis a população (LORENZI et al., 2006). A maior parte dessa riqueza ainda não é estudada, causando a subutilização de seu potencial, como é o caso do cambuci e da uvaia.

Espécies nativas com grande potencial de crescimento são ainda pouco conhecidas e consumidas (INFANTE et al., 2016). Dentre as frutas nativas da Mata Atlântica, o cambuci (*Campomanesia phea* O. Berg Landrum) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) atendem a nova demanda de consumidores, que atualmente apresentam um perfil inclinados a questões relacionadas aos impactos das suas escolhas alimentares na saúde e no meio ambiente, além de exigirem compostos bioativos, sabor e aroma diferenciados (DONADIO, 2012; KOTLER; KELLER, 2006; MADI; REGO, 2015).

De formato ovoide-romboidal e sabor ácido e adstringente, o cambuci tem evidenciada a presença de ácidos orgânicos e compostos fenólicos, como os taninos, na polpa da fruta. Por esse motivo, é consumido quase que exclusivamente na forma processada, como doces, geleias, cachaças. Além disso, apresenta grande potencial para industrialização, por apresentar alto rendimento em polpa, ácido ascórbico, fibras e minerais. Sua ocorrência é notória principalmente na Serra do Mar paulista (ANDRADE; FONSECA; LEMOS, 2011; TOKAIRIN, 2017).

Já a uvaia, de sabor doce acidulado e formatos variando entre oval, redondo ou piriforme, pode ser encontrada com maior frequência nas regiões sul e sudeste do Brasil, sendo consumida tanto na forma *in natura* como processada, em polpa congelada, sucos e geleias (FREITAS, 2017).

Sua coloração indica a presença de carotenoides enquanto seu sabor revela presença de ácidos orgânicos, como o ácido ascórbico.

Assim como a maioria das frutas tropicais pertencentes a família Myrtaceae, o cambuci e a uvaia crescem sob diversas condições ambientais e climáticas. Essas condições são responsáveis por estimular a produção de metabólitos secundários da fruta, como por exemplo os compostos fenólicos, bastante conhecido por seu poder antioxidante (ANGELO; JORGE, 2007; DONADO-PESTANA et al., 2018).

O aumento do interesse da população em dietas cada vez mais balanceadas e saudáveis, revela a necessidade de pesquisas na área, a fim de conhecer a composição nutricional, química e de compostos bioativos do fruto. A caracterização físico-química e de compostos bioativos destacam-se como o estágio inicial para conhecimento do fruto e seu material genético, que auxiliará em posteriores estudos sobre multiplicação. Ainda, serve como ferramenta para determinar o potencial uso do fruto, seja para consumo *in natura* ou processado, afim de garantir sua comercialização (DA SILVA et al., 2018, 2019).

Apesar das informações disponíveis na literatura, o assunto que compreende compostos bioativos e capacidade antioxidantes dessas frutas, carece de mais conhecimento. Estudos sobre quantificação de compostos bioativos são necessários, servindo como nova informação a sociedade e também ponto de partida para outras pesquisas, que vão desde a área genética, agrônômica, alimentar e farmacológica. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar compostos bioativos e a capacidade antioxidante dessas frutas, em 51 acessos de cambuci e 71 acessos de uvaia.

REFERÊNCIAS

- ABAFRUTAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. **Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, diz Abrafrutas**. Disponível em: <<http://abrafrutas.org/2019/03/07/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/>>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- ANDRADE, B. A. G. DE F.; FONSECA, P. Y. G. DA; LEMOS, F. **Cambuci – o fruto, o bairro, a rota: história, cultura, sustentabilidade e gastronomia**. 1. ed. São Paulo: Ourivesaria da Palavra, 2011.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/junho/07/vigitel_2016_jun17.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- DA SILVA, A. P. G. et al. Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018.
- DA SILVA, A. P. G. et al. Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, April, p. 547–556, 2019.
- DONADIO, L. C. Frutas nativas do Brasil: como despertar o interesse pela produção e comercialização. **VI Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**, p. 181–182, 2012.
- DONADO-PESTANA, C. M. et al. Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 42–49, 1 fev. 2018.
- FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- FREITAS, T. DE P. **Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação**. [s.l.] USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, 2016.
- KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de Marketing - Teoria e História**. 12. ed. São Paulo: PRENTICE HALL BRASIL, 2006.

- LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo *in natura***. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006.
- MADI, L.; REGO, R. A. Publicações da Série ITAL Trends 2020: incentivo à inovação e ao empreendedorismo no setor de alimentação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 3, p. 258–261, 2015.
- SEBRAE, SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Agronegócio - Fruticultura**. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Panorama-do-mercado-de-fruticultura-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- TOKAIRIN, T. DE O. **Caracterização e conservação pós-colheita de cambuci, fruto nativo da Mata Atlântica**. [s.l.] USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global strategy on diet, physical activity and health**. Disponível em: <<https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/releases/pr84/en/>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Quantificar compostos bioativos e capacidade antioxidante em acessos de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess).

2.2. Objetivos Específicos

Quantificar teores de carotenoides totais em acessos de uvaia.

Quantificar teores de proantocianidinas em acessos de cambuci.

Quantificar teores de vitamina C, compostos fenólicos e capacidade antioxidante em acessos de cambuci e uvaia

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O cambuci

Nativo da Mata Atlântica, bioma brasileiro que se estende de forma fragmentada ao longo da costa leste brasileira, o cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Ladrum) pertence ao gênero *Campomanesia*, à família da Myrtaceae e tem como sinônimos botânicos as designações *Abbvillea phaea* O.Berg ou *Paivaea langsdorffii* O.Berg.. Encontrado principalmente no Sudeste, na região da Serra do Mar, está sob influência climática que varia de tropical a subtropical úmido, com precipitação média anual que vai de 1500 a 4000 mm. (ANDRADE; FONSECA; LEMOS, 2011; TOKAIRIN; NETO; JACOMINO, 2018).

Em municípios localizados no estado de São Paulo, cambucizeiros crescem em quintais de propriedades particulares, pomares pequenos e reservas naturais (TOKAIRIN; NETO; JACOMINO, 2018). Estabelecidos a partir de plantas multiplicadas por sementes, as pequenas plantações são irregulares, a produtividade das árvores é baixa e a qualidade do fruto não é padronizada. Características genéticas, práticas de cultivo, clima, fatores pré e pós-colheita podem ser responsáveis por essa variação e a grande diversidade de fruto (TOKAIRIN et al., 2018).

Os frutos medem geralmente de 5 a 6 cm de diâmetro na região mediana, por 3 a 5 cm de altura, sua casca é fina e de coloração verde, com poucas sementes (figura 1A) (KAWASAKI; LANDRUM, 1997). Em estudo de caracterização físico-química de cambucis oriundos de Natividade da Serra – SP, Tokairin et al. (2018) obtiveram valores entre 43,80 e 62,54 mm para o diâmetro na região mediana e 30,85 - 44,37 mm para altura, demonstrando a grande variação no tamanho dos frutos. Sua polpa é carnosa e succulenta (figura 1B), com forte acidez, adstringência e aroma intenso adocicado.

Figura 1. A) Cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Ladrum); B) Cambuci em corte longitudinal. (FONTE: TOKAIRIN, 2017)

Devido sua adstringência e elevada acidez, seu consumo *in natura* torna-se limitado, tendo maior aceitabilidade com produtos processados (polpa congelada, sucos, geleias, licores e doces) (ANDRADE; FONSECA; LEMOS, 2011). O elevado teor de taninos é responsável pela adstringência do cambuci, uma vez que possui a capacidade de precipitar as glucoproteínas salivares. Quando as moléculas se ligam através de ligações de hidrogênio são precipitadas, unem-se aos receptores de sabor da boca e causam a sensação de secura no palato (HE et al., 2015; MONTEIRO; ALBUQUERQUE; ARAÚJO, 2005).

O fruto apresenta rendimento em polpa e teor de umidade em torno de 80% e cerca de 35,53 kcal 100 g⁻¹, valor energético composto por seus lipídios, carboidratos e proteínas. Os valores de acidez titulável podem variar entre 0,65 a 4,50% de ácido cítrico e os principais ácidos orgânicos são o ácido málico (25 mg g⁻¹) seguido do ácido cítrico (38 mg g⁻¹) e ácido succínico (67 mg g⁻¹). O conteúdo de sólidos solúveis do fruto está entre 5,10 a 13,30 °Brix, que assim como a acidez titulável, reforçam a variedade de qualidade existente no cambuci (BIANCHINI et al., 2016; TOKAIRIN; NETO; JACOMINO, 2018; VALLILO et al., 2005). Seu alto rendimento em polpa juntamente com seus atributos de qualidade que restringem seu consumo *in natura*, podem proporcionar cambuci um grande potencial para a industrialização, buscando sempre aproveitamento máximo dos produtos (ANDRADE; FONSECA; LEMOS, 2011).

Sabe-se também que o fruto possui compostos funcionais como vitamina C, compostos fenólicos e taninos (GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010; VALLILO et al., 2005). Foram observados teores médios de vitamina C entre 25,62 a 127,40 mg 100 g⁻¹, teores médios de compostos fenólicos entre 429,51 a 558,53 mg 100 g⁻¹ de ácido gálico e teores médios de taninos totais entre 48,41 a 63,06 mg 100 g⁻¹ de ácido gálico (BIANCHINI et al., 2016; TOKAIRIN, 2017). Donaldo-Pestana et al. (2015), evidenciaram em estudos com camundongos, que os compostos fenólicos presentes no cambuci exibem ações potencialmente benéficas contra distúrbios metabólicos e obesidade.

Através das informações relatadas na literatura, torna-se possível concluir que as características nutricionais e bioativas do cambuci – além de seu sabor diferenciado - podem propiciar sua penetração em diversos segmentos do mercado, inclusive na inserção de consumo regular pela população (TOKAIRIN et al., 2018).

3.2. A uvaia

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) – popularmente conhecida como uvaieira, uvalha e uvalhaeira, tem como sinônimo botânico *Eugenia uvalha*, pertence ao gênero *Eugenia* e família da Myrtaceae. Trata-se de uma planta nativa da Mata Atlântica, localizada nas regiões centro-oeste,

nordeste, sul e sudeste, principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Pode ser encontrada especificamente em remanescentes da Mata Atlântica, pomares domésticos e propriedades de colecionadores (FREITAS, 2017; JACOMINO et al., 2018). São relatados na literatura a existência de seis acessos de *E. pyriformis*, sendo elas, Comum, Doce, Doce de Pato de Minas, Pêra, Rugosa e Rugosa Doce (SARTORI et al., 2010).

Os frutos são do tipo baga oval, redonda ou piriforme e a coloração da casca varia entre amarelado e alaranjado (figura 2A). A polpa é carnosa e suculenta com sabor doce acidulada, contendo de 1 a 3 sementes (figura 2B), com tegumento de coloração castanha e que se oxidam rapidamente (ANDERSEN; ANDERSE, 1989; OLIVEIRA et al., 2010; SUGUINO et al., 2006).

Figura 2. A) Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess); B) Uvaia em corte longitudinal. (FONTE: FREITAS et al., 2019)

Seu tamanho, forma e coloração são atrativos para o consumidor, que juntamente ao seu aroma e composição química proporcionam a qualidade organoléptica e nutricional a uvaia. Todos esses fatores são responsáveis pelo potencial econômico de consumo da fruta. Apesar de seu sabor levemente ácido, pode ser consumida na forma *in natura* ou processada, como polpa congelada, sucos, geleias, compotas, licores e sorvetes, além de servir de matéria prima para produtos cosméticos, como shampoo, sabonetes e cremes hidratantes (DA SILVA et al., 2019; DA SILVA, 2012; DE PAULO FARIAS et al., 2020; SARTORI et al., 2010; SLOWFOODBRASIL, 2016).

Com rendimento em polpa superior a 90%, 91,73% de umidade e 3,75% de cinzas, a uvaia proporciona uma energia de 19,37 kcal 100 g⁻¹. O teor de sólidos solúveis da fruta pode atingir valores de até 10,50 °Brix, contendo cerca 14,0 g 100 g⁻¹ de açúcares totais, sendo estes compostos por sacarose, frutose e glicose. Possui acidez titulável inferior ao cambuci (em média 1,67% de ácido cítrico) e os ácidos orgânicos que o compõe, são: ácido succínico (0,75 g 100 g⁻¹), ácido málico (0,44 g 100 g⁻¹), ácido cítrico (0,09 g 100⁻¹) e o ácido tartárico (0,06 g 100 g⁻¹) (DA SILVA et al., 2018, 2019).

. Sabe-se que possui capacidade antioxidante (16,77 a 17,84 mmol 100 g⁻¹ Trolox), compostos fenólicos (402,69 a 483,25 mg 100 g⁻¹ de ácido gálico) e carotenoides (20,70 a 25,60 µg g⁻¹ carotenoides totais), sendo os dois últimos importantes compostos capazes de exercer efeitos protetores contra as DCNT e processos inflamatórios (CORBELINI et al., 2009; DA SILVA et al., 2018; LOPES et al., 2018). Lopes et al. (2018) obtiveram resultados satisfatórios em estudos sobre o consumo de suco de uvaia por camundongos alimentados com uma dieta rica em gordura. Eles sugerem que os compostos bioativos da fruta e suas propriedades antioxidantes podem modular estresses oxidativos. Através de efeitos protetores em proteínas contra danos causados por espécies reativas de oxigênio (EROS), supõe-se que o consumo da fruta pode diminuir os riscos de doenças cardiovasculares.

A manutenção de compostos bioativos em uvaia foi observada após seu processamento. A polpa congelada manteve a mesma qualidade físico-química do que a fruta fresca, incluindo o teor de compostos fenólicos e ácido ascórbico, enquanto a polpa pasteurizada manteve a mesma qualidade sensorial e físico-química quando comparada com a polpa não pasteurizada, incluindo os teores de compostos fenólicos, carotenoides totais e ácido ascórbico (ZILLO et al., 2015, 2013).

O processamento da fruta atrelado a manutenção da sua qualidade físico-química e sensorial viabiliza maior alcance da uvaia no mercado, uma vez que o seu período de vida útil é estendido por mais tempo do que o da fruta *in natura*. Ainda, pode se tornar uma alternativa para inserção na dieta alimentar da população, como fonte de compostos benéficos ao organismo e sabor diferenciado a gastronomia (FREITAS, 2017; ZILLO et al., 2015, 2013).

3.3. Compostos bioativos

A OMS recomenda a ingestão diária de no mínimo 400 g de frutas e hortaliças, isso porque o consumo adequado desses produtos garante ao corpo humano a obtenção de energia, proteína, vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; WHO, 2002). Uma dieta equilibrada e saudável ao longo da vida não está relacionada somente ao bem-estar e boa nutrição do organismo, mas também na redução de risco de DCNT. Consideradas um dos maiores problemas globais de saúde pública da atualidade, as DCNT foram responsáveis por 56,9% das mortes no Brasil entre pessoas na faixa etária de 30 a 69 anos, em 2017 (MS, 2019; OPAS, 2019).

Estratégias conjuntas entre a OMS e a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) buscam estimular o consumo de frutas e hortaliças em todo mundo, pois as evidências de que o consumo suficiente previne doenças cardiovasculares, câncer, diabetes

mellitus, obesidade, doenças neurodegenerativas, é forte e crescente (CORBELINI et al., 2009; SCHIAVON et al., 2015; WHO, 2002).

Resultado do metabolismo secundário das plantas e relacionados aos mecanismos de defesa contra patógenos, insetos e radiação ultravioleta, os compostos bioativos desempenham papéis importantes na saúde humana, responsáveis pela prevenção das DCNT, por meio da sua alta atividade biológica. Exemplos desses compostos são terpenoides, compostos fenólicos e ácido ascórbico (OLIVEIRA et al., 2018).

São variados os mecanismos de ação dos compostos bioativos e também seus alvos fisiológicos, estando relacionados com capacidade antioxidante, modulação de enzimas de desintoxicação, estimulação do sistema imune, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão sanguínea e agregação plaquetária e atividade antibacteriana e antiviral (MATTOS, 2013). Um dos mecanismos mais conhecidos, a capacidade antioxidante, se deve a capacidade de óxido-redução das moléculas, que estabilizam ou desativam os radicais livres, protegendo o organismo contra o estresse oxidativo, evitando danos as estruturas celulares e uma série de distúrbios crônico-degenerativos (OLIVEIRA et al., 2018).

Estudos epidemiológicos realizados ao redor mundo demonstram que o consumo de frutas e hortaliças tem correlação direta com a proteção e menor incidência de DCNT. Vegetais de folhas verdes, ricos em luteína e vitamina C exibiram efeitos cardioprotetores e proteção contra degeneração macular relacionada à idade (JOSHUPURA et al., 2001). Enquanto alimentos de cor branca, como maçã e pera, ricos em fibra e quercetina, foram relacionados com menor risco de acidente vascular cerebral (AVC) (GRIEP et al., 2011).

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, O.; ANDERSE, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. Rio de Janeiro: Globo, 1989.
- ANDRADE, B. A. G. DE F.; FONSECA, P. Y. G. DA; LEMOS, F. **Cambuci – o fruto, o bairro, a rota: história, cultura, sustentabilidade e gastronomia**. 1. ed. São Paulo: Ourivesaria da Palavra, 2011.
- BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; AREÂS, J. A. G. Effects of dietary bioactive compounds on obesity induced inflammation. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646–656, 2009.
- BIANCHINI, F. G. et al. Caracterização morfológica e química de frutos de cambucizeiro. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 10–18, 2016.
- CORBELINI, D. et al. **Compostos bioativos e capacidade antioxidante da uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) em diferentes estádios de maturação**. 11 Encontro de Pós-Graduação. **Anais...Pelotas: UFPel**, 2009
- DA SILVA, A. P. G. et al. Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018.
- DA SILVA, A. P. G. et al. Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, n. April, p. 547–556, 2019.
- DA SILVA, W. P. **Variabilidade espacial de atributos do solo e sua relação com características agronômicas de genótipos de uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess)**. [s.l.] UNESP, 2012.
- DE PAULO FARIAS, D. et al. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 15 fev. 2020.
- DONADO-PESTANA, C. M. et al. Phenolic compounds from cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg) fruit attenuate glucose intolerance and adipose tissue inflammation induced by a high-fat, high-sucrose diet. **Food Research International**, v. 69, p. 170–178, 1 mar. 2015.
- FREITAS, T. DE P. **Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação**. [s.l.] USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- GONÇALVES, A. E. D. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 8, p. 4666–4674, 2010.

- GRIEP, L. M. O. et al. Colors of Fruit and Vegetables and 10-Year Incidence of Stroke. **Stroke**, v. 42, n. 11, p. 3190–3195, 2011.
- HE, M. et al. Molecular Progress in Research on Fruit Astringency. **Molecules**, v. 20, p. 1434–1451, 2015.
- JACOMINO, A. P. et al. Uvaia — *Eugenia pyriformis* Cambess. In: **Exotic Fruits**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 435–438.
- JOSHIPURA, K. J. et al. The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. **International Medicine**, v. 134, n. 12, p. 1106–1114, 2001.
- KAWASAKI, M. L.; LANDRUM, L. R. A rare and potentially economic fruit of Brazil: Cambuci, *Campomanesia phaea* (Myrtaceae). **Economic Botany**, v. 51, n. 4, p. 403–405, 1997.
- LOPES, J. M. M. et al. A preliminary exploration of the potential of *Eugenia uvalha* Cambess juice intake to counter oxidative stress. **Food Research International**, v. 105, p. 563–569, 1 mar. 2018.
- MATTOS, G. DE. **Extração e quantificação de ácidos fenólicos e falvonóides de eugenia pyriformis cambess usando diferentes solventes**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P. DE; ARAÚJO, E. DE L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892–896, 2005.
- MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Panorama da vigilância de doenças crônicas não transmissíveis no Brasil, 2018. **Boletim Epidemiológico**, v. 50, n. 40, p. 15, 2019.
- OLIVEIRA, E. N. A. DE et al. Obtenção de uvaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, p. 235–242, 2010.
- OLIVEIRA, R. DA S. et al. Natural bioactive compounds: promoting agents in the reduction of oxidative stress and inflammatory processes. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 2, 2018.
- OPAS, ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Folha informativa – Alimentação saudável**. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5964:folha-informativa-alimentacao-saudavel&Itemid=839>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- SARTORI, S. et al. **Uvaia - Série Frutas Nativas**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2010.
- SCHIAVON, M. V. et al. **Caracterização de compostos bioativos em frutas nativas**. 10º Simpósio de Recursos Genéticos para América Latina e o Caribe. **Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2015.

- SLOWFOODBRASIL. **Uvaia**. Disponível em: <<https://www.slowfoodbrasil.com/arca-do-gosto/produtos-do-brasil/1144-uvaia>>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- SUGUINO, E. et al. **Mirtáceas com frutos comestíveis do Estado de São Paulo: conhecendo algumas plantas**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. v. 31.
- TOKAIRIN, T. DE O. **Caracterização e conservação pós-colheita de cambuci, fruto nativo da Mata Atlântica**. [s.l.] USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- TOKAIRIN, T. DE O. et al. Cambuci: a native fruit from the Brazilian Atlantic forest showed nutraceutical characteristics. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.
- TOKAIRIN, T. DE O.; NETO, H. B.; JACOMINO, A. P. **Cambuci — *Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum**. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.
- VALLILO, M. I. et al. Características físicas e químicas dos frutos do cambucizeiro (*Campomanesia phaea*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 241–244, 2005.
- WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global strategy on diet, physical activity and health**. Disponível em: <<https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/releases/pr84/en/>>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- ZILLO, R. et al. Parâmetros físico-químicos e sensoriais de polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis*) submetidas à pasteurização. **Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)**, v. 4, n. 2, 2015.
- ZILLO, R. R. et al. Qualidade físico-química da fruta *in natura* e da polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 293–298, 2013.

4. CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES EM CAMBUCI E UVAIA

RESUMO

O cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) são frutas nativas da Mata Atlântica ricas em metabólitos secundários, os quais podem propiciar benefícios para a saúde humana. Compostos fenólicos – como a proantocianidina, carotenoides e a vitamina C são alguns dos exemplos. Além de análises para quantificar esses compostos, análises de capacidade antioxidante fornecem informações a respeito da ação desses compostos diante de um radical livre. O objetivo deste trabalho foi quantificar compostos bioativos de 51 acessos de cambuci e 71 de uvaia, além da sua capacidade antioxidante. Foram realizadas análises de proantocianidinas em cambuci e carotenoides totais em uvaia, enquanto análises de vitamina C, compostos fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} foram realizadas nas duas frutas. Foi observada grande variação para os teores de vitamina C (média de 50,92 e 80,92 mg 100 g⁻¹ VIT.C, para cambuci e uvaia, respectivamente), elevados teores de proantocianidinas para cambuci (média de 28,45 mg 100 g⁻¹ CAT) e elevados teores de carotenoides totais na uvaia (média de 44,14 mg g⁻¹ carotenoides totais). Os resultados de compostos fenólicos (teor médio de 198,92 mg 100 g⁻¹ GAE e 195,71 mg 100 g⁻¹ GAE, para cambuci e uvaia respectivamente) e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (capacidade média de 8,69 µmol trolox g⁻¹ e 5,13 µmol trolox g⁻¹, para cambuci e uvaia respectivamente), apresentaram correlação positiva, indicando a importância dos compostos no mecanismo de desativação dos radicais livres.

Palavras-chave: Frutas nativas; Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}; Vitamina C; Compostos fenólicos

ABSTRACT

Cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg Landrum) and uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) are native fruits from the Atlantic Forest rich in secondary metabolites, which can provide benefits for human health. Phenolic compounds – such as proanthocyanidins, carotenoids and vitamin C are some examples. In addition, analyzes of antioxidant capacity provide information about the action of these compounds against a free radical. The aim of this work was to quantify bioactive compounds from 51 cambuci accessions and 71 uvaia, in addition to their antioxidant capacity. Analyzes of proanthocyanidins in cambuci and total carotenoids in uvaia were performed, while analyzes of vitamin C, phenolic compounds, and antioxidant capacity by the ABTS^{•+} method were performed on both fruits. Great variation were observed for vitamin C levels (mean of 50.92 and 80.92 mg 100 g⁻¹ VIT.C, for cambuci and uvaia, respectively), high proanthocyanidins levels for cambuci (mean of 28.45 mg 100 g⁻¹ CAT) and high levels of total carotenoids in uvaia (mean of 44.14 mg g⁻¹ total carotenoids). The results of phenolic compounds (mean of 198.92 mg 100 g⁻¹ GAE and 195.71 mg 100 g⁻¹ GAE for cambuci and uvaia respectively) and antioxidant capacity by ABTS^{•+} (mean capacity of 8.69 µmol trolox g⁻¹ and 5.13 µmol trolox g⁻¹ for cambuci and uvaia, respectively) were positively correlated, indicating the importance of this compounds in the mechanism of elimination of free radicals.

Keywords: Native fruits; Radical ABTS^{•+} assay; Vitamin C; Phenolic compounds

4.1. Introdução

A produção de metabólitos secundários em plantas e frutos depende de fatores genotípicos e da interação com o meio ambiente. Sua biossíntese tem como força motriz as condições climáticas, radiação ultravioleta, ameaças patogênicas e de herbívoros, sendo essenciais para sobrevivência da planta (MAHAJAN; KUIRY; PAL, 2020; VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2018).

O cambuci e a uvaia são frutas tropicais, que crescem sob diversas condições ambientais e climáticas. Como esperado, essas condições estimulam a produção de metabólitos secundários, que são matérias-primas na área da farmacologia, devido seus efeitos biológicos sobre a saúde humana (DONADO-PESTANA et al., 2018). As duas frutas apresentam metabólitos secundários de interesse para a saúde, como terpenos – carotenoides, vitamina C e compostos fenólicos – taninos (PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Os compostos fenólicos são uma grande classe de metabólitos secundários, originados da via do chiquimato e fenilpropanoide. Consistem em moléculas com um anel aromático, contendo um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Apresentam uma diversidade estrutural, que vão desde moléculas simples, como a vanilina e o ácido gálico, até moléculas com alto grau de polimerização, como os taninos. Presentes tanto no cambuci quanto na uvaia, possuem poder antioxidante, ligados à sua capacidade de sequestrar radicais livres e quelar metais. A atividade anticarcinogênica dos compostos fenólicos pode ser relacionada a inibição de diversos cânceres, como de cólon, pulmão e esôfago (ANGELO; JORGE, 2007; CHEYNIER, 2012; VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2018).

Os taninos, presentes no cambuci, são biomoléculas polifenólicas de alto peso molecular, divididas entre taninos hidrolisáveis e condensados ou proantocianidinas – capazes de se ligar e precipitar proteínas e outros compostos orgânicos, como ácidos e alcaloides. Recebem grande atenção devido a benefícios associados à suas propriedades antioxidantes, poder anti-inflamatório, antiviral, antidiabético, anti-hipercolesterolêmicos e atividade anticancerígenas (LADDHA; KULKARNI, 2019).

A vitamina C é uma pequena molécula solúvel em água, facilmente transportada e distribuída por todo corpo humano. Apresenta grande capacidade antioxidante, já que reduz espécies reativas de oxigênio, gerando radicais relativamente estáveis e que são eliminados do corpo pelos rins. Através desse processo, a vitamina C desempenha um papel fundamental no bloqueio da carcinogênese, principalmente porque protege as células de danos oxidativos no DNA (NARITA et al., 2018; VISSERS; DAS, 2018).

Os carotenoides, são compostos isoprenoides lipofílicos responsáveis pela pigmentação natural encontrada em frutas e vegetais, entre as faixas de cor amarela e vermelha. As principais funções dos carotenoides na saúde humana estão relacionadas com seu potencial antioxidante, pois sua molécula apresenta dez ou mais ligações duplas conjugadas com a capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio (EROS). Porém, sua ação não se restringe ao seu potencial antioxidante. Apresenta também função provitamina A, atuam na saúde dos olhos, do coração, dos ossos e tem efeitos positivos no funcionamento cognitivo humano (EGGERSDORFER; WYSS, 2018).

Os principais carotenoides detectados na uvaia são criptoxantina, β -caroteno, α -caroteno luteína e zeaxantina. O β -caroteno é considerado o carotenoide com maior potencial para ser clivado em vitamina A, enquanto a luteína é um dos pigmentos amarelos da mácula da retina humana, responsáveis pelo efeito oftalmológico protetor do olhos (DA SILVA et al., 2014; PEREIRA et al., 2012).

Além das análises específicas para a quantificação dos compostos bioativos, existem diversos métodos para análise da capacidade antioxidante. Os métodos podem ser classificados como *in vivo* ou *in vitro*, sendo necessárias análises por mais de um método para afirmar se a amostra analisada exibe ou não capacidade antioxidante (ROJAS; BUTRAGO, 2018).

Métodos *in vitro* com radicais livres sintéticos costumam ser empregados em pesquisas científicas fornecendo resultados preliminares sobre o assunto, como é o caso do ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico). Por se tratar de um método barato, rápido e simples, permite análise de uma grande quantidade de amostras com repetibilidade aceitável, sendo relevante devido sua aplicabilidade para antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos (NENADIS; TSIMIDOU, 2010; ROJAS; BUTRAGO, 2018).

Comprovar a presença de compostos bioativos e capacidade antioxidante em espécies nativas através da sua quantificação poderá aumentar o estímulo ao consumo das frutas pela população, que poderão ser considerados frutas fontes naturais desses compostos. Além disso, esses resultados podem servir de base para outros estudos, como biodisponibilidade e bioacessibilidade desses compostos. O objetivo deste trabalho foi quantificar compostos bioativos e capacidade antioxidante em acessos de cambuci e em acessos de uvaia.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Material vegetal

As análises foram realizadas em acessos de cambucis e uvaías da coleção de caracterização do Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas. Os cambucis foram provenientes da safra de 2019 – março a junho e foram coletados nos municípios de Juitituba, Mogi das Cruzes, Paraibuna, distrito de Paranapiacaba – Santo André, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Salesópolis, todos localizados no estado de São Paulo (figura 3). As uvaías foram provenientes da safra de 2018 – outubro e novembro, dos municípios de Cabo Verde e Inconfidentes, localizados no estado de Minas Gerais (figura 4).

Figura 3. Mapa do estado de São Paulo, destacando os municípios de Juitituba, Mogi das Cruzes, Paraibuna, Paranapiacaba, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Salesópolis, envolvidos no projeto.

Figura 4. Mapa do estado de Minas Gerais, destacando os municípios de Cabo Verde e Inconfidentes, envolvidos no projeto.

Ao todo, foram coletados 51 acessos de cambuci e 71 de uvaía (tabela 1, apêndice A e B). Os acessos de cambuci foram coletados, congelados e transportados para o laboratório de

Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas, em caixas térmicas com placas de gelo. Já os acessos de uvaia foram coletados e acondicionados *in natura* em caixas térmicas com placas de gelo, transportados para o laboratório e posteriormente congelados. Para ambos os casos o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 51 e 71 tratamentos (acessos) para cambuci e uvaia, respectivamente, e três repetições, com em média, cinco frutos em cada acesso – a variação se deve a disponibilidade de frutos.

Tanto para o cambuci quanto para a uvaia, foram obtidas amostras homogêneas, contendo polpa e casca, que foram imediatamente congeladas com nitrogênio líquido e armazenadas em ultra freezer a -80 °C.

Tabela 1. Municípios de coleta de cambuci e uvaia.

Município	Fruto	Coordenadas geográficas			Quantidade de acessos
		Latitude	Longitude	Altitude	
Cabo Verde – MG	Uvaia	21° 28' 10" S	46° 22' 54" O	836 m	56
Inconfidentes – MG	Uvaia	22° 19' 2" S	46° 19' 42" O	864 m	15
Juquitiba – SP	Cambuci	23° 55' 57" S	47° 4' 1" O	685 m	10
Mogi das Cruzes – SP	Cambuci	23° 31' 29" S	46° 11' 14" O	746 m	7
Paraibuna – SP	Cambuci	23° 22' 53" S	45° 39' 45" O	624 m	25
Paranapiacaba – SP	Cambuci	23° 30' 21,9" S	46° 18' 15" O	750 m	2
Ribeirão Pires – SP	Cambuci	23° 42' 51" S	46° 24' 49" O	761 m	3
Rio Grande da Serra - SP	Cambuci	23° 44' 43" S	46° 24' 8" O	775 m	3
Salesópolis – SP	Cambuci	23° 31' 57" S	45° 50' 47" O	812 m	1

4.2.2. Análises de compostos bioativos e capacidade antioxidante

Foram realizadas análises em todos os acessos de cambuci e uvaia, visando a caracterização dos principais compostos bioativos e de sua capacidade antioxidante. Essas análises incluem: carotenoides totais, para os acessos de uvaia, proantocianidinas para os acessos de cambuci e vitamina C, compostos fenólicos totais e ABTS^{•+} para ambos os acessos.

Carotenoides totais: o teor de carotenoides totais para uvaia foi determinado por método espectrofotométrico de acordo com Lichtenthaler (1987). O extrato de concentração 0,1 g mL⁻¹ foi obtido através da centrifugação da amostra com acetona 100%, a 7.168 g por 20 minutos a 4 °C. A absorbância do sobrenadante foi medida em 663 nm (clorofila A), 646 nm (clorofila B) e 470 nm (carotenoides). O teor de carotenoides totais foi expresso em µg g⁻¹ de massa fresca.

Proantocianidinas: o teor de proantocianidinas ou taninos condensados para cambuci foi determinado de acordo com Sun; Silva; Spranger (1998). O extrato na concentração de 0,1 g mL⁻¹ foi obtido por centrifugação (1.000 g por 15 minutos a 15 °C) da amostra com metanol 80%. Tomou-se 1 mL do sobrenadante do extrato e adicionou-se 2,5 mL de vanilina 1% e 2,5 mL de ácido sulfúrico 2,5 M. Após 15 minutos em banho maria a 30 °C foi realizada a leitura no

comprimento de onda de 500 nm. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ catequina (CAT), com base em massa fresca, de acordo com a curva de calibração.

Vitamina C: o teor de vitamina C para cambuci e uvaia foi determinado de acordo com Pasternak et al. (2005). A amostra (concentração de 0,07 g mL⁻¹) foi extraída com ácido metafosfórico 3% em centrífuga a 7.168 g por 20 minutos a 4°C e filtrada em filtro PTFE de 0,45 µm seguido da adição de ditiotreitol (DTT), para a redução do ácido dehidroascórbico. A identificação e quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) em coluna Atlantis dC18 5 µm (150mm x 4,6 mm i.d., Waters, Ireland). A fase móvel foi constituída de solução de KCl (2 mM, pH 2,5) com fluxo de 0,8 mL min⁻¹ e a detecção realizada em comprimento de onda 254 nm. A vitamina C foi identificada a partir do tempo de retenção e identificação de espectro. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de vitamina C, com base em massa fresca.

Compostos Fenólicos Totais: a quantificação dos compostos fenólicos totais em cambuci e uvaia foi feita após a reação de oxidação com o reagente Folin-Ciocalteu (WOISKY; SALATINO, 1998). Após centrifugação do extrato a 7.168 g por 5 minutos a 4 °C com metanol 80%, retirou-se uma alíquota de 0,5 mL do sobrenadante (concentração 0,1 g mL⁻¹) e adicionou-se com 2,5 mL de solução Folin-Ciocalteu (diluição 1:10) e 2 mL de carbonato de sódio a 4%. A leitura foi feita em espectrofotômetro na absorbância de 740 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG; mg 100 g⁻¹ de massa fresca), de acordo com a curva de calibração.

Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}: os extratos de cambuci e uvaia foram preparados na concentração 0,1 g mL⁻¹ através da centrifugação das amostras a 7.168 g por 5 minutos a 4 °C com metanol 80%. A quantificação da capacidade antioxidante foi realizada pela redução do radical livre sintético ABTS^{•+} a ABTS [2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolín) 6-ácido sulfônico], adaptado de Al-Duais et al. (2009). Tomou-se uma alíquota de 0,3 mL do sobrenadante do extrato e adicionou-se 3,0 mL do radical ABTS^{•+} 7mM. A leitura foi feita após 6 minutos de reação em espectrofotômetro na absorbância de 534 nm. Os resultados foram expressos em µmol g⁻¹ trolox, com base em massa fresca e de acordo com a curva de calibração.

4.2.3. Análise dos resultados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e Teste de Scott-Knott, através do software Sisvar, visando a classificação dos acessos; seguidos da análise multivariada de componentes principais (ACP), utilizando o software Statistica 13.5, visando agrupamento dos acessos de acordo com as análises realizadas.

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Cambuci

A tabela 2 contém os resultados obtidos nas análises de vitamina C, proantocianidinas, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺, para os acessos de cambuci.

Tabela 2. Teor de vitamina C, proantocianidinas, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺ de 51 acessos de cambuci (médias seguidas de desvio padrão).

Acesso	Variáveis							
	VIT.C		PA		CF		ABTS	
1	37,50±7,96	d	26,89±6,12	d	217,25±145,90	a	4,86±4,30	c
2	98,49±6,78	b	25,38±6,43	d	258,07±48,10	a	10,82±2,28	a
3	110,61±36,31	a	14,00±2,19	e	271,71±55,94	a	8,94±0,59	a
4	73,24±13,87	c	11,30±2,92	e	126,12±40,10	b	6,91±4,48	b
5	78,08±6,70	c	18,83±3,74	e	136,78±86,16	b	10,07±2,33	a
6	96,28±17,76	b	31,04±8,03	d	151,03±47,84	b	10,38±0,82	a
7	11,03±1,85	e	17,45±7,64	e	85,64±37,64	b	11,29±1,24	a
8	14,71±9,57	e	79,42±3,59	b	112,16±51,81	b	3,51±1,14	c
9	24,10±5,11	e	24,19±8,59	d	160,12±108,93	b	7,35±3,19	b
10	23,64±7,01	e	83,14±2,07	b	302,80±56,83	a	9,57±2,35	a
11	118,07±27,22	a	33,64±6,94	d	236,71±13,29	a	10,65±1,86	a
12	23,27±11,94	e	40,92±5,45	d	116,96±53,20	b	7,11±4,15	b
13	21,50±15,57	e	30,01±6,59	d	223,86±58,07	a	6,77±4,42	b
14	23,73±12,13	e	31,83±8,24	d	80,64±48,39	b	3,88±3,98	c
15	78,68±8,42	c	54,28±8,67	c	72,34±33,81	b	4,27±3,02	c
16	45,46±12,63	d	112,06±0,20	a	148,72±39,42	b	8,02±4,53	b
17	17,14±3,96	e	33,08±8,16	d	180,87±97,54	b	8,12±5,25	b
18	64,21±12,43	c	18,58±1,44	e	209,64±99,15	a	11,05±2,66	a
19	73,31±5,37	c	20,03±3,84	e	189,08±117,30	b	8,04±3,86	b
20	51,68±32,21	d	13,60±2,91	e	184,27±70,96	b	8,62±3,41	a
21	61,97±19,06	c	26,28±4,17	d	221,32±40,50	a	12,17±0,53	a
22	51,16±23,62	d	22,72±12,89	d	96,96±37,91	b	9,70±1,31	a
23	25,97±4,95	e	17,75±3,45	e	314,91±14,34	a	9,42±0,59	a
24	29,06±11,10	e	54,51±10,28	c	236,66±93,97	a	8,92±2,51	a
25	47,62±6,55	d	15,36±3,81	e	207,31±102,30	a	10,57±2,45	a
26	32,01±17,19	e	23,05±9,74	d	119,22±57,50	b	5,24±2,68	c
27	80,36±35,56	c	22,78±1,65	d	268,83±67,78	a	10,13±1,66	a
28	74,78±14,59	c	52,21±29,55	c	244,06±134,83	a	9,27±0,97	a
29	97,33±8,26	b	15,92±1,17	e	135,78±53,94	b	8,53±2,69	a
30	81,82±11,34	c	10,50±1,46	e	138,95±56,23	b	11,42±0,88	a
31	50,28±6,77	d	56,75±25,91	c	183,30±103,46	b	10,69±0,85	a
32	25,74±9,77	e	31,32±22,82	d	137,61±41,27	b	7,13±4,64	b
33	38,59±3,36	d	5,72±1,33	e	122,45±46,00	b	10,07±2,36	a
34	28,62±6,74	e	31,27±17,50	d	192,37±97,99	b	9,08±2,58	a

35	118,73±7,16	a	29,13±4,28	d	221,79±75,59	a	11,34±1,81	a
36	84,70±14,56	c	13,05±4,93	e	220,13±82,71	a	9,03±3,14	a
37	44,32±1,65	d	11,50±2,19	e	276,19±58,35	a	11,96±0,45	a
38	6,06±3,25	e	16,52±7,65	e	118,86±46,13	b	7,55±1,97	b
39	16,61±11,00	e	35,00±19,07	d	193,78±44,95	b	8,40±3,64	a
40	52,31±8,47	d	21,44±4,28	e	253,40±63,09	a	9,74±2,43	a
41	49,73±5,67	d	15,39±1,15	e	311,05±52,60	a	11,41±1,30	a
42	32,37±7,67	e	14,18±2,59	e	314,82±57,24	a	9,23±2,72	a
43	35,87±5,96	d	12,89±3,06	e	346,25±28,69	a	11,16±1,26	a
44	86,10±11,03	c	10,10±3,10	e	255,54±139,04	a	10,31±1,74	a
45	36,61±17,04	d	12,67±3,95	e	318,21±90,68	a	11,76±0,67	a
46	43,91±18,49	d	26,72±1,65	d	228,14±84,28	a	7,74±1,38	b
47	33,41±18,40	d	26,16±5,96	d	200,42±68,02	a	7,46±1,33	b
48	15,49±1,79	e	47,78±4,00	c	216,70±117,22	a	2,79±1,82	c
49	24,80±4,10	e	26,65±9,14	d	271,83±106,12	a	9,67±0,86	a
50	67,89±18,21	c	10,06±6,11	e	138,68±82,20	b	6,53±2,58	b
51	37,92±8,09	d	15,98±6,34	e	174,90±106,09	b	4,86±1,98	c
Média geral	50,92		28,45		198,92		8,69	
CV (%)	26,12		31,66		38,61		28,66	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Vitamina C (VIT.C): mg 100 g⁻¹ VIT.C; proantocianidina (PA): mg 100 g⁻¹ CAT; compostos fenólicos (CF): mg 100 g⁻¹ GAE; capacidade antioxidante (ABTS⁺): µmol g⁻¹ de trolox; CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade (p < .05) (one-way ANOVA e teste Scott-Knott ao nível de 5%).

A fim de facilitar a compreensão dos dados, foram calculadas as médias das variáveis dos acessos classificados com a mesma letra, de acordo com o teste de Scott-Knott (tabela 3).

Tabela 3. Médias seguidas de desvio padrão dos teores de vitamina C, proantocianidina, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺ de acordo com o grupo de classificação da análise de Scott-Knott.

Grupos Scott-Knott	Variáveis			
	VIT.C	PA	CF	ABTS
	Médias			
a	115,80±4,51	112,06±0,00	255,68±41,11	10,13±1,06
b	97,37±1,11	81,28±2,63	139,90±35,94	7,39±0,52
c	75,43±7,72	53,11±3,38	-	4,20±0,87
d	43,76±6,59	28,90±4,70	-	-
e	21,99±7,17	14,51±3,87	-	-

Vitamina C (VIT.C): mg 100 g⁻¹ VIT.C; proantocianidina (PA): mg 100 g⁻¹ CAT; compostos fenólicos (CF): mg 100 g⁻¹ GAE; capacidade antioxidante (ABTS⁺): µmol g⁻¹ de trolox.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), o teor de vitamina C na laranja pêra é de 53,70 mg 100 g⁻¹ VIT.C (NEPA, 2011). Dos 51 acessos de cambuci analisados, 18 foram classificados entre o grupo a e c (tabela 3), apresentando valores superiores ao teor da laranja pêra. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) recomenda a ingestão diária de

45 mg de VIT.C para adultos e 30 – 35 mg de VIT.C para crianças de 1 a 10 anos (BRASIL, 2005). Considerando o teor médio do grupo d de vitamina C ($43,76 \pm 6,59 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ VIT.C}$) próximo ao recomendado pela ANVISA e próximo ao teor médio de vitamina C na laranja pêra, pode-se considerar o cambuci como fonte de vitamina C para adultos e crianças.

Em caracterização química de 58 acessos de cambuci oriundos do Núcleo de Produção de Muda de São Bento do Sapucaí – propagados por sementes de acessos coletados da Mata Atlântica e Serra do Mar paulista, Bianchini et al. (2016) obtiveram teores entre $25,62 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ VIT.C}$ e $127,40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ VIT.C}$, que demonstram coerência com os resultados obtidos nessa pesquisa. A grande variabilidade pode ser justificada por fatores genotípicos, condições pré e pós-colheita, como por exemplo, a incidência de luz e o clima (DANTAS et al., 2012).

Assim como a vitamina C, o teor de proantocianidinas foi classificado em 5 grupos, com teor médio do grupo e de $14,51 \pm 3,87 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ CAT}$ ao teor médio do grupo a de $112,06 \pm 0,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ CAT}$. Responsáveis pela adstringência do fruto, as proantocianidinas limitam o seu consumo *in natura*.

Bananas verdes apresentam alta concentração de proantocianidinas, que são insolubilizadas ou sofrem mudanças na sua estrutura química durante sua maturação (AMNUAYSIN; SERAYPHEAP; KIDYOO, 2012; KYAMUHANGIRE et al., 2006). Após seu amadurecimento e decréscimo da concentração ou mudança estrutural da molécula, a fruta contém cerca de $4,0 \pm 0,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de proantocianidinas totais (GU et al., 2004; TESSMER, 2020). O grupo e dos acessos de cambuci (tabela 3), que apresentou o menor teor médio de proantocianidinas, teve cerca de 3 vezes mais proantocianidinas do que a banana madura. Esses resultados indicam que assim como as variedades de caqui ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’, as proantocianidinas e a adstringência do cambuci se mantém elevada, mesmo após a maturação (TESSMER, 2020). Da mesma forma que para o caqui, o processo de destanização comercial pode ser uma alternativa para neutralização das moléculas de proantocianidinas e redução da adstringência, com intuito de tornar possível o consumo *in natura* do cambuci.

Sendo assim, o consumo do fruto torna-se quase exclusivamente através de produtos processado, como polpa congelada, sucos, geleias, licores e cachaças (ANDRADE; FONSECA; LEMOS, 2011). Segundo Bagetti (2014), produtos processados de frutas nativas, como a geleia de cambuci, podem ser um estímulo para seu consumo, uma vez que também possuem compostos bioativos e capacidade antioxidante, com a ausência da forte adstringência e acidez.

Diferentemente do observado para as variáveis de vitamina C e proantocianidinas, o teor de compostos fenólicos totais foi dividido apenas em 2 grupos (tabela 3). A média geral para o teor de compostos fenólicos de todos os acessos foi de $198,92 \pm 69,87 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$, sendo o menor

teor observado no acesso 14, com $80,64 \pm 48,39$ mg 100 g⁻¹ GAE enquanto o maior teor observado foi do acesso 23, com $314,91 \pm 14,34$ mg 100 g⁻¹ GAE. O acesso 14 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo b, enquanto o acesso 23 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo a. Após análise de 59 acessos de cambuci provenientes da Mata Atlântica, na cidade de Natividade da Serra – SP, Tokairin et al. (2018) obtiveram maior variação entre os teores mínimo e máximo de compostos fenólicos, de 330,50 mg 100 g⁻¹ GAE a 3526,04 mg 100 g⁻¹ GAE. Dias et al. (2018) em análise de 5 acessos de cambuci, coletados na Serra da Mantiqueira, obtiveram os teores mínimo e máximo de 331,74 mg 100 g⁻¹ GAE e 1134,54 mg 100 g⁻¹ GAE. Em ambas as pesquisas citadas, o teor mínimo de compostos fenólicos se aproximou ao teor máximo obtido nessa pesquisa. A diferença entre os teores obtidos pode ser explicada de acordo com algumas fontes de variação, como genética, localização geográfica e fatores ambientais, como clima e incidência de luz (CHEYNIER, 2012).

Apesar disso, todos os acesso de cambuci analisados apresentaram o teor de compostos fenólicos maior do que o da maçã ($36,69 \pm 0,80$ mg 100 g⁻¹ GAE), sendo que o acesso 23, apresentou um teor cerca de 8 vezes maior (MORAIS et al., 2019). De acordo com a classificação proposta por Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008), os acessos analisados nessa pesquisa apresentam uma concentração baixa (<100 mg 100 g⁻¹ GAE) e intermediária (250 – 400 mg 100 g⁻¹ GAE) de compostos fenólicos.

A capacidade antioxidante dos acessos de cambuci analisados pelo método ABTS⁺⁺ apresentou um teor médio de $8,69 \pm 2,34$ µmol g⁻¹ de trolox, divididos em 3 grupos (tabela 3), de acordo com a análise de Scott-Knott. Segundo a classificação proposta por Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008), os acessos de cambuci analisados apresentaram baixa capacidade antioxidante pelo método ABTS (<20 µmol g⁻¹ de trolox), independente da classificação por grupo. O grupo c apresentou média de capacidade antioxidante de $4,20 \pm 0,87$ µmol g⁻¹ de trolox, teor próximo ao obtido para o maracujá ($3,34 \pm 0,08$ µmol g⁻¹ de trolox), também nativo do Brasil e a goiaba ($5,14 \pm 0,06$ µmol g⁻¹ de trolox), pertencente à mesma família que o cambuci (Myrtaceae). O grupo b apresentou teor médio de $7,39 \pm 0,52$ µmol g⁻¹ de trolox, teor próximo ao obtido para o umbu ($6,3 \pm 0,2$ µmol g⁻¹ de trolox) fruta originária dos chapadões semiáridos do nordeste brasileiro. Enquanto o grupo a, apresentou o maior teor médio, $10,13 \pm 1,06$ µmol g⁻¹ de trolox. O caju, de origem nativa brasileira das regiões costeiras do norte e nordeste, apresentou teor médio de $11,02 \pm 0,04$ µmol g⁻¹ de trolox (PRADO, 2009; RUFINO et al., 2010). Castelucci; Da Silva; Spoto (2020) obtiveram o teor médio de $32,06 \pm 3,43$ µmol g⁻¹ de trolox para cambuci, valor superior ao observado nessa pesquisa.

Com intuito de condensar os resultados obtidos e correlacionar com os acessos analisados, foi feita uma análise de componentes principais (ACP). A ACP considerou as quatro variáveis analisadas em todos os acessos de cambuci: vitamina C (VIT.C), proantocianidinas (PA), compostos fenólicos totais (CF) e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (ABTS), que foram reduzidas a 2 componentes. Os 2 componentes explicam 68,83% da variabilidade dos dados, sendo que 44,97% correspondeu ao componente principal 1 (CP 1) e 23,86% correspondeu ao componente principal 2 (CP 2) (figura 5).

Figura 5. Análise de componentes principais (ACP) em 51 acessos de cambuci com projeção das variáveis no plano fatorial.

É possível verificar que as variáveis CF e ABTS são correlacionadas positivamente, o que indica que acessos com alta concentração de compostos fenólicos tendem a apresentar uma alta capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (figura 5). A capacidade antioxidante está relacionada à presença de compostos fenólicos, principalmente por conta da sua estrutura específica, que permitem atuar como agentes redutores, doadores de hidrogênio, supressores de oxigênio singlete, entre outros mecanismos de ação (COELHO; FERNANDES; SALAS-MELLADO, 2018). Levando em consideração o objetivo da pesquisa em determinar a capacidade antioxidante em acessos de cambuci, além do número de acessos analisados, metodologias de análises e os resultados obtidos na ACP, foram selecionados acessos que apresentaram correlação com as variáveis de CF e ABTS e ficaram agrupados no 2º quadrante do gráfico no plano fatorial (figura 6) para duas novas análises de capacidade antioxidante.

Figura 6. Análise de componentes principais (ACP) em 51 acessos de cambuci projeção dos acessos no plano fatorial.

Adicionalmente, todos os acessos selecionados estão classificados nos grupos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos (grupo a) e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺ (grupo a) na análise de Scott-Knott (tabela 3). Os acessos selecionados são: 21, 23, 25, 27, 28, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 49, sendo que o número corresponde ao número de identificação do acesso.

4.3.2. Uvaia

A tabela 4 contém os resultados obtidos nas análises de vitamina C, carotenoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺, para todos os acessos de uvaia.

Tabela 4. Teor de vitamina C, carotenoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} de 71 acessos de uvaia (médias seguidas de desvio padrão).

Acesso	Variáveis							
	VIT.C		CA		CF		ABTS	
1	71,71±8,82	c	37,47±6,45	c	218,24±55,34	a	3,45±2,26	c
2	66,40±5,85	c	35,39±4,94	c	140,80±74,80	b	2,31±1,49	c
3	134,44±9,07	a	56,60±5,00	b	372,31±50,95	a	7,92±1,57	b
4	92,28±3,17	b	50,09±19,02	b	184,74±60,80	b	5,39±4,85	c
5	87,98±4,10	b	44,67±17,04	c	271,87±26,43	a	8,04±3,31	b
6	85,91±1,07	b	76,07±21,58	a	208,34±10,71	a	4,78±0,79	c
7	90,02±4,50	b	45,23±13,35	c	195,07±66,97	b	6,80±2,06	b
8	72,25±2,80	c	56,83±4,81	b	155,63±57,76	b	2,77±0,91	c
9	111,01±6,36	a	43,86±2,00	c	213,33±90,60	a	6,91±3,99	b
10	84,52±16,96	b	49,54±6,34	b	128,53±43,15	b	4,49±1,90	c
11	89,89±5,91	b	40,99±2,42	c	157,64±66,14	b	4,24±2,69	c
12	73,29±6,89	c	59,40±4,48	b	126,73±28,46	b	2,99±0,99	c
13	65,90±9,63	c	38,00±5,29	c	148,39±35,33	b	5,51±1,84	c
14	80,22±5,92	c	59,41±8,19	b	142,59±53,15	b	3,76±0,44	c
15	107,22±6,33	a	32,96±2,13	c	122,37±46,10	b	4,18±2,64	c
16	91,03±16,96	d	17,58±1,65	c	162,69±59,46	b	5,06±2,36	c
17	101,55±15,53	a	38,11±0,55	c	212,99±85,27	a	5,29±2,79	c
18	127,99±11,99	a	38,69±5,10	c	200,88±56,92	a	7,94±4,22	b
19	79,98±4,14	c	116,94±3,78	a	132,47±40,67	b	3,73±0,69	c
20	70,39±5,01	c	50,06±4,67	b	122,31±36,27	b	1,91±0,21	c
21	63,07±5,13	c	50,63±12,60	b	256,17±196,50	a	3,68±1,90	c
22	62,90±7,56	c	41,45±4,78	c	248,06±152,74	a	11,49±1,64	a
23	53,14±5,78	d	33,93±2,66	c	170,02±75,66	b	3,27±0,83	c
24	141,70±16,66	a	90,51±11,96	a	208,02±101,28	a	0,59±3,51	c
25	111,47±9,13	a	29,36±4,43	c	279,71±102,10	a	6,04±0,60	c
26	97,61±8,82	b	93,76±9,79	a	251,27±45,23	a	6,12±3,12	c
27	74,79±12,09	c	51,24±9,08	b	154,22±28,21	b	5,72±5,32	c
28	111,67±12,68	a	58,02±7,98	b	227,66±26,62	a	6,74±1,38	b
29	54,43±6,23	d	50,85±2,42	b	229,36±97,25	a	3,65±1,03	c
30	65,97±8,09	c	35,72±4,97	c	173,18±22,56	b	2,59±0,56	c
31	92,33±6,81	b	57,47±15,67	b	147,78±22,56	b	2,10±1,84	c
32	75,25±3,03	c	30,91±3,83	c	147,05±62,69	b	2,31±0,56	c
33	134,99±26,43	a	28,81±1,70	c	244,00±109,53	a	8,10±4,63	b
34	75,61±6,86	c	29,47±2,87	c	241,58±159,71	a	8,32±4,74	b
35	120,61±13,99	a	43,37±11,59	c	127,73±8,67	b	4,25±2,11	c
36	108,62±20,22	a	48,80±16,95	b	185,78±41,39	b	5,24±2,21	c
37	94,73±10,16	b	45,88±5,91	c	184,23±34,83	b	5,02±4,18	c
38	103,32±25,25	a	38,68±5,56	c	204,52±49,09	a	7,33±2,16	b
39	100,18±5,97	c	42,32±2,66	c	254,98±125,99	a	5,25±2,12	c
40	98,03±7,36	b	40,27±3,56	c	201,83±103,05	a	4,66±1,81	c
41	109,71±5,75	a	47,59±6,87	b	301,58±64,94	a	6,08±2,55	c
42	75,43±4,65	c	59,93±3,56	b	173,51±18,69	b	3,92±2,35	c
43	77,85±4,72	c	36,58±6,18	c	307,94±74,11	a	9,07±2,67	b

44	34,79±2,87	e	31,87±11,19	c	127,03±18,01	b	5,40±1,68	c
45	77,34±9,36	c	29,62±14,18	c	236,58±128,98	a	10,43±5,11	a
46	90,50±1,48	b	50,16±5,92	b	249,45±152,50	a	2,75±1,61	c
47	70,99±12,10	c	43,40±6,33	c	149,76±46,27	b	3,21±0,96	c
48	65,63±6,55	c	37,15±14,59	c	191,02±45,12	b	4,08±0,48	c
49	88,86±3,82	b	40,92±9,68	c	178,97±28,67	b	4,76±1,78	c
50	82,23±9,51	c	38,66±6,88	c	232,07±221,55	a	4,49±2,11	c
51	95,39±10,01	b	33,21±2,84	c	122,87±52,88	b	4,17±3,34	c
52	92,76±10,79	b	35,24±3,56	c	179,34±126,04	b	10,89±4,31	a
53	77,86±16,90	c	33,74±3,07	c	137,50±59,70	b	4,18±3,87	c
54	105,37±22,95	a	55,71±12,00	b	243,50±60,60	a	13,16±3,63	a
55	74,62±3,92	c	56,84±7,87	b	257,72±100,43	a	6,71±1,79	b
56	70,86±6,46	c	25,37±7,04	c	158,22±39,46	b	3,71±2,73	c
57	105,37±22,95	a	22,05±4,52	c	204,46±40,67	a	6,43±2,59	b
58	79,81±8,00	c	34,45±5,90	c	239,31±76,28	a	5,38±2,18	c
59	72,60±19,75	c	37,70±4,06	c	277,78±133,15	a	6,40±0,56	b
60	32,36±3,66	e	22,14±3,89	c	139,51±56,13	b	2,56±0,79	c
61	51,77±7,11	d	32,27±8,33	c	216,82±110,84	a	5,01±2,19	c
62	69,41±1,15	c	57,34±9,04	b	242,73±11,83	a	3,41±1,06	c
63	57,20±3,76	d	26,91±0,36	c	183,35±55,47	b	3,33±0,67	c
64	41,95±5,45	d	33,49±5,84	c	169,51±61,26	b	3,48±0,83	c
65	64,28±7,62	c	47,15±0,45	b	215,09±74,34	a	5,38±0,57	c
66	70,67±7,99	c	48,18±11,30	b	244,24±109,08	a	5,15±1,26	c
67	28,91±7,37	e	52,51±15,44	b	147,76±29,17	b	4,05±0,48	c
68	50,82±11,20	d	49,52±16,91	b	268,94±169,31	a	6,16±0,88	c
69	19,77±3,52	e	26,49±5,53	c	97,81±22,72	b	2,14±0,61	c
70	62,66±12,49	c	64,20±12,41	b	108,08±31,33	b	5,07±5,35	c
71	50,63±23,96	d	34,12±3,99	c	138,25±20,57	b	4,09±1,79	c
<hr/>								
Média geral	80,92		44,14		195,71		5,13	
CV (%)	13,02		22,44		41,59		49,17	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Vitamina C (VIT.C): mg 100 g⁻¹ VIT.C; carotenoides (CA): µg g⁻¹; compostos fenólicos (CF): mg 100 g⁻¹ GAE; capacidade antioxidante (ABTS*): µmol g⁻¹ de trolox; CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade (p < .05) (one-way ANOVA e teste Scott-Knott ao nível de 5%).

Da mesma forma que realizado para os acessos de cambuci, foram calculadas as médias das variáveis dos acessos classificados com a mesma letra, de acordo com o teste de Scott-Knott, para os acessos de uvaia (tabela 5).

Tabela 5. Médias seguidas de desvio padrão dos teores de vitamina C, carotenoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺ de acordo com o grupo de classificação da análise de Scott-Knott

Grupos Scott-Knott	Variáveis			
	VIT.C	CA	CF	ABTS
a	115,32±13,33	93,23±2,49	242,07±37,49	11,49±1,20
b	91,46±3,91	53,67±4,78	151,69±24,69	7,44±0,84
c	72,27±5,84	35,23±7,03	-	4,12±1,25
d	51,42±4,76	-	-	-
e	28,96±6,96	-	-	-

Vitamina C (VIT.C): mg 100 g⁻¹ VIT.C; carotenoides (CA): µg g⁻¹; compostos fenólicos (CF): mg 100 g⁻¹ GAE; capacidade antioxidante (ABTS⁺⁺): µmol g⁻¹ de trolox.

Os teores médios de vitamina C observados foram de 28,96 ± 6,96 a 115,32 ± 13,33 mg 100 g⁻¹ VIT.C (tabela 5). 62 acessos apresentaram teores de vitamina C superiores ao da laranja pêra (53,70 mg 100 g⁻¹ VIT.C) e superiores a recomendação da ANVISA de ingestão diária de vitamina C, tanto para adultos quanto crianças de 1 a 10 anos (45 e 30 – 35 mg de VIT.C, respectivamente) (BRASIL, 2005; NEPA, 2011). Portanto, a uvaia também pode ser considerada como uma boa fonte diária de vitamina C.

Os resultados averiguados nessa pesquisa para o teor de vitamina C foram coerentes com resultados observados na literatura, contemplando desde o menor teor médio observado, representado pelo grupo e, até o maior, representado pelo grupo a (tabela 5). Rufino et al. (2010) obtiveram o teor 39,3 ± 5,2 mg 100 g⁻¹ VIT.C, para frutos provenientes de Paraipaba – CE, Castelucci; Da Silva; Spoto (2020) reportaram o teor de 85,40 ± 2,21 mg 100 g⁻¹ VIT.C para uvaías de Paraibuna – SP e Da Silva et al. (2018) aferiram teores entre 110,51 mg 100 g⁻¹ VIT.C a 122,51 mg 100 g⁻¹ VIT.C para uvaías oriundas de Salesópolis – SP.

Os teores de carotenoides encontrados foram divididos em 3 grupos de acordo com a análise de Scott-Knott (tabela 5). O menor teor observado foi do acesso 16 (17,58 ± 1,65 µg g⁻¹) enquanto o maior foi do acesso 19 (116,94 ± 3,78 µg g⁻¹). O acesso 16 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo c, enquanto o acesso 19 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo a. Freitas (2017) descreveu teores superiores em caracterização de 31 acessos de uvaia, com teores entre 0,92 mg g⁻¹ a 3,01 mg g⁻¹. Já Zillo et al. (2013) obtiveram o teor de 0,91 µg g⁻¹, muito inferior aos observados nessa pesquisa. Castelucci; Da Silva; Spoto (2020) e Da Silva et al. (2018) reportaram teores de 24,70 ± 1,65 µg g⁻¹ e 25,6 µg g⁻¹, respectivamente, demonstrando similaridade com acessos que compõe o grupo c da análise de Scott-Knott. Considerada fonte de carotenoides pela Tabela Brasileira de Composição de Carotenoides em Alimentos (2008), a cenoura crua contém 79,26 µg g⁻¹ de carotenoides totais (MEDEIROS et al., 2011), valor inferior ao teor médio obtido para os acessos de uvaia enquadrados no grupo a, que foi de 93,23 ± 2,49 µg

g^{-1} . Dessa forma, supõe-se que a uvaia pode ser considerada fonte interessante de carotenoides, podendo ser inserida na dieta da população brasileira, a fim de auxiliar no consumo mínimo diário de carotenoides e diversificar a dieta da população.

Segundo Amancio; Silva (2012) considera-se ideal o consumo de 9000,0 a 18000,0 μg de carotenoides totais por dia. Em 2012, o consumo médio de carotenoides totais pela população brasileira foi de 4117,0 μg por dia, aproximadamente duas vezes menor do que o menor consumo recomendado (AMANCIO; SILVA, 2012). Considerando o teor médio de carotenoides observados para os acessos de uvaia do grupo b ($53,67 \pm 4,78 \mu\text{g g}^{-1}$), peso médio da uvaia de aproximadamente 20,0 g (DA SILVA et al., 2018; FREITAS, 2017) e consumo médio diário de carotenoides de 4117,0 μg pela população brasileira, infere-se que o consumo de aproximadamente 5 uvaia complementaria o teor mínimo necessário de consumo de carotenoides, que é de 9000,0 μg . Mais estudos são necessários para confirmação do exposto, principalmente no que diz respeito a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos carotenoides da uvaia, mas os resultados apresentados servem como indício do potencial da fruta e ponto de partida para essas pesquisas.

O teor de compostos fenólicos foi dividido em dois grupos (a e b), de acordo com a análise de Scott-Knott (tabela 5). O menor teor observado foi do acesso 69, com $97,81 \pm 22,72 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$, enquanto o maior teor observado foi de $301,58 \pm 64,94 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$, do acesso 41. O acesso 69 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo b, enquanto o acesso 41 não diferiu estatisticamente dos acessos classificados no grupo a.

Em caracterização de 31 acessos de uvaia, provenientes de Inconfidentes – MG, Freitas (2017) verificou teores entre $125,51 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$ a $462,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$, valores coerentes com os observados nessa pesquisa. Em análises cromatográficas e espectroscópicas para o conteúdo de compostos fenólicos em uvaia, Da Silva et al. (2014) observaram a presença de alguns compostos fenólicos em maior quantidade, como ácido gálico ($27,5 \pm 1,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), galoil-bis-*HDDP* hexosídeo ($19,3 \pm 1,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e derivados do ácido gálico ($14,08 \pm 1,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), sendo o teor de compostos fenólicos totais $115,9 \pm 7,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

Frutas com o consumo já consolidados no mercado como a manga e o maracujá, apresentaram teores de compostos fenólicos inferiores ao da uvaia, sendo eles $60,0 \pm 26,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$ e $61,0 \pm 32,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$, respectivamente (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008). Os acessos de uvaia analisados apresentaram concentrações intermediárias (250 – 400 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ GAE}$) de compostos fenólicos, de acordo com a classificação proposta por Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008).

A capacidade antioxidante medida pelo método ABTS⁺⁺ apresentou teores médios entre $4,12 \pm 1,25 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox, $7,44 \pm 0,84 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox e $11,49 \pm 1,20 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox

(tabela 5). Foram observados na literatura teores de $6,07 \pm 0,29 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox e $18,0 \pm 0,8 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox para uvaia, coerentes com os observados nessa pesquisa (CASTELUCCI; DA SILVA; SPOTO, 2020; RUFINO et al., 2010). Quando comparada com outras frutas nativas, a uvaia pode apresentar teores próximos aos obtidos, para pitanga ($6,3 \pm 0,1 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox), goiaba ($5,14 \pm 0,06 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox) ou caju ($11,2 \pm 0,04 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox) ou valores inferiores, como é observado para grumixama ($29,41 \pm 2,96 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox), juçara ($78,3 \pm 13,3 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox) ou a acerola ($96,6 \pm 6,1 \mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox) (CASTELUCCI; DA SILVA; SPOTO, 2020; PRADO, 2009; RUFINO et al., 2010). Segundo a classificação proposta por Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008) os acessos analisados de uvaia apresentaram baixa capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} ($<20 \mu\text{molol g}^{-1}$ de trolox).

A análise multivariada de ACP juntamente com a análise de Scott-Knott permitiram a seleção dos acessos que se destacaram, visando a realização de análises adicionais de capacidade antioxidante. A ACP considerou as 4 variáveis analisadas em todos os acessos de uvaia, sendo elas vitamina C (VIT.C), carotenoides totais (CA), compostos fenólicos totais (CF) e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (ABTS). As reduções das variáveis a 2 componentes permitiram explicar 73,28% da variabilidade dos dados, sendo que o componente principal 1 (CP 1) correspondeu a 44,85% enquanto o componente principal 2 (CP 2) correspondeu a 28,43% (figura 7).

Figura 7. Análise de componentes principais (ACP) em 71 acessos de uvaia com projeção das variáveis no plano fatorial.

Todos os acessos que se concentraram no 1º quadrante do gráfico no plano fatorial (figura 8) foram selecionados para as próximas análises de capacidade antioxidante, uma vez que se

correlacionam positivamente com as variáveis de ABTS e CF, além de serem classificados no grupo que apresentou maior teor de compostos fenólicos (grupo a) (tabela 5) ou maior capacidade antioxidante pelo método ABTS (grupo a ou b), sendo eles: 5, 7, 17, 18, 22, 25, 33, 34, 38, 43, 45, 50, 52, 54, 57, 58, 59, 66 e 68, , sendo que o número corresponde ao número de identificação do acesso.

Figura 8. Análise de componentes principais (ACP) em 51 acessos de cambuci projeção dos acessos no plano fatorial.

4.4. Conclusão

Tanto o cambuci quanto a uvaia podem ser consideradas fontes de compostos bioativos (proantocianidinas para cambuci, carotenoides totais para uvaia, compostos fenólicos e vitamina C para ambos os frutos), uma vez que apresentam bioativos em quantidades superiores à de outras frutas amplamente consumidas. A capacidade antioxidante demonstrou correlação com o teor de compostos fenólicos. Supõe-se que o consumo regular do cambuci e da uvaia podem acarretar efeitos benéficos a saúde, além de diversificar a dieta da população com qualidade.

REFERÊNCIAS

- AL-DUAIS, M. et al. Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: use of different assays. **Eur Food Res Technol**, v. 228, p. 813–821, 2009.
- AMANCIO, R. D.; SILVA, M. V. DA. Consumo de carotenoides no Brasil: a contribuição da alimentação fora do domicílio. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n. 2, p. 130–141, 2012
- AMNUAYSIN, N.; SERAYPHEAP, K.; KIDYOO, M. Anatomical changes in peel structure of ‘Hom Thong’ banana during fruit development and ripening. **Tropical Natural History**, v. 12, n. 2, p. 127–136, 2012.
- ANDRADE, B. A. G. DE F.; FONSECA, P. Y. G. DA; LEMOS, F. **Cambuci – o fruto, o bairro, a rota: história, cultura, sustentabilidade e gastronomia**. 1. ed. São Paulo: Ourivesaria da Palavra, 2011.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007.
- BAGETTI, M. **Caracterização físico-química, compostos fenólicos majoritários da fruta e capacidade antioxidante da geleia de cambuci (*Campomanesia phea* O. Berg)**. [s.l.] UNICAMP, 2014.
- BIANCHINI, F. G. et al. Caracterização morfológica e química de frutos de cambucizeiro. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 10–18, 2016.
- BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº269, de 22 de setembro de 2005**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3>
- CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.
- CHEYNIER, V. Phenolic compounds: from plants to foods. **Phytochemistry Reviews**, p. 1–25, 2012.
- COELHO, M. S.; FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. DE LAS M. Association between diet, health, and the presence of bioactive compounds in foods. In: **Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 159–183.

- DA SILVA, A. P. G. et al. Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018.
- DA SILVA, N. A. et al. Phenolic Compounds and Carotenoids from Four Fruits Native from the Brazilian Atlantic Forest. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 5072–5084, 2014.
- DANTAS, J. I. A. et al. Biossíntese de vitaminas em frutos e hortaliças. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 22–37, 2012.
- DIAS, R. et al. Subtropical region cambuci accessions: characterization and jam processing potential. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 2, p. 307–314, 2018.
- DONADO-PESTANA, C. M. et al. Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 42–49, 1 fev. 2018.
- EGGERSDORFER, M.; WYSS, A. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 652, p. 18–26, 15 ago. 2018.
- FREITAS, T. DE P. **Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação**. [s.l.] USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- GU, L. et al. Concentrations of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumption. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 3, p. 613–617, 2004.
- KYAMUHANGIRE, W. et al. The microstructure and tannin content of banana fruit and their likely influence on juice extraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1908–1915, 2006.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. [s.l.: s.n.]. v. 148p. 350–382.
- LADDHA, A. P.; KULKARNI, Y. A. Tannins and vascular complications of diabetes: an update. **Phytomedicine**, v. 56, p. 229–245, 15 mar. 2019.
- MAHAJAN, M.; KUIRY, R.; PAL, P. K. Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 18, p. 100255, 1 set. 2020.
- MEDEIROS, G. R. et al. Evaluation of carotenoids in carrot and sensory analysis of cereal bars produced with dehydrated carrot. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 1, p. 306–313, 2011.
- MORAIS, D. C. M. et al. Análise de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante de casca e polpa de maçã e suas respectivas farinhas. **Revista Desafio**, v. 6. Especial, 2019.

- NARITA, S. et al. Dietary consumption of antioxidant vitamins and subsequent lung cancer risk: The Japan public health center-based prospective study. **International Journal of Cancer**, v. 142, n. 12, p. 2441–2460, 2018.
- NENADIS, N.; TSIMIDOU, M. Z. Assessing the activity of natural food antioxidants. In: **Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications: Understanding Mechanisms of Oxidation and Antioxidant Activity**. [s.l.] Elsevier Inc., 2010. p. 332–367.
- NEPA - UNICAMP. Tabela brasileira de composição de alimentos. **NEPA - Unicamp**, p. 161, 2011.
- PASTERNAK, T. et al. Complementary interactions between oxidative stress and auxins control plant growth responses at plant , organ , and cellular level. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 418, p. 1991–2001, 2005.
- PEREIRA, M. C. et al. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae Family. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 3061–3067, 2012.
- PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. D. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3. November, p. 146–152, 2012.
- PRADO, A. **Composição fenólica e capacidade antioxidante de frutas tropicais**. [s.l.] USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**. Brasília: [s.n.].
- ROJAS, J.; BUITRAGO, A. Antioxidant activity of phenolic compounds biosynthesized by plants and its relationship with prevention of neurodegenerative diseases. In: **Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 3–31.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 15 ago. 2010.
- SUN, B.; SILVA, J. M. R. DA; SPRANGER, I. Critical Factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 4267–4274, 1998.
- TESSMER, M. A. **Adstringência em frutos**. Disponível em: <<https://www.plantaconsciencia.com/post/adstringência-em-frutos>>. Acesso em: 25 jun. 2020.
- TOKAIRIN, T. DE O. et al. Cambuci: a native fruit from the Brazilian Atlantic forest showed nutraceutical characteristics. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p. 816–823, 2008.

- VISSERS, M. C. M.; DAS, A. B. Potential mechanisms of action for vitamin C in cancer: Reviewing the evidence. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. JUL, p. 1–13, 2018.
- VUOLO, M. M.; LIMA, V. S.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. In: **Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 33–50.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedure for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, p. 99–105, 1998.
- ZILLO, R. R. et al. Qualidade físico-química da fruta *in natura* e da polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 293–298, 2013.

5. DESATIVAÇÃO DE ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO POR ACESSOS DE CAMBUCI E UVAIA

RESUMO

A oxidação acontece normalmente durante os processos metabólicos, gerando radicais livres. Quando gerados em excesso, podem causar danos oxidativos, que estão relacionados a DCNT. A ingestão de antioxidantes naturais presentes nas frutas nativas pode auxiliar a defesa antioxidante do corpo no combate aos radicais livres, buscando o equilíbrio entre os dois. Para se demonstrar a capacidade de desativação de radicais livres e espécies reativas não radicalares é importante análises de pelo menos dois métodos com princípios distintos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi identificar a capacidade antioxidante de 12 acessos de cambuci e 19 de uvaia, previamente selecionados, por meio de métodos que avaliam a capacidade desativadora frente a espécies reativas de oxigênio existentes em organismos vivos. Assim foram realizadas análises da capacidade antioxidante pelo sequestro do radical peroxila ($\text{ROO}\bullet$) – ORAC e do ácido hipocloroso (HOCl). Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey. O cambuci apresentou melhores resultados pelo sequestro do radical $\text{ROO}\bullet$ (média de $9,17 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) enquanto a uvaia demonstrou maior capacidade para sequestrar o radical HOCl (média de $\text{EC}_{50} 7,81 \mu\text{g mL}^{-1}$). Ambas as frutas apresentaram correlação moderada entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante, sendo elas $r = 0,63$, para análise de capacidade antioxidante pelo método ORAC e vitamina C e $r = 0,52$ para análise $\text{ABTS}^{\bullet+}$ e compostos fenólicos, para o cambuci e a uvaia, respectivamente. Os resultados demonstram alta capacidade antioxidante para as duas frutas, inclusive maiores do que frutas comumente consumidas.

Palavras-chave: ORAC, Ácido hipocloroso, Radical livre, Peroxila

ABSTRACT

Oxidation normally occurs during metabolic processes, generating free radicals. When generated in excess, they can cause oxidative damage, which is related to NCDs. The intake of natural antioxidants present in native fruits can help the body's antioxidant defense in fighting free radicals, seeking a balance between them. To demonstrate the ability to deactivate free radicals and non-radical reactive species, it is important to analyze at least two methods with different principles. Thus, the objective of this work was to identify the antioxidant capacity of 12 cambuci and 19 uvaia accessions, previously selected, by means of methods that evaluate the deactivating capacity against reactive oxygen species in living organisms. Thus, analyzes of the antioxidant capacity were performed by sequestering the peroxy radical ($\text{ROO}\bullet$) – ORAC and hypochlorous acid (HOCl). The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's Test. Cambuci showed better results by sequestration of the $\text{ROO}\bullet$ radical (mean $9.17 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) while uvaia showed greater ability to sequester the HOCl radical (mean $\text{EC}_{50} 7.81 \mu\text{g mL}^{-1}$). Both fruits showed a moderate correlation between bioactive compounds and antioxidant capacity, being $r = 0.63$, for analysis of antioxidant capacity by the ORAC method and vitamin C and $r = 0.52$ for $\text{ABTS}^{\bullet+}$ analysis and phenolic compounds, for cambuci and uvaia, respectively. The results demonstrate a high antioxidant capacity for both fruits, even higher than commonly consumed fruits.

Keywords: ORAC, Hypochlorous acid, Free radical, Peroxyl

5.1. Introdução

Uma reação de oxidação ocorre quando há perda de um ou mais elétrons para outro composto. Para produção de energia são necessários O_2 e transferência de elétrons – a oxidação. Além da energia, o processo resulta em produção de radicais livres, como ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radical peroxila ($ROO^{\bullet}$) e ácido hipocloroso (HOCl), classificadas como espécies reativas de oxigênio (EROS). Os radicais livres são produzidos continuamente durante os processos metabólicos, atuando como mediadores da oxidação (ALVES et al., 2010; MASSARIOLI, 2019).

Em condições fisiológicas normais, os radicais livres e a defesa antioxidante estão em equilíbrio. Porém, se a produção de radicais livres ultrapassa a capacidade de defesa antioxidante, efeitos deletérios podem ser observados. O excesso de radical livre reagirá com outras moléculas, como lipídios, proteínas, DNA e membranas, causando alterações estruturais e na função celular, gerando o estresse oxidativo. O estresse oxidativo está relacionado com diversas DCNT, como câncer, Alzheimer, diabetes, envelhecimento precoce, doenças cardiovasculares, degenerativas e neurologias (ALVES et al., 2010; ROJAS; BUITRAGO, 2018).

Quando o sistema de defesa antioxidante do corpo é insuficiente para combater os radicais livres, são necessárias outras fontes antioxidantes para evitar o estresse oxidativo. Nesse contexto, surge o interesse em antioxidantes naturais, como por exemplo aqueles oriundos de frutas nativas. Os antioxidantes são substâncias que presentes em baixas concentrações quando comparadas com as biomoléculas que compõe a defesa antioxidante do corpo, sendo capazes de prevenir, retardar ou inibir a destruição oxidativa das biomoléculas (HUANG; OU; PRIOR, 2005; ROJAS; BUITRAGO, 2018).

A grande diversidade de radicais livres e suas diferentes formas de atuação nos organismos vivos dificultam a utilização de um método universal para avaliação da capacidade antioxidante. Dentre os métodos existentes, classificam-se dois grupos: metodologias que avaliam a peroxidação lipídica ou que medem a atividade de sequestro de radicais livres (ALVES et al., 2010; NENADIS; TSIMIDOU, 2010).

As diversas metodologias capazes de medir a capacidade antioxidante de uma amostra em relação a habilidade de sequestrar radicais livres, apresentam o mesmo princípio: um agente oxidante, um substrato antioxidante e uma estratégia de medida de inibição do agente oxidante (ALVES et al., 2010; SUCUPIRA et al., 2014). Segundo Nenadis; Tsimidou (2010) o grande enfoque nessas metodologias deve-se, principalmente, por este ser o principal mecanismo de ação dos compostos fenólicos, antioxidante natural mais abundante e consumido diariamente.

A escolha do método utilizado deve levar em consideração alguns critérios, como solubilidade e concentração do antioxidante e tipo do agente oxidante utilizado na análise, se

natural ou sintético, por exemplo (ALVES et al., 2010). Além disso, poucas conclusões podem ser obtidas apenas com uma análise sobre a capacidade antioxidante, sendo necessário a utilização de mais de uma metodologia para obtenção de resultados mais precisos (ROJAS; BUITRAGO, 2018).

Diferentemente da análise de capacidade antioxidante ABTS^{•+}, que utiliza um radical livre sintético, as análises pelo método ORAC (Oxygen peroxila Radical Absorbance Capacity) e sequestro do ácido hipocloroso (HOCl) utilizam radicais livres que são gerados nos processos biológicos do corpo humano, sendo eles o radical peroxila (ROO•) e o ácido hipocloroso (HOCl).

O ácido hipocloroso é um potente agente oxidante gerado nos neutrófilos – células sanguíneas leucocitárias. Acredita-se que sua produção no corpo humano constitui um importante mecanismo de defesa contra microrganismos. Porém seu excesso acarreta em danos nos tecidos, contribuindo com o desenvolvimento de aterosclerose e câncer (ALVES et al., 2010). Assim como o ácido hipocloroso, o radical peroxila também é um grande agente oxidante. Em sistemas biológicos são radicais livres iniciais, gerados em concentrações muito baixas e que sofrem rápidos rearranjos moleculares, formando outras espécies de radicais livres – responsáveis pelo início da reação em cadeia. Além disso, também estimulam a peroxidação lipídica por metais de transição (PRIOR, 2015).

Para ambas as análises, a técnica de decaimento da fluorescência de um composto fluorescente – sintético ou natural, é utilizada para medir a ação dos antioxidantes presentes nas frutas. O radical livre (ROO• ou HOCl), responsável por induzir a oxidação do composto fluorescente, tem sua ação retardada ou inibida pelo antioxidante, que doar átomos de hidrogênio, inibindo a perda da intensidade da fluorescência. Os resultados são obtidos através da diferença dos valores entre amostras que continham ou não continham antioxidante (ALVES et al., 2010; MASSARIOLI, 2019; NENADIS; TSIMIDOU, 2010; SUCUPIRA et al., 2014).

Resultados de capacidade antioxidante advindos de mais de uma metodologia incorporam mais segurança em relação aos conteúdos destes nas frutas avaliadas. Além disso, os resultados direcionarão quais acessos apresentam maior potencial para realização de outras análises, como capacidade antioxidante *in vivo* ou isolamento de compostos bioativos das frutas, além de estudos genéticos e de multiplicação dos acessos.

5.2. Material e métodos

5.2.1. Seleção de acessos

Após análise dos dados estatísticos foram selecionados 12 acessos de cambuci (21, 23, 25, 27, 28, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 49) e 19 acessos uvaia (5, 7, 17, 18, 22, 25, 33, 34, 38, 43, 45, 50, 52, 54,

57, 58, 59, 66 e 68), que se destacaram em relação a quantidade de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, para realização das análises de desativação de EROS.

5.2.2. Preparo dos extratos

Os extratos para análise de capacidade antioxidante foram preparados a partir da polpa da fruta congelada com solvente extrator (3:10 m/v), sendo o solvente metanol 80%. Foram centrifugados a 7.168 g, por 5 minutos, à 4°C. O sobrenadante foi filtrado, seguido da remoção do solvente extrator e toda água do extrato. A massa seca obtida foi suspensa em tampão fosfato 75 mM, pH 7,4, resultando numa concentração de 20 mg mL⁻¹ de extrato. Foram preparados 3 extratos por acesso selecionado. Adaptado de Soares et al. (2020).

5.2.3. Análise de capacidade antioxidante

Sequestro do radical peroxila (ORAC): a capacidade antioxidante dos acessos de cambuci e uvaia selecionados foram determinadas de acordo com o sequestro do radical peroxila (ROO•) – ‘Oxygen peroxila Radical Absorbance Capacity’ (ORAC). A análise consiste na medida do decréscimo da fluorescência da fluoresceína, durante um determinado período de tempo, como consequência da oxidação causada pelo radical ROO• (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001). Realizada de acordo com método descrito por Melo et al. (2015), uma alíquota de 30 µL de extrato, padrão ou controle (tampão fosfato 75 mM, pH 7,4) foram adicionados nos poços da microplaca de 96 poços. Então, foi adicionada uma alíquota de 60 µL de fluoresceína 508 nM e 110 µL de AAPH 76 mM. A reação ocorreu a 37 °C e as leituras da fluorescência foram realizadas a cada minuto durante 120 minutos, com Ex./Em. de 485nm/528nm. A curva de calibração foi construída utilizando padrão Trolox e os resultados foram expressos em equivalentes ao padrão (µmol g⁻¹ trolox de massa fresca). O efeito protetor dos extratos e do Trolox sobre a fluoresceína, que retarda o decaimento da fluorescência, foi calculada como a área líquida sob a curva (AUC_{net}) de acordo com as equações 1 e 2:

$$AUC = 1 + \left(\frac{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_1}{f_0} \right) \quad (1)$$

$$AUC_{net} = AUC_{extrato} \text{ ou } AUC_{padrão} - AUC_{controle} \quad (2)$$

Onde f_1, f_2, f_3, f_i são valores da fluorescência no tempo i ; f_0 é o valor da fluorescência no tempo 0. $AUC_{extrato}$, $AUC_{padrão}$ e $AUC_{controle}$ são os valores das áreas sob a curva do extrato, padrão e controle, respectivamente.

Sequestro do Ácido Hipocloroso (HOCl): a capacidade antioxidante pelo método do sequestro do ácido hipocloroso foi determinado por método descrito por Melo et al. (2015). A ação do extrato das frutas foi determinada através do monitoramento da oxidação do DHR 123 (dihidrorodamina) a rodamina 123, pelo HOCl. As leituras da fluorescência foram feitas em leitor de microplacas (Ex./ Em. de 528nm/485nm) imediatamente após a introdução da placa no equipamento. A reação foi conduzida a 37 °C entre os extratos, reagentes ou padrão, sendo 100 µL de tampão fosfato 100 mM pH 7,4; 100 µL de extrato ou padrão, em 5 concentrações; 50 µL da solução DHR123 7,5 µmol e 50 µL de HOCl µmol. Os resultados estão expressos em EC_{50} (mg mL⁻¹) e o padrão utilizado foi a quercetina.

5.2.4. Análise dos resultados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey, através do software Sisvar, visando avaliação das médias e classificação dos acessos. Além disso, também foram analisados por correlação de Pearson entre as análises de capacidade antioxidante e compostos bioativos das frutas, onde o coeficiente varia de -1 a 1. O sinal sugere o tipo de correlação entre as variáveis – negativa ou positiva, e quanto mais próximo de 0, menor a correlação entre as variáveis. Ainda, quando $0,00 < r < 0,30$, considera-se que a correlação é insignificante, $0,30 < r < 0,50$, uma baixa correlação entre as variáveis, $0,50 < r < 0,70$, moderada correlação entre as variáveis, $0,70 < r < 0,90$, alta correlação entre as variáveis e $0,90 < r < 1,00$, correlação muito alta entre as variáveis (FILHO; JÚNIOR, 2009; MUKAKA, 2012).

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Cambuci

A tabela 6 contém os resultados obtidos nas análises antioxidantes pelos métodos ORAC e sequestro do radical HOCl, para os acessos selecionados de cambuci.

Tabela 6. Capacidade antioxidante pelo método ORAC e sequestro do radical HOCl dos 12 acessos de cambuci selecionados (médias seguidas de desvio padrão).

Acesso	Variáveis			
	ORAC		HOCl	
21	8,77±0,69	a b	47,46±5,14	b c
23	4,57±0,66	b	61,18±3,72	a b c
25	8,00±0,49	a b	50,19±2,60	a b c
27	10,91±1,45	a b	62,90±7,82	a b
28	12,49±2,48	a	64,72±4,50	a
37	11,33±2,43	a b	67,27±4,50	a
40	11,00±1,80	a b	62,50±13,53	a b
41	8,85±2,78	a b	39,93±2,57	c
42	11,29±6,49	a b	46,69±3,06	a b c
43	6,93±1,27	a b	52,21±9,17	a b c
45	9,28±2,28	a b	47,20±5,48	a b c
49	6,58±1,75	a b	50,74±0,82	a b c
Média geral	9,17		53,91	
CV (%)	28,37		13,44	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Capacidade antioxidante ORAC: $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox; capacidade antioxidante pelo sequestro do radical HOCl: $\text{EC}_{50} \mu\text{g mL}^{-1}$; CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$) (one-way ANOVA e teste Tukey ao nível de 5%).

A capacidade antioxidante avaliada pelo método do sequestro do radical $\text{ROO}^\bullet$ variou de $4,57 \pm 0,66$ a $12,49 \pm 2,48 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, dos acessos 23 e 28, respectivamente (tabela 6). Somente esses acessos diferiram estatisticamente entre si. Todos os outros foram estatisticamente iguais entre si e entre os acessos 23 e 28. Dos 12 acessos analisados, apenas o 21 foi oriundo da cidade de Rio Grande da Serra – SP, enquanto os outros são oriundos ou de Paraibuna – SP (58,33% dos acessos) ou Juquitiba – SP (33,33% dos acessos) (apêndice A).

Em análises de cambuci oriundos de duas localidades e duas safras, Tokairin (2017) obteve teores superiores ao aferidos nessa pesquisa. A atividade de desativação do radical $\text{ROO}^\bullet$ foi de $30,62 \pm 6,35 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox na safra de 2015, para frutos de Salesópolis a $54,54 \pm 8,11 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox na safra de 2015, para os frutos de Natividade da Serra. Segundo a mesma autora, a variabilidade dos resultados pode ser justificada pela região e condições de cultivo dos acessos. Já Gonçalves (2008), obteve capacidade antioxidante pelo método ORAC de $182 \pm 8 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca para polpa de cambuci enquanto Gonçalves; Lajolo; Genovese (2010) obtiveram a capacidade antioxidante próxima a $100 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca para fruta. A média de $9,17 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em massa fresca equivale a $142,63 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca, indicando proximidade com a capacidade antioxidante apresentada em ambos os estudos.

Em 2010 o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos lançou a segunda versão do banco de dados de capacidade antioxidante pelo método ORAC, que compreende exatos 326

alimentos (USDA, 2010). Dentre os alimentos do banco de dados, o açaí, nativo da Amazônia brasileira, apresentou atividade do sequestro do radical ROO• de 102,7 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, cerca de 11 vezes mais capacidade antioxidante do que a média observada para os acessos de cambuci. Já para goiaba vermelha, pertencente à mesma família que o cambuci, foi observado atividade de 19,90 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, valor aproximadamente duas vezes maior que a média observada para o cambuci. Já o mamão papaia apresentou capacidade antioxidante 3,00 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, o melão cantaloupe 3,19 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, o abacaxi 5,62 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox e a banana 7,95 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, valores inferiores ao observado para média do cambuci (9,17 $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox), demonstrando potencial antioxidante diante de frutas comumente já consumidas no mundo todo.

Já a capacidade antioxidante medida pelo método do sequestro do radical HOCl, expressa em EC₅₀ (quantidade de amostra necessária para desativar 50% da espécie reativa HOCl) variou entre EC₅₀ 39,93±2,57 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (acesso 41) a EC₅₀ 67,27±4,50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (acesso 37), sendo que o acesso 41 diferiu estatisticamente apenas dos acessos 27, 28, 37 e 40 e o acesso 37 diferiu estatisticamente apenas dos acessos 21 e 41. Compreende-se que para resultados expressos em EC₅₀, quanto menor a concentração, maior a capacidade antioxidante para desativação do radical livre, pois atinge-se a desativação de 50% do radical com menos fruta.

Soares et al. (2020) obtiveram o valor de EC₅₀ de 74,14 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para cambucis oriundos de Caraguatatuba – SP, valor ligeiramente acima da média geral encontrada nessa pesquisa (EC₅₀ 53,91 $\mu\text{g mL}^{-1}$), porém coerente com os resultados. Quando comparado com outras frutas nativas do Brasil, como a pitangatuba (EC₅₀ 16,68 $\mu\text{g mL}^{-1}$) – nativa da Amazônia e pertencente à família Myrtaceae, ao araçá-boi (EC₅₀ 14,64 ± 3,07 $\mu\text{g mL}^{-1}$) – também pertencente à família Myrtaceae e nativa da Amazônia e a juquirioba (EC₅₀ 19,32 ± 1,39 $\mu\text{g mL}^{-1}$) – nativa da Mata Atlântica e do Cerrado brasileiro, o cambuci apresentou menor capacidade de desativação do radical HOCl (LAZARINI et al., 2020; SOARES et al., 2019, 2020). Porém, quando comparado com padrões como o 5-ácido cafeoilquínico (EC₅₀ 56,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$) e o Trolox (EC₅₀ 134,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$) e ao piquiá – nativo da Amazônia (EC₅₀ 199,00 ± 29,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$) os acessos de cambuci apresentaram maior capacidade antioxidante (CHISTÉ et al., 2012; RODRIGUES; MARIUTTI; MERCADANTE, 2013).

Foi observada moderada correlação entre o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} ($r = 0,50$) e entre o teor de vitamina C e a capacidade de desativação do radical ROO• ($r = 0,63$). Castelucci, Da Silva, Spoto (2020) também reportaram moderada correlação entre o teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante por ABTS^{•+} ($r = 0,68$), para 4 frutas nativas, entre elas o cambuci e a uvaia. Thaipong et al. (2006) aferiram correlação moderada entre teor de vitamina C e atividade antioxidante pelo método ORAC ($r =$

0,61) em estudos atividade antioxidante em goiaba, concordando com os resultados obtidos nessa pesquisa.

Tabela 7. Correlação (r) entre a capacidade antioxidante obtida por diferentes métodos e o teor de composto bioativos dos acessos de cambuci.

Compostos Bioativos	Capacidade Antioxidante		
	ABTS ⁴	ORAC ⁵	HOCl ⁶
CF ¹	0,50	-0,28	-0,21
VIT.C ²	0,36	0,63	0,33
PA ³	-0,30	0,33	0,34

¹Compostos fenólicos (CF), ²vitamina C (VIT.C), ³proantocianidinas (PA), ⁴capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (ABTS), ⁵capacidade antioxidante pelo método ORAC (ORAC), ⁶capacidade antioxidante pelo método do sequestro do radical ácido hipocloroso (HOCl).

5.3.2. Uvaia

A tabela 8 contém os resultados obtidos nas análises antioxidantes pelos métodos ORAC e sequestro do radical HOCl, para os acessos selecionados de cambuci.

Tabela 8. Capacidade antioxidante pelo método ORAC e sequestro do radical HOCl dos 19 acessos de uvaia selecionados (médias seguidas de desvio padrão).

Acesso	Variáveis			
	ORAC		HOCl	
5	8,42±1,67	a b	8,76±0,84	a b c d
7	7,16±0,63	a b	9,81±1,24	a b
17	8,58±1,69	a b	11,35±1,67	a
18	8,67±1,49	a b	5,06±3,17	a b
22	6,09±1,48	a b	9,44±1,54	a b
25	3,43±1,45	b	7,07±1,16	b c d
33	5,49±1,38	a b	6,17±1,42	b c d
34	3,36±0,95	b	7,28±1,23	b c d
38	4,59±1,06	b	7,32±1,02	b c d
43	11,68±6,97	a	7,72±0,47	a b c d
45	7,90±3,25	a b	9,84±,89	a b
50	3,09±0,42	b	5,05±0,32	d
52	8,41±2,21	a b	9,29±0,98	a b
54	4,61±1,33	b	8,28±1,62	a b c d
57	5,68±1,89	a b	6,79±0,63	b c d
58	2,27±1,03	b	9,03±0,91	a b c
59	5,72±0,84	a b	9,65±0,78	a b
66	4,25±0,24	b	4,87±0,28	d
68	3,07±0,20	b	5,89±0,53	b c d
Média geral	5,92		7,82	
CV (%)	36,86		16,46	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}: $\mu\text{molol g}^{-1}$ de trolox; capacidade antioxidante ORAC: $\mu\text{mol g}^{-1}$ trolox; capacidade antioxidante pelo sequestro

do radical HOCl: EC_{50} $\mu\text{g mL}^{-1}$; CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$) (one-way ANOVA e teste Tukey ao nível de 5%).

A menor capacidade antioxidante pelo sequestro do radical $\text{ROO}\bullet$ para os acessos de uvaia foi do acesso 58 ($2,27 \pm 1,03 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox), que não diferiu estatisticamente dos outros acessos, exceto do acesso 43 ($11,68 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) – que apresentou maior capacidade antioxidante e não diferiu estatisticamente dos acessos 5, 7, 17, 18, 22, 33, 45, 52, 57 e 59 (tabela 8).

A média geral para essa análise foi de $5,92 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em massa fresca, equivalente a $107,63 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca. Em pesquisa sobre potencial funcional da polpa e semente da uvaia, Farias et al. (2020) obtiveram capacidade antioxidante pelo sequestro do radical $\text{ROO}\bullet$ de $49,42 \pm 5,67 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox e $98,58 \pm 15,26 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca, para polpa e semente, respectivamente. Se comparada aos resultados obtidos para a polpa, a capacidade antioxidante média observada nesta pesquisa foi aproximadamente 2 vezes maior. Da Silva et al. (2018) reportaram capacidade antioxidante pelo método ORAC para uvaia entre $137,9 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox a $170,9 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox em base seca, valores próximos ao avaliados nesta pesquisa. Ainda, Da Silva et al. (2019), em análises antioxidantes pelo mesmo método para 6 diferentes acessos de uvaia, obteve teores de $44,8 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, $85,9 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, $126,7 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, $108,8 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, $161,2 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox e $64,2 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox, todos em base seca, para os seguintes acessos: ‘Comum’, ‘Rugosa’, ‘Doce de Patos de Minas’, ‘Pêra’, ‘Rugosa Doce’ e ‘Dura’, respectivamente. A capacidade antioxidante do acesso ‘Pêra’ foi a que mais se aproximou da média obtida para os acessos aqui analisados. Segundo Da Silva et al. (2018) esses resultados demonstram atividade para desativação do radical $\text{ROO}\bullet$ intermediária.

Em relação a frutas já consumidas pela população, como melancia ($1,42 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox), mamão papaia ($3,00 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) e o melão cantaloupe ($3,19 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) a uvaia apresentou valor médio de atividade de sequestro do radical $\text{ROO}\bullet$ superior, enquanto que para outras frutas, como morango ($43,02 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox), laranja ($21,03 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox) e pêssego ($19,22 \mu\text{mol g}^{-1}$ trolox), apresentou valor médio inferior (USDA, 2010).

Diferentemente dos acessos analisados de cambuci, que apresentaram maior capacidade antioxidante para desativar o radical $\text{ROO}\bullet$, os acessos de uvaia apresentaram menores valores de desativação do mesmo radical. Supõe-se que a diferença observada seja resultado da composição antioxidante dos acessos de uvaia, que compreende alta quantidade de carotenoides. Apesar da análise fornecer dados confiáveis sobre a capacidade antioxidante de moléculas hidrofílicas e lipofílicas, o meio da reação da análise ORAC é exclusivamente aquoso, o que diminuí a identificação da ação de antioxidantes lipofílicos, como os carotenoides (HUANG et al., 2002;

HUANG; OU; PRIOR, 2005). A adaptação do método ORAC feita por Huang et al. (2002) para identificação da capacidade antioxidante de compostos lipofílico foi validado por meio dos bons resultados, exatidão e precisão, podendo ser uma alternativa para futuras avaliações da capacidade antioxidante pelo método ORAC para os acessos de uvaia.

Em relação a capacidade antioxidante de desativação do radical HOCl, os acessos de uvaia apresentaram EC_{50} médio de $7,82 \mu\text{g mL}^{-1}$. A maior capacidade antioxidante observada foi para o acesso 66 ($EC_{50} 4,87 \pm 0,28 \mu\text{g mL}^{-1}$), que não diferiu estatisticamente dos acessos 5, 25, 33, 34, 38, 43, 50, 54, 57 e 68. Já o maior teor observado foi para o acesso 17 ($EC_{50} 11,35 \pm 1,67 \mu\text{g mL}^{-1}$), que, portanto, apresentou menor capacidade de desativação do radical HOCl. Ele não diferiu estatisticamente dos acessos 5, 7, 18, 22, 43, 45, 52, 54, 58 e 59. Vale ressaltar que de todos os acessos oriundos de Cabo Verde – MG, apenas o acesso 66 e 68 (apêndice B) foram selecionados para essas análises de capacidade antioxidante. Ambos os acessos demonstraram alta capacidade de desativação do radical HOCl, principalmente o acesso 66.

Sabendo que o radical livre HOCl vem sendo relacionado ao estresse oxidativo associado a DCNT como aterosclerose, câncer e doenças degenerativas (SOARES et al., 2020), estabelece-se a necessidade de identificar fontes de antioxidantes naturais que previnam sua formação ou o desativem. Quando comparada à média geral do cambuci ($EC_{50} 53,91 \mu\text{g mL}^{-1}$) – obtidos nessa pesquisa, a média geral da uvaia apresentou cerca de 6 vezes mais capacidade de inativação do radical HOCl.

Ainda, a uvaia apresentou maior capacidade de desativação do radical HOCl do que diversas frutas nativas do Brasil pouco conhecidas, como ao sapota-do-Solimões ($EC_{50} 22,00 \pm 1,00 \mu\text{g mL}^{-1}$) – encontrado na região do Alto Solimões, na Amazônia, ao cajá ($EC_{50} 13,68 \pm 0,63 \mu\text{g mL}^{-1}$) – nativo da Amazônia, ao maná-cubiu ($EC_{50} 13,08 \pm 0,80 \mu\text{g mL}^{-1}$) – nativa também da região da Amazônia e ao jaracatiá-mamão ($16,61 \pm 1,63 \mu\text{g mL}^{-1}$) – originário da Mata Atlântica (BERTO et al., 2015; RODRIGUES; MARIUTTI; MERCADANTE, 2013; SOARES et al., 2019, 2020).

Além disso, demonstrou potencial de desativação do radical HOCl cerca de 7 vezes maior do que o padrão ácido cafeoilquínico ($EC_{50} 56,00 \mu\text{g mL}^{-1}$) e 17 vezes maior o Trolox ($EC_{50} 134,00 \mu\text{g mL}^{-1}$) (RODRIGUES; MARIUTTI; MERCADANTE, 2013). Os resultados demonstram a excelente capacidade dos acessos de uvaia em eliminar o radical HOCl com baixas quantidades de antioxidantes presentes na fruta, seja em relação aos padrões ou a outras frutas nativas pouco exploradas.

Assim como para o cambuci, o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺ apresentaram correlação moderada ($r = 0,52$). Para as mesmas análises,

Castelucci, Da Silva, Spoto (2020) aferiram correlação de $r = 0,68$, para 4 frutas nativas – dentre as quais estavam a uvaia, concordando com os resultados obtidos aqui.

Tabela 9. Correlação (r) entre a capacidade antioxidante obtida por diferentes métodos e o teor de composto bioativos dos acessos de uvaia.

Compostos Bioativos	Capacidade Antioxidante		
	ABTS ⁴	ORAC ⁵	HOCl ⁶
CF ¹	0,52	-0,03	-0,04
VIT.C ²	0,30	0,17	-0,10
CA ³	0,06	-0,06	0,06

¹Compostos fenólicos (CF), ²vitamina C (VIT.C), ³carotenoides (CA), ⁴capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (ABTS), ⁵capacidade antioxidante pelo método ORAC (ORAC), ⁶capacidade antioxidante pelo método do sequestro do radical ácido hipocloroso (HOCl).

5.4. Conclusão

Os resultados sobre capacidade antioxidante por 3 métodos diferentes, permitem concluir que o cambuci e a uvaia apresentam alta capacidade antioxidante. O cambuci apresentou melhores resultados no sequestro do radical sintético ABTS^{•+} e do radical ROO•, enquanto a uvaia demonstrou a grande capacidade de sequestrar o radical HOCl. Ambas as frutas apresentaram maiores capacidades antioxidantes do que frutas tradicionalmente consumidas.

Com a comprovação da capacidade de desativação de radicais livres *in vitro*, novas pesquisas podem ser desenvolvidas, como a capacidade antioxidante *in vivo*, biodisponibilidade e bioacessibilidade dos compostos bioativos e até estudos epidemiológicos que insiram o cambuci e a uvaia na dieta. Além disso, essa informação poderá servir de estímulo para consumo da fruta *in natura* ou para indústria, no desenvolvimento de novos produtos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202–2210, 2010.
- BERTO, A. et al. Bioactive compounds and scavenging capacity of pulp, peel and seed extracts of the Amazonian fruit *Quararibea cordata* against ROS and RNS. **Food Research International**, v. 77, p. 236–243, 1 nov. 2015.
- CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.
- CHISTÉ, R. C. et al. The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1740–1749, 1 dez. 2012.
- DA SILVA, A. P. G. et al. Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018.
- DA SILVA, A. P. G. et al. Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, n. April, p. 547–556, 2019.
- FARIAS, D. DE P. et al. Distribution of nutrients and functional potential in fractions of *Eugenia pyriformis*: An underutilized native Brazilian fruit. **Food Research International**, v. 137, p. 109522, 1 nov. 2020.
- FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. D. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009.
- GONÇALVES, A. E. D. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. [s.l.] USP/ Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2008.
- GONÇALVES, A. E. D. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 8, p. 4666–4674, 2010.
- HUANG, D. et al. Development and validation of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated β -cyclodextrin as the solubility enhancer. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 7, p. 1815–1821, 2002.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841–1856, 2005.

- LAZARINI, J. G. et al. Anti-inflammatory and antioxidant potential, in vivo toxicity, and polyphenolic composition of *Eugenia selloi* B.D.Jacks. (pitangatuba), a Brazilian native fruit. **PLoS ONE**, v. 15, n. 6, p. 1–16, 2020.
- MASSARIOLI, A. P. **Propriedades funcionais em genótipos de amendoim adaptados ao semiárido: capacidade de desativação de espécies reativas do oxigênio e acessibilidade de polifenóis**. [s.l.] USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- MELO, P. S. et al. Winery by-products: Extraction optimization, phenolic composition and cytotoxic evaluation to act as a new source of scavenging of reactive oxygen species. **Food Chemistry**, v. 181, p. 160–169, 15 ago. 2015.
- MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.
- NENADIS, N.; TSIMIDOU, M. Z. Assessing the activity of natural food antioxidants. In: **Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications: Understanding Mechanisms of Oxidation and Antioxidant Activity**. [s.l.] Elsevier Inc., 2010. p. 332–367.
- OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4619–4626, 2001.
- PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 797–810, 1 out. 2015.
- RODRIGUES, E.; MARIUTTI, L. R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and phenolic compounds from *Solanum sessiliflorum*, an unexploited amazonian fruit, and their scavenging capacities against reactive oxygen and nitrogen species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 12, p. 3022–3029, 2013.
- ROJAS, J.; BUITRAGO, A. Antioxidant activity of phenolic compounds biosynthesized by plants and its relationship with prevention of neurodegenerative diseases. In: **Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 3–31.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 15 ago. 2010.
- SOARES, J. C. et al. Comprehensive characterization of bioactive phenols from new Brazilian superfruits by LC-ESI-QTOF-MS, and their ROS and RNS scavenging effects and anti-inflammatory activity. **Food Chemistry**, v. 281, n. January, p. 178–188, 2019.

- SOARES, J. C. et al. Phenolic profile and potential beneficial effects of underutilized Brazilian native fruits on scavenging of ROS and RNS, and anti-inflammatory and antimicrobial properties. **Food Function**, p. 0–38, 2020.
- SUCUPIRA, N. R. et al. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2014.
- THAIPONG, K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 669–675, 1 set. 2006.
- TOKAIRIN, T. DE O. **Caracterização e conservação pós-colheita de cambuci, fruto nativo da Mata Atlântica**. [s.l.] USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- USDA, United States Department of Agriculture. **USDA Database for the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2**U.S. Department of Agriculture (USDA), 2010. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15866>>.

APENDICÊS

APÊNDICE A.

Acessos e municípios de coleta dos 51 acessos de Cambuci

Acessos	Cambuci		Acessos	Cambuci	
	Município	Clima ¹		Município	Clima ¹
1	Paraibuna	Cfb	27	Paraibuna	Cfb
2	Paraibuna	Cfb	28	Paraibuna	Cfb
3	Paraibuna	Cfb	29	Paraibuna	Cfb
4	Paraibuna	Cfb	30	Paraibuna	Cfb
5	Paraibuna	Cfb	31	Ribeirão Pires	Cfa
6	Paraibuna	Cfb	32	Ribeirão Pires	Cfa
7	Paraibuna	Cfb	33	Paranapiacaba	Cfa
8	Mogi das Cruzes	Cwa	34	Ribeirão Pires	Cfa
9	Mogi das Cruzes	Cwa	35	Paraibuna	Cfb
10	Mogi das Cruzes	Cwa	36	Paraibuna	Cfb
11	Mogi das Cruzes	Cwa	37	Paraibuna	Cfb
12	Mogi das Cruzes	Cwa	38	Mogi das Cruzes	Cwa
13	Mogi das Cruzes	Cwa	39	Paranapiacaba	Cfa
14	Juquitiba	Cfa	40	Juquitiba	Cfa
15	Juquitiba	Cfa	41	Juquitiba	Cfa
16	Juquitiba	Cfa	42	Juquitiba	Cfa
17	Juquitiba	Cfa	43	Juquitiba	Cfa
18	Juquitiba	Cfa	44	Paraibuna	Cfb
19	Juquitiba	Cfa	45	Paraibuna	Cfb
20	Rio Grande da Serra	Cfa	46	Paraibuna	Cfb
21	Rio Grande da Serra	Cfa	47	Paraibuna	Cfb
22	Rio Grande da Serra	Cfa	48	Paraibuna	Cfb
23	Paraibuna	Cfb	49	Paraibuna	Cfb
24	Paraibuna	Cfb	50	Paraibuna	Cfb
25	Paraibuna	Cfb	51	Paraibuna	Cfb
26	Salesópolis	Cfa			

¹Classificação climática de Köppen (KOTTEK et al., 2006)

APÊNDICE B.

Acessos e municípios de coleta dos 71 acessos de Uvaia

Acessos	Uvaia		Acessos	Uvaia	
	Município	Clima ¹		Município	Clima ¹
1	Cabo Verde	Cwa	37	Cabo Verde	Cwa
2	Cabo Verde	Cwa	38	Cabo Verde	Cwa
3	Cabo Verde	Cwa	39	Cabo Verde	Cwa
4	Cabo Verde	Cwa	40	Cabo Verde	Cwa
5	Cabo Verde	Cwa	41	Cabo Verde	Cwa
6	Cabo Verde	Cwa	42	Cabo Verde	Cwa
7	Cabo Verde	Cwa	43	Cabo Verde	Cwa
8	Cabo Verde	Cwa	44	Cabo Verde	Cwa
9	Cabo Verde	Cwa	45	Cabo Verde	Cwa
10	Cabo Verde	Cwa	46	Cabo Verde	Cwa
11	Cabo Verde	Cwa	47	Cabo Verde	Cwa
12	Cabo Verde	Cwa	48	Cabo Verde	Cwa
13	Cabo Verde	Cwa	49	Cabo Verde	Cwa
14	Cabo Verde	Cwa	50	Cabo Verde	Cwa
15	Cabo Verde	Cwa	51	Cabo Verde	Cwa
16	Cabo Verde	Cwa	52	Cabo Verde	Cwa
17	Cabo Verde	Cwa	53	Cabo Verde	Cwa
18	Cabo Verde	Cwa	54	Cabo Verde	Cwa
19	Cabo Verde	Cwa	55	Cabo Verde	Cwa
20	Cabo Verde	Cwa	56	Cabo Verde	Cwa
21	Cabo Verde	Cwa	57	Cabo Verde	Cwa
22	Cabo Verde	Cwa	58	Cabo Verde	Cwa
23	Cabo Verde	Cwa	59	Cabo Verde	Cwa
24	Cabo Verde	Cwa	60	Inconfidentes	Cwa, Cwb
25	Cabo Verde	Cwa	61	Inconfidentes	Cwa, Cwb
26	Cabo Verde	Cwa	62	Inconfidentes	Cwa, Cwb
27	Cabo Verde	Cwa	63	Inconfidentes	Cwa, Cwb
28	Cabo Verde	Cwa	64	Inconfidentes	Cwa, Cwb
29	Cabo Verde	Cwa	65	Inconfidentes	Cwa, Cwb
30	Cabo Verde	Cwa	66	Inconfidentes	Cwa, Cwb
31	Cabo Verde	Cwa	67	Inconfidentes	Cwa, Cwb
32	Cabo Verde	Cwa	68	Inconfidentes	Cwa, Cwb
33	Cabo Verde	Cwa	69	Inconfidentes	Cwa, Cwb
34	Cabo Verde	Cwa	70	Inconfidentes	Cwa, Cwb
35	Cabo Verde	Cwa	71	Inconfidentes	Cwa, Cwb
36	Cabo Verde	Cwa			

¹Classificação climática de Köppen (KOTTEK et al., 2006)