



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

SHEYLA DE LIZ BAPTISTA

EFEITO DO CONSUMO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) E DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart.) SOBRE BIOMARCADORES METABÓLICOS E DE ESTRESSE OXIDATIVO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS – um ensaio clínico randomizado cruzado de 4 semanas

FLORIANÓPOLIS

2020

Sheyla de Liz Baptista

EFEITO DO CONSUMO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) E DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart.) SOBRE BIOMARCADORES METABÓLICOS E DE ESTRESSE OXIDATIVO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS – um ensaio clínico randomizado cruzado de 4 semanas

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de Doutora em Nutrição.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Faria Di Pietro

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Baptista, Sheyla de Liz

Efeito do consumo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis - um ensaio clínico randomizado cruzado de 4 semanas / Sheyla de Liz Baptista ; orientadora, Patricia Faria Di Pietro, 2020.

145 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós Graduação em Nutrição, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Nutrição. 2. Antocianinas. 3. Berries. 4. Estudo de intervenção. I. Di Pietro, Patricia Faria . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Nutrição. III. Título.

Sheyla de Liz Baptista

Efeito do consumo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis – um ensaio clínico randomizado cruzado de 4 semanas

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profª. Graciele da Silva Campelo Borges, Dra.
Universidade Federal da Paraíba

Profª. Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Yara Maria Franco Moreno, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Nutrição.

Profª. Patricia Faria Di Pietro, Dra.
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Nutrição

Profª. Patricia Faria Di Pietro, Dra.
Orientadora

Florianópolis, agosto de 2020.

Aos meus amores Julio César, Giane e Rafael.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, à **Nossa Senhora Aparecida**, à **Nossa Senhora das Graças** e à **Santa Paulina**, pelo amparo e proteção em todos os momentos, especialmente naqueles mais difíceis, permitindo a constante evolução intelectual e moral.

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, pelas oportunidades e conhecimentos ofertados a mim. Desde sempre sonhei estudar na UFSC pelo ensino público de excelência, e hoje, já são mais de 12 anos, entre graduação e pós-graduação, que convivo nesse ambiente, e sinto-me muito feliz por ter feito parte dessa história! **#OrgulhoDeSerUFSC**

Ao **Programa de Pós-Graduação em Nutrição**, pelo apoio e subsídios para que esta tese fosse possível, e aos **docentes do PPGN** pelos ensinamentos proporcionados.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**, pela concessão da bolsa de estudo, com a qual foi possível dedicação integral ao doutorado.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico** pelo financiamento obtido, e à empresa **Duas Rodas**, pela doação dos alimentos utilizados neste estudo.

À professora **Patricia Faria Di Pietro**, minha orientadora, por me acolher em seus projetos, por acreditar em meu potencial, e por incentivar os nossos trabalhos. Muito obrigada pela oportunidade e orientação!

Às professoras **Francilene** e **Patricia H.** pelo apoio, pelas conversas e importantes contribuições na tese. Aos professores **Edson**, **Gustavo** e **Roseane** pela parceria e disponibilidade de seus laboratórios para realizar análises importantes para este estudo. Às professoras membros das bancas de qualificação do projeto e da defesa da tese (**Graciele**, **Renata**, **Yara**, **Sandra**, **Débora**, **Francilene** e **Vilma**) pela disponibilidade e importantes contribuições ao trabalho.

Aos **voluntários do estudo** por aceitar participar, pelo esforço e dedicação, contribuindo para a evolução da ciência.

Às amigas **Alyne** e **Cândice**, pelo companheirismo, auxílio, incentivo, desabafos... por estarem sempre prontas para me ajudar, e por muito contribuírem nesta tese!

Às amigas **Raquel** e **Simone**, por terem dividido comigo as aflições e as alegrias desta caminhada, tornando a trajetória mais motivadora e amigável.

Às doutorandas da turma de 2015, **Ana Cláudia, Anabelle, Cassiani, Liliana e Rafaela**, companheiras de angústias e alegrias, que deixaram essa jornada muito menos árdua. Foi um presente nossos caminhos terem se cruzado nessa jornada!

A toda a **minha família**, especialmente minha mãe, **Giane**, e meu irmão, **Rafael**. Família, presente de Deus em minha vida, que sempre rezou, torceu e acreditou em mim. Que entendeu a minha ausência em muitos momentos. Que esteve sempre disponível para me ajudar nos momentos difíceis, e que vibrou comigo em cada conquista. Que proporcionou as energias para que eu conseguisse seguir em frente!

Ao meu marido, amigo, companheiro, **Julio César**, por estar sempre ao meu lado, nos momentos de angústia e de felicidade. Que sempre me incentiva e acredita em mim. Obrigada por compartilhar a vida comigo! Te amo!

Muito obrigada **a todos** que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese de doutorado!

“Só conseguimos enxergar os detalhes quando estamos presentes”.

(Meditantes, 2019)

“Nunca, jamais desanimeis, embora venham ventos contrários”.

(Santa Paulina)

RESUMO

Baptista, Sheyla de Liz. **Efeito do consumo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis – um ensaio clínico randomizado cruzado de 4 semanas.** Tese (doutorado em Nutrição). Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

Açaí (*E. oleracea*) e juçara (*E. edulis*) são *berries* considerados fonte de compostos bioativos, especialmente antocianinas e ácidos graxos insaturados, com atividades reconhecidas de promoção da saúde. Estudos em humanos que investigaram os efeitos biológicos da ingestão de açaí e juçara têm mostrado que esses alimentos podem exercer efeitos benéficos em marcadores do estresse oxidativo, metabólico e de inflamação. No entanto, são limitados os ensaios clínicos que avaliaram o efeito do consumo desses *berries* nestes desfechos, além da ausência de um ensaio clínico de médio / longo prazo investigando os efeitos do consumo de juçara sobre atividade antioxidante, perfil lipídico e glicêmico, bem como comparando os efeitos da ingestão desses alimentos. Diante disso, o objetivo desta tese de doutorado foi avaliar os efeitos da ingestão de açaí e de juçara na glicemia de jejum, perfil lipídico e biomarcadores do estresse oxidativo em indivíduos saudáveis. Um ensaio clínico randomizado cruzado com intervenção alimentar por quatro semanas foi conduzido entre julho e dezembro de 2016, em Florianópolis-SC, com 30 indivíduos adultos saudáveis. Os participantes receberam 200 mL / dia de polpa de açaí ou de juçara durante quatro semanas, com um período de intervalo também de quatro semanas entre o consumo das polpas. Antes e após cada intervenção nutricional, foram avaliados: glicemia de jejum, colesterol total, triglicerídeos, lipoproteína de alta densidade-colesterol (HDL-c), lipoproteína de baixa densidade-colesterol (LDL-c), LDL-c pequena e densa (sd-LDL-c), capacidade antioxidante total (TAC), estado oxidante total (TOS), índice de estresse oxidativo (IEO), ácido úrico e atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathiona peroxidase (GPx). Os biomarcadores não foram diferentes significativamente entre as intervenções com açaí e juçara ($P > 0,05$). Na avaliação intra-grupo, açaí e juçara aumentaram as concentrações de HDL-c em 7,7% [62,5 (3,5) vs. 67,3 (3,5) mg/dL, $P = 0,049$] e 11,4% [62,3 (3,6) vs. 69,4 (3,4) mg/dL, $P = 0,018$], respectivamente. Em comparação ao basal, a ingestão de açaí promoveu aumento significativo de 66,7% na TAC [0,3 (0,0) vs. 0,5 (0,0), $P < 0,001$], 275,1% na CAT [112,8 [98,3; 483,9] vs. 423,1 [364,4; 536,2], $P = 0,005$], 15,3% na GPx [7,2 (0,4) vs. 8,3 (0,3), $P = 0,011$], e diminuição de 55,7% no IEO [41,1 [21,4; 88,1] vs. 18,2 [12,8;

28,6], P = 0,002]. A ingestão de juçara aumentou em aproximadamente 15,0% a atividade de CAT [392,9 [96,3; 554,9] vs. 450,4 [343,3; 560,6], P = 0,017], em relação ao basal. Em conclusão, a ingestão regular de açaí ou de juçara pode representar impacto positivo nos níveis de HDL-c, bem como na atividade das enzimas antioxidantes, com efeitos antioxidantes mais pronunciados após o consumo de açaí, podendo contribuir para a saúde cardiovascular. Além do estudo original, uma revisão integrativa de literatura, com busca sistemática, foi realizada a fim de identificar os ensaios clínicos publicados que avaliaram os efeitos biológicos da ingestão de açaí e / ou juçara no organismo humano. Foram identificados 23 ensaios clínicos que avaliaram alguma atividade biológica após a ingestão de açaí e / ou juçara, publicados até 12 de abril de 2020. Os estudos avaliaram os efeitos biológicos do açaí (n = 17), juçara (n = 5) ou de ambos simultaneamente (n = 1; estudo publicado com os resultados originais da presente tese). Os resultados sugerem que ambos os *berries* podem contribuir para melhorar a defesa antioxidante e atenuar o estresse metabólico e a inflamação, porém ainda é reduzido o número de estudos em humanos. Adicionalmente, observou-se que os estudos apresentavam heterogeneidade metodológicas e poucos estudos exploravam os efeitos dos compostos bioativos presentes na matriz alimentar fornecida nas intervenções. Futuras pesquisas devem ser realizadas a fim de fortalecer as evidências atuais nos desfechos já investigados, incluindo análises comparativas entre açaí e juçara.

Palavras-chave: Antocianinas. Atividade antioxidante. *Berries*. Efeitos biológicos. Estudo de intervenção. Lipoproteínas.

ABSTRACT

Baptista, Sheyla de Liz. **Effect of intake of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and juçara (*Euterpe edulis* Mart.) on metabolic and oxidative stress biomarkers in healthy subjects – a 4-week randomized cross-over study.** Doctoral dissertation (PhD in Nutrition). Nutrition Post-Graduate Program, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, 2020.

Açai (*E. oleracea*) and juçara (*E. edulis*) are berries, considered a source of bioactive compounds, especially anthocyanins and unsaturated fatty acids, with recognized health-promoting activities. Human studies that investigated the biological effects of açai and juçara intake have shown that these berries can have beneficial effects on oxidative stress, metabolic, and inflammatory biomarkers. However, clinical trials that have investigated the possible biological effects of these berries intake on humans are limited. Besides that, there is a lack to medium / long-term clinical trials investigating the effects of juçara intake on antioxidant activity, and lipid and glycemic profile in healthy subjects. Furthermore, no published human clinical trials comparing the intake effects of these two berries were found. Therefore, this doctoral dissertation aim to evaluate the effects of the moderate-term intake of açai and juçara pulps on fasting glucose, lipid profile, and oxidative stress biomarkers in healthy subjects. A randomized cross-over, single-blind clinical trial with food intervention for 4 weeks was performed between July and December 2016, in Florianopolis-SC, with 30 healthy adults. The subjects were assigned to drink 200 mL / day of açai or juçara pulp for 4 weeks with a 4-week washout period. Before and after each nutritional intervention, blood samples were obtained to evaluate the outcomes: fasting glucose, total cholesterol, triglycerides, high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-c), low-density lipoprotein-cholesterol (LDL-c), small, dense LDL-c (sd-LDL-c), total antioxidant capacity (TAC), total oxidant status (TOS), oxidative stress index (OSI), uric acid, and activity of the enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx). Biomarkers were not significantly different between açai and juçara interventions ($P > 0.05$). In the intragroup analysis, açai and juçara juices increased the concentrations of HDL-c by 7.7% [62.5 (3.5) vs. 67.3 (3.5) mg/dL, $P=0.049$] and 11.4% [62.3 (3.6) vs. 69.4 (3.4) mg/dL, $P = 0.018$], respectively. Compared to baseline, açai juice intake promoted significant increases in TAC [66.7%; 0.3 (0.0) vs. 0.5 (0.0), $P < 0.001$], CAT [275.1%; 112.8 [98.3; 483.9] vs. 423.1 [364.4; 536.2], $P = 0.005$], GPx [15.3%; 7.2 (0.4) vs. 8.3 (0.3), $P = 0.011$], and a decrease in OSI [55.7%; 41.1 [21.4; 88.1] vs. 18.2 [12.8; 28.6], $P = 0.002$]. Juçara juice intake significantly increased CAT activity [~15.0%; 392.9 [96.3; 554.9] vs. 450.4 [343.3; 560.6], $P = 0.017$] in relation to baseline. In

conclusion, the regular intake of açaí or juçara can have a positive impact on the HDL-c levels, as well as on the antioxidant enzymes activities, with more pronounced antioxidant effects after açaí intake. These results may contribute to cardiovascular health. Moreover, an integrative review using a systematic search was conducted to identify available clinical trials that evaluated the effects of the intake of açaí and juçara berries in the human organism. Twenty-three clinical trials that evaluated any biological activities after açaí and / or juçara intake until to April 12, 2020 were identified. Studies evaluated the biological effects of açaí (n = 17), juçara (n = 5), or both berries simultaneously (n = 1; published study with the original results of this doctoral dissertation). These trials suggest that both types of berries may contribute to improved antioxidant defense, and to attenuate metabolic stress and inflammation. However, the number of studies in humans is reduced. Additionally, it was observed methodological heterogeneity in the studies, and the food matrix provided were not explored in the most studies. More clinical trials are encouraged in order to strengthen the current evidence on the outcomes already investigated, including comparative analysis between açaí and juçara.

Keywords: Anthocyanins. Antioxidant activity. Berries. Biological effects. Intervention study. Lipoproteins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Palmeiras <i>Euterpe edulis</i> (A), <i>Euterpe precatoria</i> (B) e <i>Euterpe oleracea</i> (C).	18
Figura 2 – Frutos das palmeiras <i>Euterpe edulis</i> (A), <i>Euterpe precatoria</i> (B) e <i>Euterpe oleracea</i> (C).	18
Figura 3 – Reações químicas em que há participação das enzimas antioxidantes catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) e superóxido dismutase (SOD).....	30
Figura 4 – Classificação dos principais compostos fenólicos, especialmente dos flavonoides e antocianinas.	32
Figura 5 – Estrutura das antocianinas mais comuns.	33
Figura 6 – Estrutura dos ácidos graxos insaturados oleico (A) e linoleico (B).	38
Figura 7 – Fluxograma do estudo.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estado da arte referente a ensaios clínicos que avaliaram o consumo de médio a longo prazo de açaí (<i>Euterpe oleracea</i>) e de juçara (<i>Euterpe edulis</i>) sobre desfechos biológicos.	43
Quadro 2 – Composição nutricional e propriedades antioxidantes <i>in vitro</i> das polpas de açaí e juçara (200 mL).	58
Quadro 3 – Descrição das variáveis, suas dimensões e classificação teórica.	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	<i>EUTERPE OLERACEA E EUTERPE EDULIS</i>	17
2.1.1	Produção e consumo de açaí e de juçara.....	17
2.1.2	Composição nutricional e capacidade antioxidante de açaí e de juçara	22
2.2	RADICAIS LIVRES, ESTRESSE OXIDATIVO E ANTIOXIDANTES	27
2.3	ANTOCIANINAS: POTENCIAL ANTIOXIDANTE E RELAÇÃO COM PARÂMETROS METABÓLICOS	33
2.4	ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E EFEITO CARDIOMETABÓLICO.....	37
2.5	AÇAÍ E JUÇARA: EFEITOS BIOLÓGICOS	39
3	JUSTIFICATIVA, ORIGINALIDADE, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÕES PARA O CONHECIMENTO.....	47
4	OBJETIVOS	49
4.1	OBJETIVO GERAL	49
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
5	MÉTODOS.....	50
5.1	INSERÇÃO DO ESTUDO	50
5.2	MÉTODO DO ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO.....	51
5.2.1	Delineamento de estudo.....	51
5.2.2	Randomização, ocultamento da alocação e mascaramento	51
5.2.3	Participantes do estudo	52
5.2.4	Intervenções alimentares.....	53
5.2.5	Composição nutricional das polpas de açaí e de juçara	54
5.2.6	Dados antropométricos	58
5.2.7	Dados sobre o consumo alimentar	59
5.2.8	Coleta e preparo do material biológico.....	60

5.2.9 Análises bioquímicas	61
5.2.9.1 Determinação dos biomarcadores metabólicos.....	61
5.2.9.2 Determinação dos biomarcadores de estresse oxidativo	62
5.2.10 Tratamento e análise dos dados	63
5.2.10.1 Modelo de análise.....	63
5.2.10.2 Análises estatísticas	64
5.2.11 Procedimentos éticos da pesquisa	66
5.3 MÉTODO DA REVISÃO DE LITERATURA	67
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
6.1 ARTIGO 1: ORIGINAL DA TESE DE DOUTORADO	69
6.2 ARTIGO 2: REVISÃO DE LITERATURA	70
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....	108
APÊNDICE A – Questionário para triagem dos participantes no estudo	135
APÊNDICE B – Formulário e instruções para preenchimento do registro alimentar..	136
APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	137
APÊNDICE D – Nota de imprensa.....	139
ANEXO A – Termo de aceitação de apoio financeiro – CNPq/MCT	141
ANEXO B – Termo de aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC.....	142

1 INTRODUÇÃO

Devido às características nutricionais, como a presença de vitaminas, minerais e compostos bioativos, o consumo de frutas e vegetais frescos tem sido amplamente recomendado, por apresentar diversos benefícios à saúde, contribuindo para a manutenção da saúde de forma geral e também para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (BRASIL, 2014a; WHO, 2020).

Os *berries* representam um amplo grupo de frutas de pequeno tamanho, textura delicada e com cores variando entre azul, roxo e vermelho, incluindo amora, morango, framboesas, mirtilos, groselhas, entre outros, que são consumidos mundialmente. São fontes importantes de compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos e antocianinas (DEL RIO *et al.*, 2013; MARTINI *et al.*, 2019; SEERAM, 2008; VENDRAME *et al.*, 2016).

Na biodiversidade da América do Sul, encontram-se dois *berries* com promissores potenciais no âmbito socioeconômico, ambiental e nutricional. Do ponto de vista comercial para produção da polpa destinada ao consumo humano, esses *berries* são produzidos pelas espécies de palmeiras *Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe edulis* Mart. (CONAB, 2016). O *berry* provindo da palmeira *Euterpe oleracea*, nativa da região Amazônica, conhecido como açai, tem ganhado popularidade mundialmente e encontra-se amplamente disponível no mercado internacional (CHANG *et al.*, 2019; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). A palmeira *Euterpe edulis* dá origem ao *berry* conhecido como juçara e é nativa das regiões litorâneas em área de mata Atlântica (TIBÉRIO *et al.*, 2012; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). A experiência comercial consolidada dos frutos de açai, seja em forma de polpa ou em produtos de maior valor agregado, tem se mostrado propulsora para a utilização dos frutos de juçara. Apesar do reconhecimento, identificação e diferenciação de ambas as espécies por legislação (BRASIL, 2018), por vezes o açai e a juçara não têm sua identidade individual reconhecida, particularmente os frutos da *Euterpe edulis*, que, às vezes, são chamados de açai para torná-los relevante comercialmente (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013; PEREIRA *et al.*, 2017; TREVISAN *et al.*, 2015). A palmeira *Euterpe edulis* é mais reconhecida por produzir um palmito comestível de excelente qualidade (palmito juçara). Porém, com a retirada do palmito, ocorre a morte da planta, e devido à ação extrativista exacerbada, essa palmeira está em risco de extinção. Esse é outro motivo pelo qual a utilização dos frutos da *Euterpe edulis* vem sendo incentivada, visando o manejo sustentável da espécie (BRASIL, 2014b; CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013; TREVISAN *et al.*, 2015).

O açaí e a juçara são considerados alimentos com matrizes alimentares fonte de nutrientes e compostos bioativos, especialmente antocianinas e ácidos graxos insaturados (CARDOSO *et al.*, 2018; DE MOURA; RESENDE, 2016; SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

Devido ao alto teor de compostos fenólicos presentes em ambos os *berries*, os efeitos antioxidantes desses alimentos têm sido os efeitos biológicos mais estudados até o momento (CARDOSO *et al.*, 2018; SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Porém, além dos efeitos antioxidantes, estudos de revisão relataram outros efeitos biológicos promissores a partir da ingestão de açaí e de juçara, tais como efeitos anti-inflamatório, neuroprotetor, anticarcinogênico, sobre metabolismo lipídico e glicêmico e efeito probiótico. Porém, a maioria desses efeitos biológicos foi avaliada em estudos *in vitro* e em modelos animais (CARDOSO *et al.*, 2018; DE MOURA; RESENDE, 2016; SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Até o momento, poucos ensaios clínicos investigaram os efeitos do consumo de ambos os *berries* em seres humanos. Com relação ao açaí, foram encontrados publicados seis ensaios clínicos avaliando os efeitos da ingestão aguda (ALQURASHI *et al.*, 2016; CARVALHO-PEIXOTO *et al.*, 2015; ELLINGER *et al.*, 2012; JENSEN *et al.*, 2008; MERTENS-TALCOTT *et al.*, 2008; TERRAZAS *et al.*, 2019), e onze ensaios clínicos avaliando a ingestão de médio a longo prazo (ARANHA *et al.*, 2019; BARBOSA *et al.*, 2016; CASTRO *et al.*, 2019; CRUZ *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2018; JENSEN *et al.*, 2011; KIM *et al.*, 2018; PALA *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2015; SADOWSKA-KREPA *et al.*, 2015; UDANI *et al.*, 2011). No que diz respeito à juçara, ainda menos ensaios clínicos publicados avaliaram os efeitos biológicos promovidos após sua ingestão, seja aguda (CARDOSO *et al.*, 2015a; COPETTI *et al.*, 2020) ou de médio a longo prazo (JAMAR *et al.*, 2020; SANTAMARINA *et al.*, 2018; SANTAMARINA *et al.*, 2019).

Considerando os potenciais efeitos benéficos dos frutos açaí e juçara na saúde humana, são necessários maior número de ensaios clínicos a fim de elucidar os impactos do consumo desses *berries* sobre desfechos biológicos, inclusive estudos que comparem os efeitos da ingestão desses alimentos. Diante do exposto, o objetivo da presente tese consistiu em avaliar o efeito do consumo por quatro semanas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre a glicemia de jejum, perfil lipídico e biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis.

Este documento foi estruturado da seguinte forma: 1) introdução; 2) revisão de literatura sobre a temática em estudo; 3) justificativa, originalidade, relevância e contribuições

para o conhecimento; 4) objetivo geral e específicos do estudo; 5) métodos empregados; 6) resultados e discussão, em forma de dois artigos científicos; 7) considerações finais; e, por fim, são apresentados os elementos pós-textuais (referências, apêndices e anexos, incluindo uma nota de imprensa com informações sobre a pesquisa realizada).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *EUTERPE OLERACEA* E *EUTERPE EDULIS*

2.1.1 Produção e consumo de açaí e de juçara

O gênero *Euterpe*, família *Arecaceae*, possui cerca de 30 espécies, as quais encontram-se distribuídas pelas América Central e do Sul, em regiões com florestas tropicais. Nestas regiões, as espécies mais comuns são *Euterpe precatoria* Mart., *Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe edulis* Mart. (YAMAGUCHI *et al.*, 2015). No Brasil, as duas espécies mais importantes do ponto de vista comercial para produção da polpa destinada ao consumo humano, são a *Euterpe oleracea* e a *Euterpe edulis* (CONAB, 2016).

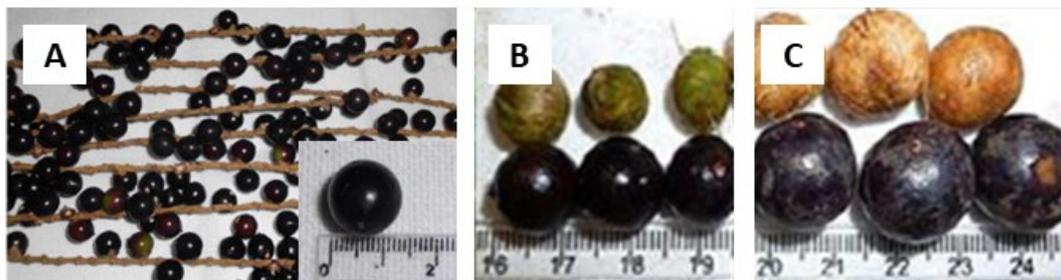
As palmeiras *Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea* são bastante semelhantes, diferindo basicamente pelo tipo de caule e local de origem. A *Euterpe precatoria* é conhecida como açaí-do-amazonas, é monocaule, nativa principalmente dos estados Acre, Amazonas, Pará e Rondônia, em regiões de planície, e que sofrem inundações periódicas. Já a palmeira *Euterpe oleracea*, conhecida como açazeiro ou açaí-do-pará, é uma palmeira multicaule, encontrada principalmente nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão e Amapá, em áreas de inundação, com solos bastante úmidos. Ambas as palmeiras apresentam entre três e vinte metros de altura e produzem frutos esféricos, de coloração violácea-púrpura quando maduros, com cerca de 1,3 cm de diâmetro, os quais são utilizados para consumo alimentar após processamento para extração da polpa (SCHIRMANN, 2009; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Já a palmeira *Euterpe edulis*, também conhecida como juçara, palmito-juçara, jiçara, ripeiro ou açaí-da-mata-atlântica, é nativa das regiões litorâneas, com florestas tropicais entre o nível do mar e até mil metros de altitude. É encontrada geograficamente na Mata Atlântica, entre o sul do estado da Bahia até a parte norte do estado do Rio Grande do Sul, é uma palmeira monocaule e pode apresentar de cinco a vinte metros de altura. Essa palmeira produz frutos globosos e arroxeados quando maduros, com 1 a 2 cm de diâmetro, muito semelhantes aos produzidos pelas palmeiras *Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea* (BOURSCHEID *et al.*, 2011; MAC FADDEN, 2005; SCHIRMANN, 2009; TIBÉRIO *et al.*, 2012). Na Figura 1 são apresentadas as palmeiras *Euterpe edulis*, *Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea*, e na Figura 2 são apresentados os frutos dessas palmeiras, também conhecidos como *berries*.

Figura 1 – Palmeiras *Euterpe edulis* (A), *Euterpe precatoria* (B) e *Euterpe oleracea* (C).



Fonte: Schulz *et al.* (2016).

Figura 2 – Frutos das palmeiras *Euterpe edulis* (A), *Euterpe precatoria* (B) e *Euterpe oleracea* (C).



Fonte: Schulz *et al.* (2016); Yamaguchi *et al.* (2015).

A palmeira juçara apresenta alto valor comercial devido a sua utilização para produção de palmito, o qual é largamente utilizado para consumo humano (MAC FADDEN, 2005). Entretanto, devido a essa exploração extrativista para produção de palmito de forma intensa na década de 1970, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, esta espécie de palmeira está em risco de extinção, devido a não regeneração natural da planta após a retirada do palmito (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013). A Portaria nº 443, de 2014 reconhece a espécie *Euterpe edulis* como uma espécie da flora brasileira ameaçada de extinção (BRASIL, 2014b). É crescente o apelo à utilização dos frutos da palmeira juçara para consumo, vista sua importante contribuição para preservação da biodiversidade da Mata Atlântica, bem como

para geração de renda em comunidades inseridas em áreas de preservação permanente ou em seu entorno (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013). Diante disso, restrições legais e econômicas do extrativismo do palmito da espécie *Euterpe edulis* vêm surgindo como forma de incentivo à exploração sustentável desta espécie (BRASIL, 2014b; DA SILVA *et al.*, 2014; TREVISAN *et al.*, 2015). O estímulo à exploração sustentável dos frutos de *Euterpe edulis* para consumo humano contribui para o plantio de novas árvores, preservando as populações remanescentes da espécie e das florestas nativas. Assim, a produção e utilização dos frutos para consumo humano, de forma similar à utilização dos frutos provenientes das palmeiras *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*, os quais apresentam experiência comercial consolidada, apresenta-se como uma alternativa de grande potencial ambiental e de geração de renda (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013; COSTA *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2017; TREVISAN *et al.*, 2015).

Os frutos destas três palmeiras, *Euterpe precatoria*, *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis*, não são destinados ao consumo em sua forma *in natura*, pois apresentam pequena quantidade de polpa (em torno de 12 a 17% do peso dos frutos) e de água, o que os tornam frutos com mesocarpo e endocarpo rígidos, de difícil remoção (BACELLAR *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2016; SCHULTZ, 2008). Devido a isso, esses frutos precisam passar por um processo de despulpamento para que seja possível o seu consumo. Para esse processo são realizadas diversas etapas, nas quais os frutos são colocados em despulpadoras, batidos com adição de água de forma progressiva, e em seguida, após passagem em peneira, obtém-se a polpa destinada ao consumo (MAC FADDEN, 2005; SCHULTZ, 2008).

A regulamentação da denominação das polpas provenientes dessas palmeiras (*Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria* e *Euterpe edulis*) vem sendo discutida ao longo dos anos por organizações governamentais e / ou não governamentais, a fim de garantir a identidade de cada produto (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013). A nomenclatura é controversa, pois a denominação açaí é popular e de fácil identificação por parte dos consumidores (questão de *marketing*), e a designação juçara é relevante em função do apelo socioambiental (CHAIMSOHN; CHIQUETTO, 2013).

Em 2018, estabeleceu-se na legislação brasileira classificações para a polpa obtida após o processamento dos frutos das palmeiras *Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria* e *Euterpe edulis*. Tais classificações, bem como os padrões de identidade e qualidade da polpa desses frutos, foram definidos no regulamento técnico elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, publicado em 2018 (BRASIL, 2018). Por definição,

açai é o produto obtido da extração com água da parte comestível do fruto maduro das espécies vegetais *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*. De acordo com a quantidade de água empregada no processo de extração da parte comestível, segundo a regulamentação técnica, a polpa de açai pode ser classificada como: 1) açai: polpa obtida a partir da parte comestível do fruto extraída com adição de água e filtração, com conteúdo de sólidos totais mínimos de 8%; 2) açai clarificado: bebida obtida a partir da parte comestível do fruto extraída com adição de água, com conteúdo de sólidos totais igual ou inferior a 2%; 3) açai desidratado: produto obtido a partir da desidratação da parte comestível do açai, previamente extraída com água, com conteúdo de sólidos totais não inferior a 96%. Da mesma forma, a regulamentação técnica de 2018, traz especificações para a polpa de juçara, a qual é definida como o produto extraído da parte comestível do fruto da espécie vegetal *Euterpe edulis* após amolecimento em água e extração com água. De acordo com a quantidade de água adicionada no processo de extração, tem-se a seguinte classificação: 1) polpa de juçara: polpa extraída do fruto juçara, sem adição de água, por meios mecânicos e sem filtração, podendo ser submetido a processo físico de conservação; 2) juçara grossa ou especial (tipo A): polpa extraída com adição de água e filtração, com conteúdo de sólidos totais acima de 14% e aparência muito densa; 3) juçara média ou regular (tipo B): polpa extraída com adição de água e filtração, com conteúdo de sólidos totais entre 11% a 14% e aparência densa; 4) juçara fina ou popular (tipo C): polpa extraída com adição de água e filtração, com conteúdo de sólidos totais entre 8% a 11% e aparência pouco densa (BRASIL, 2018). Porém, apesar da legislação de 2018 regulamentar padrões de identidade e qualidade das polpas provenientes das palmeiras *oleracea*, *precatoria* e *edulis*, na prática, a nomenclatura utilizada na comercialização das polpas ainda é controversa, conforme marcas comerciais observadas no mercado.

Para fins didáticos, na presente tese, utilizou-se o termo açai quando se referiu à polpa proveniente dos frutos da *Euterpe oleracea* e / ou *precatoria* e o termo juçara quando se referiu à polpa proveniente dos frutos da *Euterpe edulis*.

O consumo de açai tem origens antigas, e fazia parte da alimentação dos povos indígenas habitantes da região amazônica do Brasil e países vizinhos (BICUDO, 2014; SANTANA; CARVALHO; MENDES, 2006). Até o final da década de 1980, o açai era considerado um produto extrativista, utilizado na alimentação básica das populações ribeirinhas e de baixa renda da região amazônica (SANTANA; CARVALHO; MENDES, 2006).

No Brasil, a forma de consumo de açaí varia conforme a região do país. Na região norte, por maior parte da população, o açaí é considerado um componente importante da refeição principal, e consumido na forma de polpa pura ou misturado com farinha de mandioca, peixe ou carnes, e pode estar adoçado ou não (OLIVEIRA; CARVALHO; NASCIMENTO, 2010; SANTANA; CARVALHO; MENDES, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). A partir de meados da década de 1990, o açaí conquistou novas fronteiras, se popularizando em outras regiões do Brasil, principalmente nas regiões sul e sudeste, pelo seu consumo por praticantes de atividade física devido ao seu valor nutricional, e assim, a demanda desse alimento aumentou, de forma a ser consumido por pessoas de maior poder aquisitivo (SANTANA; CARVALHO; MENDES, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Nestas regiões, o açaí é consumido geralmente na forma de polpa pura ou suco, com adição de outras frutas, xarope de guaraná, leite em pó, granola, entre outros alimentos (MENEZES; TORRES; SRUR, 2008; PAGLIARUSSI, 2010). No entanto, outras formas de utilização foram introduzidas no mercado, como na indústria de alimentos e bebidas (sorvetes, iogurtes, bebidas à base de leite, doces, geleias, sucos, bebidas energéticas e alcoólicas), farmacêutica (suplementos alimentares) e de cosméticos (shampoo, hidratantes, sabonetes, óleo corporal) (BORGES; STEFANINI, 2015; PEREIRA *et al.*, 2017; SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

Segundo informações da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção nacional de açaí entre 1994 e 2014 foi de aproximadamente 150 mil toneladas por ano. A partir de 2014 a produção anual de açaí aumentou de forma expressiva, passando a ser de 1.150.000 toneladas e em 2018 chegou a aproximadamente 1.750.000 toneladas. O estado do Pará é responsável por 90% da produção nacional de açaí (CONAB, 2019). Ainda de acordo com a CONAB, segundo dados de 2019, 70% da produção de açaí é consumida no próprio estado do Pará, 20% nos demais estados do Brasil, com destaque para São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, e 10% são destinados à exportação. Em 2017, foram exportadas 13,1 mil toneladas de açaí para 42 países, sendo os Estados Unidos o principal país exportador, responsável por mais de 70% do total exportado (CONAB, 2019).

Em 2004, foi implantada no sul do Brasil, no município de Garuva-SC, a primeira unidade de processamento de frutos juçara, contribuindo para o consumo local (CONAB, 2013). Segundo dados de 2012, a produção nacional brasileira de frutos juçara foi de 193 toneladas, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor, responsável por 84% dessa produção (162 toneladas) (CONAB, 2013).

Diante disso, ressalta-se a relevância social, econômica e ambiental das palmeiras *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis* para os biomas dos quais se originam, florestas Amazônica e Atlântica, respectivamente, especialmente a espécie *Euterpe edulis* que se encontra em risco iminente de extinção. Da mesma forma, estudos aprofundando os efeitos do consumo dos frutos / polpas provenientes dessas espécies de palmeiras contribuem para o fortalecimento da identidade nutricional de cada espécie.

2.1.2 Composição nutricional e capacidade antioxidante de açaí e de juçara

Assim como outras frutas, a composição nutricional, bem como o teor de compostos bioativos dos frutos açaí e juçara podem sofrer variações, pois são influenciadas por diversos fatores, como região e condições de cultivo, condições climáticas, tipo de solo, nível de inundação, intensidade da luz solar, época da colheita e estágios de maturação (BORGES *et al.*, 2011a; BORGES *et al.*, 2013; DA SILVA *et al.*, 2014; GORDON *et al.*, 2012; LICHTENTHALER *et al.*, 2005; ROGEZ *et al.*, 2011; SCHULZ *et al.*, 2015). Na sequência são apresentados dados da composição nutricional e teor de compostos bioativos dos frutos açaí (*Euterpe oleracea*) e juçara (*Euterpe edulis*), conforme descrito por estudos prévios.

Apesar das variações na composição nutricional, de acordo com os fatores citados anteriormente, bem como após o processamento para gerar a polpa para consumo, o açaí e a juçara contêm várias propriedades nutricionais benéficas para a saúde humana. Apresentam alta densidade energética (~ 0,8 kcal / mL), considerável teor de ácidos graxos insaturados, fibras, minerais, vitaminas e antocianinas (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2011a; BORGES *et al.*, 2013; INADA *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

Os lipídios são os macronutrientes predominantes em ambos os frutos, sendo esse o principal componente que diferencia esses *berries* de outros, e que fornecem o alto valor energético a esses alimentos (SCHULZ *et al.*, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015). Em matéria seca, o percentual de lipídios totais variou entre 20,8% a 48,0% no açaí (GORDON *et al.*, 2012; RUFINO *et al.*, 2011; YUYAMA *et al.*, 2011) e entre 18,5 a 46,6% na juçara (BORGES *et al.*, 2011a; INADA *et al.*, 2015).

Os ácidos graxos monoinsaturados são predominantes em ambos os frutos (BORGES *et al.*, 2011a; SCHAUSS *et al.*, 2006). O principal ácido graxo monoinsaturado encontrado foi o ácido oleico, com quantidades da fração lipídica variando entre 52,7% a 68,2% no açaí

(MENEZES; TORRES; SRUR, 2008; SANABRIA; SANGRONIS, 2007; YUYAMA *et al.*, 2011) e entre 35,0% a 55,6% na juçara (BORGES *et al.*, 2011a; SCHULZ *et al.*, 2015). Ambos os frutos possuem quantidades relevantes de ácidos graxos poli-insaturados, com quantidades de ácido linoleico variando entre 7,5% a 16,0% no açaí (SCHAUSS *et al.*, 2006; SANABRIA; SANGRONIS, 2007; YUYAMA *et al.*, 2011) e entre 18,2% a 30,9% na juçara (BORGES *et al.*, 2011a; SCHULZ *et al.*, 2015).

As proteínas compreendem cerca de 6,3% a 10,0% (em matéria seca) de açaí (RUFINO *et al.*, 2011; YAMAGUCHI *et al.*, 2015; YUYAMA *et al.*, 2011) e entre 6,0% a 7,5% (em matéria seca) na juçara (DA SILVA *et al.*, 2014; INADA *et al.*, 2015). Comparados a outras frutas comuns, como maçãs, uvas, peras, melões e mangas, que contêm entre 0,1% a 1,0% de proteínas, o açaí e a juçara podem fornecer, em matéria fresca, aproximadamente dez vezes mais proteína (HUI, 2006).

No estudo de Gordon *et al.* (2012), o teor de carboidratos no açaí foi de cerca de 35,0% do total de matéria seca, sendo calculado por diferença centesimal em cinzas, lipídios e proteínas. Já na juçara, o teor de carboidratos variou entre 28,3% a 42,5% do total de matéria seca (DA SILVA *et al.*, 2014; INADA *et al.*, 2015), quando calculado por diferença entre o percentual total de umidade, proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Esses valores são mais baixos quando comparados com outras frutas, como uvas, bananas, melões, abacaxi e mamão, que apresentam valores em torno de 80,0% da matéria seca total (HUI, 2006). Os principais açúcares encontrados em ambas as frutas são glicose e frutose. Valores de glicose de 0,8% foram encontrados no açaí e de 1,8% na juçara (em matéria seca). Além disso, a polpa de juçara é mais adocicada devido ao seu teor de frutose de 3,1% da matéria seca, em comparação ao açaí (0,4%) (INADA *et al.*, 2015; SCHAUSS *et al.*, 2006). O teor de fibras alimentares varia entre 20,0% a 30,0% da matéria seca em ambos os frutos (INADA *et al.*, 2015; SANABRIA; SANGRONIS, 2007).

Ambos os frutos são considerados boas fontes de minerais. O açaí apresenta alta concentração de minerais, com 25 elementos químicos já identificados: sódio, magnésio, alumínio, manganês, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênico, rubídio, molibdênio, fósforo, cálcio, selênio, prata, cádmio, bário, mercúrio, chumbo, tório, urânio, potássio, estrôncio, antimônio e ferro. Em 100 g de matéria seca foram encontrados: potássio (900,0-930,0 mg), cálcio (330,0-423,0 mg), magnésio (124,4-172,0 mg), fósforo (54,5-186,0 mg), sódio (6,8-28,5 mg), manganês (10,7-13,3 mg), rubídio (5,0 mg), ferro (4,5-7,8 mg), zinco (2,1-2,8 mg), cobre (2,2 mg), estrôncio (0,8 mg), alumínio (0,4 mg), bário (0,3 mg), níquel (0,3 mg) e <0,02

mg para antimônio, arsênico, cádmio, cobalto, chumbo, mercúrio, molibdênio, selênio, prata, tório e urânio (GORDON *et al.*, 2012; MENEZES; TORRES; SRUR, 2008). Na juçara já foram identificados 17 elementos químicos: potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, manganês, fósforo, enxofre, cobre, níquel, cobalto, selênio, cádmio, boro, alumínio e molibdênio. Em 100 g de matéria seca de juçara foram encontrados: potássio (419,0-1291,0 mg), cálcio (76,0-596,7 mg), magnésio (47,0-183,0 mg), fósforo (41,0-132,0 mg), sódio (17,0-21,0 mg), ferro (4,0–7,0 mg), manganês (3,0-8,0 mg), zinco (1,0-3,0 mg), <1,0 mg para cobre e níquel, e <0,01 mg para cobalto, selênio e cádmio (DA SILVA *et al.*, 2014; INADA *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015). Diante disso, percebe-se que os minerais mais prevalentes em ambos os frutos são potássio, cálcio, magnésio, fósforo e sódio.

Alguns estudos demonstraram que o processo de amadurecimento dos frutos influenciou no teor de minerais presentes. Schulz *et al.* (2015) avaliaram a relação entre estágios de amadurecimento do fruto juçara e componentes nutricionais, e demonstraram que maior teor de minerais (potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês) foi encontrado em frutos no estágio final de maturação. Já Gordon *et al.* (2012) avaliando a composição mineral em estágios de maturação do açaí, encontrou declínio na quantidade desses minerais com o aumento do estágio de maturação.

Quanto às vitaminas, em 100 g de matéria fresca, o teor de vitamina C foi de 84,0 mg no açaí (RUFINO *et al.*, 2010) e variou entre 5,2 a 186,0 mg na juçara (INADA *et al.*, 2015; RUFINO *et al.*, 2010). Já para vitamina E, o teor foi de 147,0 mg no açaí (Da COSTA *et al.*, 2010) e de 0,3 mg na juçara (INADA *et al.*, 2015).

As antocianinas são os compostos fenólicos com maior destaque em ambos os frutos (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2011a; BORGES *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2013; GORDON *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2012; SCHAUSS *et al.*, 2006; VIEIRA *et al.*, 2013; YAMAGUCHI *et al.*, 2015), sendo a cianidina-3-*O*-rutinosídeo e cianidina-3-*O*-glicosídeo as predominantes em ambos os frutos (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2011a; INADA *et al.*, 2015; DA SILVA *et al.*, 2014; GARZÓN *et al.*, 2017; GORDON *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2010; VIEIRA *et al.*, 2017). Estudos demonstram que as quantidades de cianidina-3-*O*-rutinosídeo, em 100 g de matéria fresca, encontradas no açaí variaram entre 2,6 mg a 1395,3 mg (GORDON *et al.*, 2012; NERI-NUMA *et al.*, 2018), e na juçara, entre 16,3 mg a 1565,0 mg (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; DE BRITO *et al.*, 2007; CASTRO *et al.*, 2014; GUERGOLETTTO *et al.*, 2016; INADA *et al.*, 2015; NOVELLO *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2016). Com relação a cianidina 3-*O*-glicosídeo, em 100 g de

matéria fresca, no açaí a quantidade variou entre 111,0 mg a 451,5 mg (NERI-NUMA *et al.*, 2018; ROSSO *et al.*, 2008; RUFINO *et al.*, 2010) e entre 71,4 mg e 634,3 mg na juçara (BORGES *et al.*, 2011a; CASTRO *et al.*, 2014; GUERGOLETTTO *et al.*, 2016; INADA *et al.*, 2015; NOVELLO *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2016). Outras antocianinas também já foram identificadas em ambos os frutos, tais como: cianidina-3-sambunosídeo, pelargonidina-3-glicosídeo, pelargonidina-3-rutinosídeo, cianidina-3-raminosídeo, cianidina-3,5-hexose pentose, peonidina-3-rutinosídeo, peonidina-3-glicosídeo, delfinidina-3-glicosídeo, cianidina-3,5-diglicosídeo e malvidina-3-glicosídeo (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; CARDOSO *et al.*, 2015b; DA SILVA *et al.*, 2014; DE BRITO *et al.*, 2007; GORDON *et al.*, 2012; GUERGOLETTTO *et al.*, 2016; NOVELLO *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2017).

Estudo recente que avaliou os principais compostos fenólicos (antocianínicos ou não) em extratos do fruto juçara, avaliados por método de cromatografia líquida de ultra performance, demonstrou que foram encontradas quantidades elevadas de antocianinas, cerca de 26 mg / g de matéria seca de um total de 31 mg de compostos fenólicos / g de matéria seca, sendo a cianidina-3-*O*-rutinosídeo o composto predominante (73% do total de teor fenólico) (VIEIRA *et al.*, 2017). Além disso, o estudo de Cardoso (2018) identificou ácidos fenólicos conjugados na urina de sujeitos adultos saudáveis após o consumo de suco de juçara, sendo eles ácidos derivados da degradação das antocianinas - ácidos protocatecuico, vanílico glucuronidado, hipúrico, vanílico, hidroxibenzoico, hidroxifenilacético -, e outros ácidos fenólicos derivados do suco como kempferol glucuronidade e derivado do ácido ferúlico.

Com relação a outros compostos fenólicos, no açaí já foram identificados os ácidos benzoico, cafeico, clorogênico, elágico, ferúlico, gálico, resveratrol, hidróxibenzoico, protocatecuico, siríngico, vanílico, e ρ -cumárico (DEL POZO-INSFRAN *et al.*, 2004; GALLORI *et al.*, 2004; GORDON *et al.*, 2012; LICHTENTHALER *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2010; ROJANO *et al.*, 2011; PACHECO-PALENCIA; DUNCAN; TALCOTT, 2009). Na juçara, os ácidos fenólicos predominantes encontrados foram o gálico, protocatecuico, ρ -cumárico e ferúlico, e ainda, outros como compostos como quercitina, rutina, stylbene (resveratrol), miricetina, kaempferol, kaempferol-3-*O*-rutinosídeo, luteolina, apigenina, catequina, ácido elágico e ácido 4,5-dicofamoilquínico (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2011a; BORGES *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2015a; DA SILVA *et al.*, 2014; GUERGOLETTTO *et al.*, 2016; INADA *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2017).

Segundo estudo de revisão publicado por Schulz *et al.* (2016), com relação ao conteúdo de fenólicos totais, nos frutos de juçara, as quantidades variam entre 5672,0 e 7500,0 mg de equivalente de ácido gálico (EAG) em 100 g de matéria seca (BORGES *et al.*, 2013; INADA *et al.*, 2015; RUFINO *et al.*, 2010), sendo essas quantidades superiores às encontradas no açaí (em 100 g de matéria seca: *Euterpe oleracea* – 2123,0 a 3437,0 mg EAG; e *Euterpe precatoria* – 4067,0 mg EAG) (FERREIRA *et al.*, 2016; GORDON *et al.*, 2012; NEVES *et al.*, 2015; PAZ *et al.*, 2015; RUFINO *et al.*, 2010), em outros 14 frutos tropicais brasileiros não tradicionais (< 3584 mg EAG 100 g de matéria seca) (RUFINO *et al.*, 2010), e nos *berries* framboesa vermelha, mirtilo e cereja (3138,0, 2482,0 e 2317,0 mg EAG em 100 g de matéria seca, respectivamente) (DE SOUZA *et al.*, 2014).

No que diz respeito a capacidade antioxidante *in vitro*, quando avaliada por método potencial antioxidante redutor férrico (FRAP, do inglês *ferric reducing antioxidant power*), para o açaí, estudos demonstraram valores de 1367,0 mg de equivalente de ácido ascórbico / 100 g de matéria seca (PAZ *et al.*, 2015) e de 3217,0 µmol de equivalente de Trolox / 100 g de matéria seca (ZIELINSKI *et al.*, 2014). Pelo método de desativação do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), a variação encontrada nos estudos foi entre 1014,0 µmol a 4818,0 µmol de equivalente de Trolox / 100 g de matéria seca (FERREIRA *et al.*, 2016; GARZON *et al.*, 2017; NERI-NUMA *et al.*, 2018; PAZ *et al.*, 2015). Quando a capacidade antioxidante foi avaliada por eliminação do radical 2,2-azinobis-(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic (ABTS), observou-se uma variação entre 2,8 µmol a 6,4 µmol de equivalente de Trolox / 100 g de matéria fresca (GARZON *et al.*, 2017; NERI-NUMA *et al.*, 2018). Segundo revisão de literatura conduzida por Cardoso *et al.* (2018), os métodos mais utilizados nos estudos já publicados para avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* de juçara foram FRAP e DPPH. Quando avaliada por FRAP, a capacidade antioxidante dos extratos de juçara variou entre 1158,9 µmol a 6174,3 µmol equivalente Trolox / 100 g de matéria seca (BORGES *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2015b; SCHULZ *et al.*, 2015). Por DPPH, a variação foi entre 104,4 µmol a 3442,48 µmol equivalente Trolox / 100 g de matéria seca (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES, 2010; BORGES *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2015a; VIEIRA *et al.*, 2013).

Estudo que avaliou a atividade antioxidante de extratos de açaí (Ceará-Brasil) e juçara (São Paulo-Brasil) por ABTS, demonstrou que os extratos de juçara apresentaram maior capacidade antioxidante (juçara: 606,0 µmol vs. açaí: 64,5 µmol equivalente de Trolox / g matéria seca) (RUFINO *et al.*, 2010).

Quando a capacidade antioxidante foi avaliada em diferentes estágios de maturação, Gordon *et al.* (2012) investigaram três estágios de maturação de açaí (Pará-Brasil), e observaram que a capacidade antioxidante diminuiu com o processo de maturação, de 17,0 μmol (não maduro) passou para 2,8 μmol equivalente de Trolox / 100 g de matéria seca (maduro), avaliado por ABTS. Já o estudo de Schulz *et al.* (2015), avaliou o efeito da maturação na atividade antioxidante de extratos de juçara (Florianópolis-SC-Brasil) e observou maior capacidade antioxidante, avaliada por FRAP, com após 56 dias de amadurecimento (7600,4 μmol equivalente de Trolox / 100 g de matéria seca) em relação aos demais estágios avaliados (0, 17, 23, 30, 42 e 69 dias após o *berry* surgir no cacho). Ainda, por meio de análise de regressão, verificou-se que a capacidade antioxidante, avaliada pelos métodos FRAP ($R^2=0,760$) e DPPH ($R^2=0,981$), estava correlacionada positivamente ($p < 0,001$) com o processo de amadurecimento (SCHULZ *et al.*, 2015).

Diante do exposto, os frutos açaí (*Euterpe oleracea*) e juçara (*Euterpe edulis*) apresentam matrizes alimentares ricas em nutrientes e compostos bioativos, de modo que a combinação desses componentes e a sinergia entre eles pode exercer efeitos biológicos protetores ao organismo humano. Devido, especialmente, ao teor de antocianinas e a composição de ácidos graxos insaturados, principais componentes bioativos desses frutos, destaca-se o potencial antioxidante desses *berries*, o qual pode proteger as células da oxidação e estabilizar radicais livres, atenuando danos oxidativos. Na seção 2.2 são abordados os conceitos de radicais livres, estresse oxidativo e antioxidantes, e nas seções posteriores (2.3 e 2.4) são exploradas as relações entre as antocianinas e ácidos graxos insaturados e os efeitos biológicos gerados por esses componentes.

2.2 RADICAIS LIVRES, ESTRESSE OXIDATIVO E ANTIOXIDANTES

Radical livre é o termo utilizado para definir qualquer espécie química de existência independente (daí o termo livre), que possua um ou mais elétrons não emparelhados em seu último orbital atômico ou molecular, geralmente instáveis e altamente reativos (HALLIWELL, 2006; OHARA, 2006). Esses elétrons desemparelhados conferem certo grau de reatividade aos radicais livres, fazendo com que eles interajam com compostos próximos, causando reações de óxido-redução (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; OHARA, 2006).

A geração de radicais livres é um processo contínuo e fisiológico no organismo humano, que em proporções adequadas atuam como mediadores para várias reações

bioquímicas, importantes para manutenção das funções biológicas (BARBOSA *et al.*, 2010; HALLIWELL, 2006; OHARA, 2006).

Os radicais livres podem ser gerados no processo metabólico do oxigênio ou nitrogênio, sendo então denominados como espécies reativas de oxigênio ou espécies reativas de nitrogênio. Dentre as espécies reativas de oxigênio estão o ânion radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$), radical hidroxila (HO^{\cdot}); radical alquila (RO^{\cdot}) e radical peroxila (ROO^{\cdot}), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido hipocloroso (HOCl), oxigênio *singlet* (1O_2), peróxidos orgânicos (ROOH) e o peróxido nitrito ($ONOO^{\cdot}$). As espécies reativas de nitrogênio incluem o óxido nítrico (NO^{\cdot}), óxido nitroso (N_2O_3), ácido nitroso (HNO_2), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) e peroxinitritos ($ONOO^{\cdot}$) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; OHARA, 2006).

As espécies reativas podem ser produzidas no organismo humano a partir de fontes exógenas ou endógenas. Com respeito as fontes endógenas, as espécies reativas podem ser geradas em processos celulares fisiológicos de atividade metabólica de fagócitos e de respiração mitocondrial. As mitocôndrias são as principais fontes endógenas geradoras de espécies reativas, por meio da cadeia transportadora de elétrons, processo no qual ocorre a transferência de elétrons pelos complexos da cadeia respiratória, e com isso são geradas formas parcialmente reduzidas de oxigênio (GREEN; BRAND; MURPHY, 2004; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; OHARA, 2006). Dentre as fontes exógenas citam-se fatores ambientais, como poluentes, pesticidas, radiação ultravioleta, exposição ao tabaco, drogas, patógenos, e fatores relacionados à dieta, como ingestão excessiva de carboidratos, gorduras e baixa ingestão de vitaminas (BLOOMER; FISHER-WELLMANN, 2009; MAIESE, 2009).

O organismo humano possui sistemas endógenos para regular a quantidade de espécies reativas necessárias ao seu funcionamento. Entretanto, em situações de desequilíbrio, quando ocorre produção excessiva de espécies reativas e a não estabilização destas substâncias pelas defesas antioxidantes, instala-se um processo denominado estresse oxidativo (HALLIWELL, 2011). Esse processo pode acarretar danos oxidativos, os quais podem provocar a oxidação de biomoléculas (proteínas, aminoácidos, lipídios, ácido desoxirribonucleico-DNA), com consequente perda de funções biológicas e / ou desequilíbrio homeostático (HALLIWELL, 2011; MCCORD, 2000; OHARA, 2006; STOHS, 1996). Dentre os fatores que desencadeiam o processo de estresse oxidativo podem ser citados o aumento da produção de espécies reativas (por via endógena ou exógena), depleção das reservas antioxidantes, e inativação ou diminuição da produção das enzimas antioxidantes endógenas (LUSHCHAK, 2014).

O estado de estresse oxidativo tem sido relacionado ao processo de envelhecimento, a origem e / ou progressão de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, obesidade e carcinogênese (HALLIWELL, 2012; KABEL, 2014; PHAM-HUY; HE; PHAM-HUY, 2008).

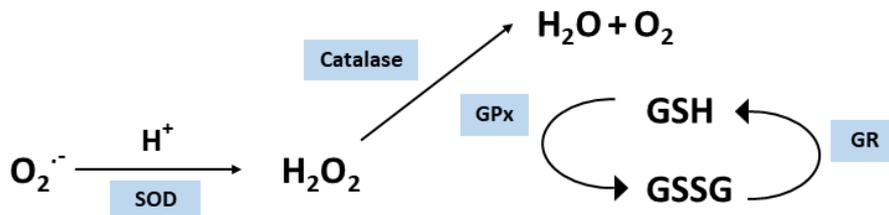
A proteção do organismo contra os efeitos negativos das espécies reativas abrange um sistema de defesa antioxidante, que pode ser produzido pelo próprio organismo ou absorvido por meio da dieta (HALLIWELL, 1996). Esses mecanismos de defesa podem se dar de forma a prevenir a formação de espécies reativas ou como um sistema de reparo, pela reconstituição das estruturas biológicas danificadas (BARBOSA *et al.*, 2010; FORMAN; DAVIES; URSINI, 2014).

Os antioxidantes são moléculas que atenuam ou inibem um processo oxidativo de maneira eficaz, interrompendo reações de óxido-redução (OHARA, 2006), protegendo biomoléculas ou estruturas celulares contra substâncias que promovam oxidação, seja por ação direta, estabilizando a ação de espécies reativas, ou de forma indireta, pela participação em sistemas enzimáticos que também possuem essa finalidade (HALLIWELL, 2011; OHARA, 2006). O sistema de defesa antioxidante pode ser classificado como enzimático ou não enzimático.

A defesa antioxidante enzimática é composta, principalmente, por três enzimas: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutaciona peroxidase (GPx) (BARBOSA *et al.*, 2010; IGHODARO; AKINLOYEB; 2018; OHARA, 2006). Essas enzimas atuam de forma paralela, e devido ao papel que desempenham na resposta às espécies reativas, com atuação rápida, são tidas como defesa antioxidante de primeira linha (IGHODARO; AKINLOYEB; 2018). A SOD catalisa dismutação do radical $O_2^{\cdot-}$ para formação de H_2O_2 e O_2 , na presença do próton H^+ . A SOD é uma metaloenzima e requer um cofator metálico para sua atividade. Os íons metálicos normalmente ligados à SOD são ferro (Fe), zinco (Zn) cobre (Cu) e manganês (Mn). A SOD-Fe é comumente encontrada em células procariontes e cloroplastos de algumas plantas; a SOD-Mn é encontrada na mitocôndria de células eucariontes; e a SOD-Cu/Zn é a forma predominante encontrada em células eucariontes, no citosol (BARBOSA *et al.*, 2010; IGHODARO; AKINLOYEB; 2018; JAIN *et al.*, 2013). A CAT é uma hemoproteína citoplasmática, ausente na mitocôndria de células de mamíferos, encontrada em quase todos os tecidos vivos que utilizam oxigênio. Essa enzima catalisa a reação de decomposição de H_2O_2 , para formação de H_2O e O_2 , utilizando Fe ou Mn como cofatores, impedindo o acúmulo dessa espécie reativa nas células, bem como de seus efeitos tóxicos. A CAT complementa a atuação da SOD, atuando continuamente na busca de

moléculas de peróxido de hidrogênio, de forma altamente eficiente (CHELIKANI; FITA; LOEWEN, 2004; IGHODARO; AKINLOYEB; 2018; JAIN *et al.*, 2013; VINCENT; INNES; VINCENT, 2007). A GPx atua na catalisação da reação de decomposição do H_2O_2 à H_2O , e dos peróxidos lipídicos aos respectivos álcoois. É encontrada principalmente nas mitocôndrias, mas pode estar presente no citosol celular. Além disso, participa no ciclo glutationa, convertendo a glutationa reduzida (GSH) em oxidada (GSSG), também pela remoção de H_2O_2 para formar H_2O . Já foram identificadas oito isoformas diferentes de GPx (GPx 1-8) no organismo humano, as quais apresentam afinidade por H_2O_2 e hidroperóxidos lipídicos. Na maioria das vezes, a atividade da GPx tem o selênio (Se) como cofator, assim também é conhecida como selenocisteína peroxidase (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; IGHODARO; AKINLOYEB; 2018; JAIN *et al.*, 2013). Na Figura 3 são apresentadas as reações químicas nas quais ocorre a participação das enzimas CAT, GPx e SOD.

Figura 3 – Reações químicas em que há participação das enzimas antioxidantes catalase (CAT), glutatona peroxidase (GPx) e superóxido dismutase (SOD).



Fonte: Barbosa; Medeiros; Augusto (2006).

Os antioxidantes não enzimáticos são moléculas de baixa massa molecular que capturam espécies reativas, podendo ter origem endógena, como o ácido úrico, ou dietética, como vitaminas (A, C, E), minerais (Cu, Zn, Mn, Se) e compostos bioativos (resveratrol, catequinas, quercetinas, compostos fenólicos, etc.) (ANGELI, 2011; BARBOSA *et al.*, 2010; HALLIWELL, 2011; OHARA, 2006).

O ácido úrico é considerado um importante antioxidante sérico, por ser excelente doador de elétrons, e assim reagir com outras espécies reativas, tais como nitrogênio, oxigênio *singlet*, ácido hipocloroso e os radicais hidroxila, formando produtos menos reativos. Entretanto, em excesso, pode aumentar o dano oxidativo por inativar enzimas sensíveis a oxidação, podendo levar a disfunção endotelial (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; JAIN

et al., 2013; OHARA, 2006). O ácido úrico é um dos produtos finais do metabolismo das purinas. A degradação de hipoxantina e xantina por ação irreversível da enzima xantina oxidase leva a formação do ácido úrico, e também de H_2O_2 , e do radical OH^* (ALVEZ *et al.*, 2010; VASCONCELOS *et al.*, 2007). Além disso, por sua capacidade de se ligar com metais de transição pró-oxidantes, como ferro e cobre, o ácido úrico pode impedir a formação do radical OH^* , e ainda parece atuar na estabilização do ascorbato (JAIN *et al.*, 2013; OHARA, 2006).

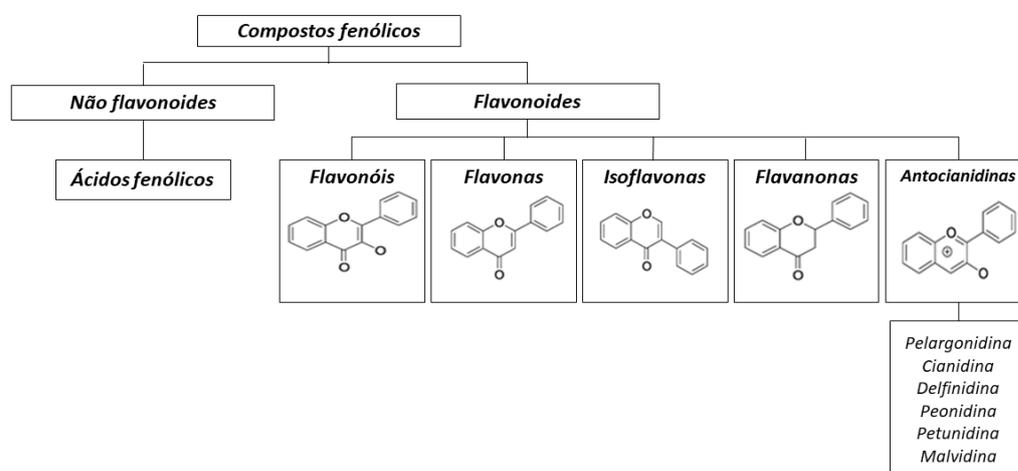
As vitaminas, minerais e compostos bioativos, adquiridos por meio da dieta, apresentam propriedades que contribuem para aumentar a atividade antioxidantes sérica, contribuindo para a estabilização das espécies reativas (BOUAYED; BOHN, 2010; HARASYM; OLEDZKI, 2014; VALKO *et al.*, 2007). A vitamina A possui ação protetora contra a oxidação de lipídeos e DNA; A vitamina C atua como agente redutor, inibindo a formação de espécies reativas de oxigênio, estimula o potencial antioxidante da vitamina E e do selênio, e ainda, protege contra danos causados pela lipoproteína de baixa densidade-colesterol (LDL-c) oxidada. A vitamina E possui função protetora contra a oxidação de ácidos graxos insaturados da membrana celular e do LDL-c, e também converte os radicais $O_2^{\cdot-}$ e H_2O_2 em formas menos reativas. Já os minerais cobre, zinco, selênio e manganês, apresentam função antioxidante, pois atuam como cofatores de enzimas antioxidantes (SOD-Cu/Zn, SOD-Mn e GSH-Px) (BARBOSA *et al.*, 2010; OHARA, 2006).

Na sequência são abordados os compostos bioativos, com destaque para a classe dos compostos fenólicos, especialmente a subclasse das antocianinas, visto que esses compostos estão presentes em quantidades relevantes nos frutos açaí e juçara, objetos em estudo na presente tese.

Os compostos fenólicos originam-se no metabolismo secundário das plantas e são essenciais para o seu crescimento, desenvolvimento, reprodução, resistência a patogenicias e predadores (BATISTA, 2010; CROFT, 2016). Quimicamente, possuem um anel aromático comportando um ou mais grupamentos hidroxilas, os quais possibilitam sua função redutora, agindo contra danos oxidativos no organismo (CROZIER; JAGANATHB; CLIFFORD, 2009; FORMAN; DAVIES; URSINI, 2014; NICHENAMETLA *et al.*, 2006). De acordo com a quantidade e disposição da cadeia carbonilada ligada ao anel aromático, os compostos fenólicos podem ser classificados em flavonoides e não flavonoides (CROZIER; JAGANATHB; CLIFFORD, 2009; NICHENAMETLA *et al.*, 2006). Os flavonoides são constituídos por 15 carbonos, distribuídos em dois anéis aromáticos, interligados por uma

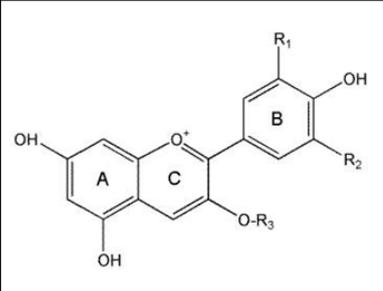
cadeia de três átomos de carbono (C6-C3-C6) (DORNAS *et al.*, 2007). Ainda, são subdivididos, de acordo com a sua estrutura, em flavonóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas e antocianidinas (DEL RIO *et al.*, 2013). As antocianidinas (ou agliconas) são as estruturas básicas das antocianinas, sendo as comumente encontradas a cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, peonidina e petunidina. As antocianidinas podem conjugar-se com ácidos orgânicos e glicosídeos, dando origem a diversas estruturas. Quando as antocianidinas são encontradas na sua forma glicosilada, denominam-se antocianinas, e apresentam aumento na estabilidade e tornam-se solúveis em água (CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009; DEL RIO *et al.*, 2013; KONCZAK; ZHANG, 2004). O termo antocianina tem origem grega (*anthos* → flor e *kianos* → azul). Esses compostos são responsáveis pela coloração vermelha, azul e arroxeada, observadas em flores, folhas, frutos, caules e raízes de algumas plantas (WROLSTAD; DURST; LEE, 2005). A Figura 4 representa a classificação dos principais compostos fenólicos, especialmente dos flavonoides e antocianinas, e na Figura 5 podem ser observadas as estruturas das antocianinas mais comuns.

Figura 4 – Classificação dos principais compostos fenólicos, especialmente dos flavonoides e antocianinas.



Fonte: Elaborado a partir de Angelo & Jorge (2007), Croft (2016) e Del Rio *et al.* (2013).

Figura 5 – Estrutura das antocianinas mais comuns.

	R1	R2	R3
	Cianidina	OH	H
Delfinidina	OH	OH	Açúcar
Malvidina	OCH3	OCH3	Açúcar
Pelargonidina	H	H	Açúcar
Peonidina	OCH3	H	Açúcar
Petunidina	OCH3	OH	Açúcar

Fonte: Adaptado de Lee *et al.* (2017).

Nas seções 2.3 e 2.4 são abordados os efeitos biológicos das antocianinas e dos ácidos graxos monoinsaturados, respectivamente, principais compostos bioativos presentes nos frutos açaí e juçara.

2.3 ANTOCIANINAS: POTENCIAL ANTIOXIDANTE E RELAÇÃO COM PARÂMETROS METABÓLICOS

As antocianinas já foram associadas a benefícios ao organismo humano devido aos seus potenciais efeitos antioxidantes (DEL BÓ *et al.*, 2015; LILA *et al.*, 2016; POJER *et al.*, 2013; REIS *et al.*, 2016), anti-inflamatórios (JOSEPH *et al.*, 2016; LEE *et al.*, 2017), neuroprotetores (PEIXOTO *et al.*, 2016), anticarcinogênicos (LIN *et al.*, 2017) e cardioprotetores (CASSIDY, 2017; REIS *et al.*, 2016).

O mecanismo de ação das antocianinas tem sido associado à estrutura química desses compostos. O potencial de ação desses compostos é variável conforme o número e da posição dos grupamentos hidroxilas, bem como do grau de glicosilação e presença de elétrons livres no anel aromático (REIS *et al.*, 2016). Com relação ao potencial antioxidante, estudos mostram que as antocianinas podem melhorar a defesa antioxidante endógena, por mecanismos indiretos, agindo de distintas formas, tais como aumentando a atividade das enzimas antioxidantes GPx e SOD, com consequente aumento da concentração de glutatona, pela ativação de genes que codificam estas enzimas; reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio endógenas, por inibição das enzimas NADPH oxidase e xantina oxidase (NILE; PARK, 2014; POJER *et al.*, 2013; SHIH; YEH; YEN, 2005; STEFFEN *et al.*, 2008; TOUFEKTSIAN *et al.*, 2008).

Revisões sistemáticas apontam que a proteção cardiovascular conferida pelas antocianinas pode estar relacionada ao seu efeito sobre a peroxidação lipídica, considerado um marcador de dano lipídico. As antocianinas são capazes de doar elétrons ou átomos de hidrogênio às espécies reativas, conferindo assim, estabilidade a esses compostos (REIS *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2017).

Estudos epidemiológicos sugerem que o consumo diário de *berries*, ricos em flavonoides, especialmente em antocianinas, pode exercer efeito cardioprotetor em seres humanos (CASSIDY *et al.*, 2013; JENNINGS *et al.*, 2012; MINK *et al.*, 2007). Devido a sua ação antioxidante, anti-inflamatória e anti-isquêmica, as antocianinas podem exercer proteção cardiovascular e sobre o perfil lipídico (KRUGER *et al.*, 2014; TSUDA, 2012). A influência sobre o perfil lipídico se dá pelos efeitos benéficos das antocianinas na diminuição das concentrações de LDL-c, aumento da lipoproteína de alta densidade-colesterol (HDL-c), inibição da oxidação lipídica e aumento da excreção fecal de ácidos esteróis (ERLUND *et al.*, 2008; KRUGER *et al.*, 2014; NILE; PARK, 2014). Alguns autores acreditam que os metabólitos das antocianinas, como o ácido protocatecuico, possam ser os responsáveis pelo efeito cardioprotetor desses antioxidantes (TSUDA, 2012; WANG *et al.*, 2011).

Estudos experimentais sugerem que as antocianinas podem retardar ou inibir a absorção de lipídios no intestino. As antocianinas podem estar envolvidas na inibição da síntese de colesterol pela ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK, do inglês *AMP actived protein kinase*). A AMPK participa da regulação da homeostase energética e influencia a atividade de muitas enzimas, tais como a 3-hidroxi-3-metilglutaril-coenzima A redutase (HMG-CoA) que participa da síntese do colesterol. Além disso, a AMPK inibe a atividade das enzimas acetil-CoA carboxilases ACC1 e ACC2, o que leva ao aumento da oxidação de ácidos graxos e à diminuição da síntese de ácidos graxos, com consequente diminuição das concentrações de triglicerídeos (TAKIKAWA *et al.*, 2010; TOWLER; HARDIE, 2007; VALENTI *et al.*, 2013; WALLACE; SLAVIN; FRANKENFELD, 2016).

Meta-análise realizada com 32 ensaios clínicos randomizados, incluindo ampla gama de populações com diferentes perfis cardiometabólicos, bem como diferentes dosagens e fontes de antocianinas, demonstrou que o tratamento com antocianinas melhorou significativamente a glicemia de jejum e pós-prandial de duas horas, hemoglobina glicosilada, colesterol total e lipoproteína de baixa densidade-colesterol (LDL-c) (YANG *et al.*, 2017).

Os efeitos do açaí sobre parâmetros metabólicos foram avaliados em alguns estudos experimentais. Guerra *et al.* (2015) avaliaram o efeito de extrato de açaí (contendo 6,5 mg de

antocianinas totais / 100 g), administrado por seis semanas, sobre marcadores relacionados a esteatose hepática e metabolismo lipídico em camundongos alimentados com dieta rica em gordura com doença hepática gordurosa não alcoólica. O extrato de açaí melhorou a resistência à insulina, reduziu as concentrações hepáticas de triglicerídeos e também as concentrações de adiponectina no tecido adiposo e soro. Estudo que investigou os efeitos hipocolesterolêmicos de extrato de açaí em ratos, demonstrou que os animais hipercolesterolêmicos suplementados com o extrato de açaí por seis semanas reduziram os níveis de colesterol total, da não lipoproteína de alta densidade-colesterol (n-HDL-c) e índice aterogênico (SOUZA *et al.*, 2010). Em relação ao fruto juçara, estudo experimental que avaliou o efeito de uma dieta contendo polpa de juçara liofilizada ou em combinação com exercício aeróbico de intensidade moderada em camundongos (ApoE -/-) durante 12 semanas, demonstrou que os níveis séricos de colesterol total, triglicerídeos e lipoproteína de alta densidade-colesterol (HDL-c) não sofreram alterações, nem pela ingestão de juçara ou pelo programa de exercícios aeróbicos (CASTRO *et al.*, 2014). O estudo de Cardoso e colaboradores (2015b) evidenciou que camundongos (ApoE-/-) que receberam suplementação de 10% de extrato de juçara, durante dez semanas, apresentaram diminuição na concentração de não-HDL-c, quando comparado a animais que receberam dieta padrão, dieta suplementada com 2% de juçara ou dieta e suplementada com 2% de acetato de α -tocoferol. Além disso, todos os grupos suplementados com juçara (2%, 6% e 10%) apresentaram diminuição dos triglicerídeos. Porém, não foram observadas mudanças no colesterol total. Já no estudo de Novello *et al.* (2015), grupos de ratos que receberam 2% e 6% de extrato de juçara, por dez semanas, apresentaram uma redução significativa das concentrações de LDL-c e nas proporções de colesterol total / HDL-c e LDL-c / HDL-c (indicadores de risco cardiovascular), quando comparados ao grupo controle.

Ensaio clínico demonstram que o consumo por quatro semanas de frutas ricas em antocianinas pode relacionar-se com a atenuação de fatores de risco para doença cardiovasculares, pela diminuição das concentrações plasmáticas de colesterol total, LDL-c e triglicerídeos, em adultos saudáveis (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2014) ou em adultos com sobrepeso (UDANI *et al.*, 2011). Ainda, em estudo de intervenção com consumo de suco misto contendo açaí como o ingrediente predominante por seis semanas, observou-se diminuição de LDL-c e de triglicerídeos, e aumento de HDL-c em corredores de rua treinados saudáveis (SADOWSKA-KREPA *et al.*, 2015). No entanto, outros estudos, também prolongados e que avaliaram o efeito do consumo de frutos ricos em antocianinas sobre o

perfil lipídico de indivíduos saudáveis, não evidenciaram alterações significativas sobre colesterol total, HDL-c, LDL-c e triglicerídeos (BARBOSA *et al.*, 2016; DUTHIE *et al.*, 2006; KARDUM *et al.*, 2014; LYNN *et al.*, 2014; NOWAK *et al.*, 2016; SANTHAKUMAR *et al.*, 2015). Devido aos resultados controversos, são necessários mais estudos para elucidar se os compostos fenólicos e as antocianinas podem influenciar o perfil lipídico em seres humanos (AGUILERA; MARTIN-CABREJAS; MEJIA, 2016; TSUDA, 2012).

A ingestão de antocianinas já demonstrou efeitos sobre parâmetros glicêmicos, como glicose sérica e insulina, especialmente em estudos experimentais. Em estudos experimentais em que ocorreu a ingestão de antocianinas isoladas (cianidina-3-*O*-glicosídeo) ou extrato de mirtilos, observou-se diminuição da glicose sérica e melhora da sensibilidade à insulina (SASAKI *et al.*, 2007; TAKIKAWA *et al.*, 2010; TSUDA, 2008). Estudo que avaliou o efeito da suplementação de polpa de juçara liofilizada em camundongos, durante dez semanas, verificou que a adição de 0,5% de juçara melhorou a resposta glicêmica em animais alimentados com dietas normocalórica, bem como animais que alimentados com dietas hipercalóricas e hiperlipídicas (OYAMA *et al.*, 2016). No estudo de Argentato *et al.* (2017) também foi observada a diminuição da glicose sérica na prole de ratas que foram suplementadas com dieta padrão adicionada de 0,5% de extrato liofilizado de juçara. Outro estudo, no qual também se avaliou o efeito da suplementação por 10 semanas de extrato liofilizado de polpa de juçara em camundongos (ApoE *-/-*), observou-se que os grupos que receberam dieta padrão adicionada com 2% e 6% de juçara, apresentaram uma diminuição significativa na glicose sérica em comparação ao grupo controle (NOVELLO *et al.*, 2015). Já no estudo experimental conduzido por Freitas *et al.* (2017), no qual foram investigados os efeitos de dietas suplementadas com polpa liofilizada e desengordurada de juçara em diferentes concentrações, não foram observadas alterações significativas na glicose sérica. Em ensaio clínico em que ocorreu a ingestão de *smoothie* de mirtilos durante seis semanas, observou-se melhora da sensibilidade insulínica em indivíduos não diabéticos, porém resistentes a insulina (STULL *et al.*, 2010). No entanto, outros ensaios clínicos não demonstraram alterações na glicose sérica e resistência insulínica após a ingestão de *berries* (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2016; KARDUM *et al.*, 2014; LEE *et al.*, 2008; RISO *et al.*, 2013; SANTHAKUMAR *et al.*, 2015). Sendo assim, são necessários mais estudos para investigar se a ingestão de *berries* é capaz de diminuir as concentrações de glicose sérica e melhorar a resistência insulínica, especialmente em seres humanos (RODRIGUEZ-MATEOS *et al.*, 2014).

2.4 ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E EFEITO CARDIOMETABÓLICO

Os ácidos graxos dietéticos podem desempenhar papéis importantes na causa e prevenção de doenças cardiovasculares (SBC, 2013).

A ingestão de ácidos graxos insaturados pode estar associada a benefícios à saúde, pois contribuem para a redução do colesterol total, LDL-c e triglicerídeos, e para o aumento do HDL-c, levando a diminuição do risco de doenças cardiovasculares (FALUDI *et al.*, 2017; HARRIS; BULCHANDANI, 2006; JORIS, MENSINK, 2016; MICHAS; MICHA; ZAMPELAS, 2014; SACKS *et al.*, 2017). No entanto, revisões sistemáticas e meta-análises mostram que existem resultados conflitantes sobre quantidades e tipos de ácidos graxos que exercem melhores benefícios para prevenção de doenças cardiovasculares (CHOWDHURY *et al.*, 2014; MICHAS; MICHA; ZAMPELAS, 2014; RIZOS *et al.*, 2012; TRIKALINOS *et al.*, 2012).

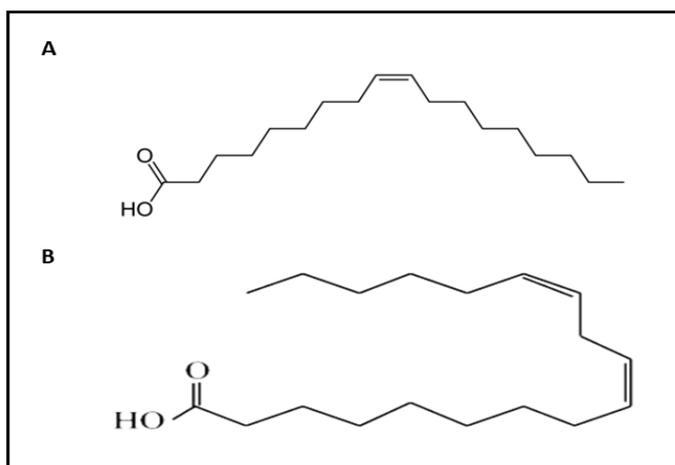
Nos frutos açaí e juçara os ácidos graxos insaturados de destaque são o ácido oleico e o ácido linoleico. Diante disso, esses serão os ácidos graxos abordados na sequência.

O ácido oleico é constituído por 18 carbonos e apresenta uma ligação dupla em sua cadeia carbônica (C18:1), sendo classificado como um ácido graxo monoinsaturado (AGMI) do tipo ômega 9 (n-9). É o AGMI mais comum na dieta humana (~ 90% de todos os AGMI) (SANTOS *et al.*, 2013; WANG & HU, 2017; WANG, 2018). Suas principais fontes dietéticas são azeitonas, azeite de oliva, abacate e oleaginosas (amendoim, castanhas, nozes e amêndoas) (MANN; TRUSWELL, 2011; SPOSITO *et al.*, 2007).

Já o ácido linoleico, também constituído por 18 carbonos, apresenta duas ligações duplas na cadeia carbônica (C18:2), que o classificam como um ácido graxo poli-insaturados (AGPI), do tipo ômega 6 (n-6) (MANN; TRUSWELL, 2011; SANTOS *et al.*, 2013). O ácido linoleico é o mais importante dos ácidos graxos n-6, sendo ainda, precursor dos demais AGPI n-6. Os n-6 são importantes para produção de diversos mediadores lipídicos, sintetizados pela via metabólica da cascata do ácido araquidônico, importantes para reações metabólicas do organismo (SPOSITO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2013). As principais fontes alimentares de ácido linoleico são os óleos vegetais, como soja, girassol, milho, algodão (MANN; TRUSWELL, 2011; SPOSITO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2013).

Na Figura 6, apresenta-se a estrutura química dos ácidos graxos insaturados oleico e linoleico.

Figura 6 – Estrutura dos ácidos graxos insaturados oleico (A) e linoleico (B).



Fonte: Mann & Truswell (2011).

Pela presença das ligações duplas, os ácidos graxos insaturados são particularmente suscetíveis a modificação oxidativa (SANTOS *et al.*, 2013). O ácido linoleico, assim como os demais AGPI, é mais suscetível à oxidação, induzindo maior oxidação lipídica. Entretanto, o ácido oleico é considerado altamente estável à oxidação (SPOSITO *et al.*, 2007).

Algumas evidências mostram que a ingestão de AGMI, especialmente ácido oleico, contribui para a redução das concentrações plasmáticas de LDL-c, e ainda, pode tornar a molécula de LDL-c menos suscetível à oxidação, a qual tem papel relevante na inflamação vascular, disfunção endotelial e formação de células espumosas na parede intimal das artérias, contribuindo para a inibição do processo aterogênico (JOHNSON; BRADFORD, 2014; SANTOS *et al.*, 2013; WANG & HU, 2017; YU-POTH *et al.*, 2000).

Estudo de revisão que investigou os efeitos dos AGMI sobre marcadores plasmáticos do metabolismo lipídico em investigações pós-prandiais e de intervenção clínica nutricional mostrou que os AGMI apresentaram benefícios no metabolismo lipídico pós-prandial, especialmente quando associado ao metabolismo dos triglicerídeos, e ainda contribuíram para melhora no perfil lipídico, pela associação com a redução das concentrações plasmáticas de colesterol total, LDL-c e triglicerídeos, aumento do HDL-c, bem como a redução no tamanho de partículas de LDL-c e aumento das partículas de HDL-c (LOPES *et al.*, 2016).

Além dos efeitos no perfil lipídico, os AGMI podem reduzir a agregação plaquetária e aumentar a fibrinólise e o tempo de coagulação, reduzindo o estado pró-trombótico, característico das doenças cardiovasculares (CARLICCIO *et al.*, 2007; WANG & HU, 2017).

O consumo de AGPI, do tipo linoleico, contribui para redução das concentrações plasmáticas de colesterol total, LDL-c, e aumenta a sensibilidade à insulina (JOHNSON; BRADFORD, 2014; SANTOS *et al.*, 2013). O ácido linoleico tem sido associado com uma redução na relação colesterol total / HDL-c. Além disso, estudos epidemiológicos mostram que substituir 10% das quilocalorias da dieta provenientes de ácidos graxos saturados por AGPI associa-se com uma redução de 18 mg / dL nos níveis de LDL-c (SANTOS *et al.*, 2013; MENSINK *et al.*, 2003).

Uma revisão recente que sumarizou estudos prospectivos que investigaram a relação entre a ingestão dietética de AGPI n-6 e o risco de doenças cardiovasculares aponta que os AGPI apresentam papel importante na prevenção das doenças cardiovasculares. Ensaio clínico controlado randomizado demonstraram que dietas com alto teor de AGPI, principalmente linoleico, e baixo teor de ácidos graxos saturados, reduziram o risco de doença cardíaca coronariana em comparação a dietas com alto teor de ácidos graxos saturados. Ainda, o autor reforça que essa composição dos ácidos graxos dietéticos é uma das recomendações fundamentais das diretrizes dietéticas para os norte-americanos 2015-2020 (WANG, 2018).

Estudos apontam que os AGMI e AGPI são associados à redução do risco cardiovascular, entretanto para os AGMI as evidências são menos robustas do que em relação aos AGPI (FALUDI *et al.*, 2017; MENSINK *et al.*, 2003; USDA, 2015).

A Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose, publicada em 2017 recomenda 15% de AGMI e entre 5-10% de AGPI em relação ao valor energético total para prevenção de dislipidemias (FALUDI *et al.*, 2017).

2.5 AÇAÍ E JUÇARA: EFEITOS BIOLÓGICOS

Conforme abordado anteriormente, os frutos açaí e juçara são matrizes alimentares fonte de nutrientes e compostos bioativos, principalmente antocianinas e ácidos graxos insaturados. Devido a composição de antioxidantes, os efeitos antioxidantes desses alimentos têm sido os efeitos biológicos mais estudados até o momento. Estudos de revisão publicados anteriormente mostraram aspectos botânicos, constituintes químicos e atividades biológicas dos frutos de açaí (DE MOURA; RESENDE, 2016; YAMAGUCHI *et al.*, 2015) e juçara (CARDOSO *et al.*, 2018; SCHULZ *et al.*, 2016). Nessas revisões, os resultados sobre os efeitos da ingestão de açaí e juçara são promissores. Além dos efeitos antioxidantes, outros benefícios tais como anti-inflamatório e efeitos positivos no metabolismo lipídico e glicêmico

foram relatados para ambos os *berries*, entretanto a maioria dessas atividades biológicas foi avaliada em modelos animais (CARDOSO *et al.*, 2018; DE MOURA; RESENDE, 2016).

Apesar de matrizes alimentares ricas em nutrientes, os efeitos biológicos relatados após a ingestão de açaí e / ou juçara em estudos de intervenção, têm sido relacionados especialmente à composição de antioxidantes desses alimentos. A composição de ácidos graxos ou da matriz alimentar, raramente é citada nos ensaios clínicos. Abaixo são apresentados os ensaios clínicos encontrados na literatura até o momento, em que foram investigados os efeitos biológicos da ingestão de açaí e de juçara.

Em humanos, os efeitos biológicos associados ao consumo agudo de açaí (*Euterpe oleracea*) foram investigados em seis ensaios clínicos (ALQURASHI *et al.*, 2016; CARVALHO-PEIXOTO *et al.*, 2015; ELLINGER *et al.*, 2012; JENSEN *et al.*, 2008; MERTENS-TALCOTT *et al.*, 2008; TERRAZAS *et al.*, 2019), e o consumo agudo de juçara (*Euterpe edulis*) em dois ensaios clínicos (CARDOSO *et al.*, 2015; COPETTI *et al.*, 2020).

Com respeito ao açaí, três estudos foram realizados em sujeitos adultos saudáveis (ELLINGER *et al.*, 2012; JENSEN *et al.*, 2008; MERTENS-TALCOTT *et al.*, 2008). Esses ensaios clínicos foram do tipo *cross-over*, tiveram tamanho amostral semelhantes (n = 12), e avaliaram desfechos de estresse oxidativo. No estudo conduzido por Mertens-Talcott *et al.* (2008), a ingestão de 7 mL / kg de peso corporal do indivíduo de polpa de açaí (7 mL de polpa contém ~ 6,8 mg de cianidin-3-*O*-glucosídeo) mostrou um aumento na capacidade antioxidante plasmática, avaliada por ORAC, 2 h após a ingestão. Jensen *et al.* (2008) mostraram que a ingestão de 120 mL de suco contendo açaí (3,2 mg de cianidina-3-*O*-glucosídeo; 8,4 mg de cianidina-3-*O*-rutinosídeo; fenólicos totais (FT): 177,6 mg de EAG) provocou aumento capacidade antioxidante sérica, avaliada por CAP-e (*cell-based antioxidant protection in erythrocytes*), 1 h e 2 h após a ingestão de suco de açaí e diminuiu a peroxidação lipídica, avaliada por TBARS, 2 h após a ingestão de suco. Uma dose única de suco misturado (44% de açaí, 44% de amora preta, 12% de camu-camu – 11,9 mg de cianidina-3-*O*-glucósido; 16,0 mg de cianidina-3-*O*-rutinosídeo; FT: 1612,0 mg de EAG) aumentou a concentração plasmática de ácido ascórbico quando comparado ao controle no estudo de Ellinger *et al.* (2012). Alqurashi *et al.* (2016) também avaliaram biomarcadores do estresse oxidativo em um ensaio clínico randomizado *cross-over*, porém investigaram os efeitos de uma dose única de 200 g de um *smoothie* de açaí (493,0 mg de antocianinas totais; TP: 694,0 mg; gordura total: 8,5 g) em 23 homens com sobrepeso. Os resultados do estudo mostraram uma diminuição na capacidade oxidante total dos indivíduos 7 h após a ingestão

do *smoothie*. Outros dois ensaios clínicos investigaram os efeitos agudos do açaí em condições de exercício (CARVALHO-PEIXOTO *et al.*, 2015; TERRAZAS *et al.*, 2019). Carvalho-Peixoto *et al.* (2015) avaliaram a ingestão de 300 mL / dia de açaí liofilizado (27,6 mg de cianidin-3-*O*-glucosídeo) por quatro dias em 14 atletas em corrida máxima em esteira em um ensaio clínico randomizado. Os autores observaram que a bebida de açaí aumentou o tempo de exaustão durante a corrida máxima em esteira, melhorou as respostas cardiorrespiratórias, reduziu o esforço percebido e foi capaz de atenuar o estresse metabólico induzido pelo exercício (CARVALHO-PEIXOTO *et al.*, 2015). O outro ensaio clínico randomizado, do tipo *cross-over*, mostrou que 400 g / dia de polpa de açaí (286,8 mg de cianidina-3-*O*-glucosídeo; gordura total: 37,2 g) por 2 semanas aumentaram a capacidade antioxidante sérica e a intensidade do limiar anaeróbico e diminuíram a peroxidação lipídica e o lactato sanguíneo durante o esforço em dez atletas ciclistas do sexo masculino (TERRAZAS *et al.*, 2019).

Os ensaios clínicos realizados com juçara foram do tipo *cross-over* e investigaram os efeitos da ingestão única de suco de juçara ou bebida de controle (água) sobre biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis (CARDOSO *et al.*, 2015; COPETTI *et al.*, 2020). No estudo de Cardoso *et al.* (2015) (n = 11) observou-se um aumento na atividade antioxidante sérica, avaliada pelo potencial antioxidante redutor férrico (FRAP), 1 h após a ingestão, e na atividade de GPx, 2 h após a ingestão de 400 mL de suco de juçara (102,9 mg de cianidina-3-*O*-glucosídeo; 480,5 mg de cianidina-3-*O*-rutinosídeo; FT: 1992,1 mg de EAG). Além disso, a peroxidação lipídica diminuiu com o tempo após a ingestão de suco de juçara. O outro estudo, avaliou o efeito da ingestão de 250 mL de suco de juçara (185,0 mg de cianidina-3-*O*-glucosídeo; FT: 350,0 mg de EAG) nos biomarcadores do estresse oxidativo e na fadiga de 15 homens fisicamente ativos em uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT). Imediatamente após o exercício ocorreu uma diminuição do índice de estresse oxidativo e na fadiga. Comparado ao grupo controle, o suco de juçara aumentou a glutathiona reduzida (GSH) 1 h após a sessão do HIIT. Além disso, os resultados mostraram que o suco de juçara aumentou significativamente os fenóis totais e o ácido úrico ao longo do tempo (COPETTI *et al.*, 2020).

Até o momento, os efeitos biológicos associados ao consumo de açaí (*Euterpe oleracea*) correspondentes a intervenções com duração maior que duas semanas, ou seja, com tempo de intervenção de médio a longo prazo, foram investigados em onze ensaios clínicos (ARANHA *et al.*, 2019; BARBOSA *et al.*, 2016; CASTRO *et al.*, 2019; CRUZ *et al.*, 2019;

GOMES *et al.*, 2018; JENSEN *et al.*, 2011; KIM *et al.*, 2018; PALA *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2015; SADOWSKA-KREPA *et al.*, 2015; UDANI *et al.*, 2011) e o consumo de juçara (*Euterpe edulis*) em três ensaios clínicos (JAMAR *et al.*, 2020; SANTAMARINA *et al.*, 2018; SANTAMARINA *et al.*, 2019). Esses estudos são apresentados no Quadro 1, visto que representam o estado da arte relacionado ao objetivo principal da presente tese.

Quadro 1 – Estado da arte referente a ensaios clínicos que avaliaram o consumo de médio a longo prazo de açaí (*Euterpe oleracea*) e de juçara (*Euterpe edulis*) sobre desfechos biológicos.

Autor, ano e local	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
ESTUDOS COM AÇAÍ						
Jensen <i>et al.</i> , 2011 (Estados Unidos)	Amplitude de movimento, percepção de dor, marcadores de estresse oxidativo e inflamatórios	Estudo de intervenção 14 adultos saudáveis (com dor articular leve/moderada e amplitude de movimento reduzida, sem outros sintomas)	120 mL / dia de suco de frutas misto (açaí ingrediente predominante) por 12 semanas	3,2 mg cianidina-3- <i>O</i> -glucosídeo 8,4 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 177,6 mg EAG	Dados não mostrados	Melhora nas medidas de amplitude de movimento Melhora no desempenho de atividades do dia-a-dia ↓ dor ↑ CAP-e ↓ peroxidação lipídica
Udani <i>et al.</i> , 2011 (Estados Unidos)	Parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção 10 adultos com sobrepeso	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	154,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glucosídeo FT: 700,0 mg EAG	Lipídios totais: 9,8 g	↓ glicose ↓ insulina ↓ colesterol total ↓ LDL-c ↓ colesterol total / HDL-c
Pereira <i>et al.</i> , 2015 (Brasil)	Marcadores inflamatórios, metabólicos, e parâmetros antropométricos e de composição corporal	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas (25 eutróficas e 15 com sobrepeso)	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	Dados não mostrados	Lipídios totais: 10,0 g Gordura saturada: 2,0 g	Eutróficas: ↑ peso corporal ↑ IMC ↑ % gordura truncal ↑ dobra cutânea tríceps Com sobrepeso: ↑ EGF ↑ PAI-1 ↓ dobra cutânea tríceps ↓ gordura corpora total
Sadowska-Krepa <i>et al.</i> , 2015 (Polônia)	Marcadores de estresse oxidativo, perfil lipídico e dano muscular	Estudo de intervenção 7 homens corredores treinados	100 mL / dia de suco misto (açaí ingrediente predominante) por 6 semanas	3,2 µg malvidina-3,5-diglicosídeo equivalente FT: 198,0 mg EAG	Dados não mostrados	↑ TAC ↓ dano muscular ↓ colesterol total ↓ LDL-c ↓ triglicerídeos ↑ HDL-c

(continua)

(continuação)

Autor, ano e local	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Barbosa <i>et al.</i> , 2016 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção 35 mulheres adultas saudáveis	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	FT: 262,0 mg EAG	Lipídios totais: 9,4 g	↑ atividade da catalase ↑ TAC ↓ EROs ↓ proteínas carboniladas
Pala <i>et al.</i> , 2017 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e perfil lipídico	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas saudáveis	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	↑ TAC ↑ PON-1 ↓ MDA
Gomes <i>et al.</i> , 2018 (Brasil)	Marcadores inflamatórios e parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção autocontrolado 40 mulheres adultas saudáveis (G1: n = 24, IFN- γ < 5 pg / mL; G2: n = 16, IFN- γ > 5 pg / mL)	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	G2: ↓ pressão sanguínea diastólica ↓ leptina
Kim <i>et al.</i> , 2018 (Estados Unidos)	Marcadores de estresse oxidativo e parâmetros metabólicos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 37 adultos com síndrome metabólica	650 mL / dia de bebida de açaí ou placebo por 12 semanas	307,0 mg cianidina-3-O-glucosídeo FT: 1139,0 mg EAG	Dados não mostrados	Comparado ao placebo: ↓ IFN- γ ↓ 8-isoprostano
Cruz <i>et al.</i> , 2019 (Brasil)	Dano muscular	Ensaio clínico randomizado, 14 homens adultos corredores treinados	200 g / dia de polpa de açaí ou controle (2 unid. de frutas não vermelhas) por 25 dias	Dados não mostrados	Dados não mostrados	↓ creatina quinase (24h depois do exercício)

(continuação)

Autor, ano e local	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Aranha <i>et al.</i> , 2019 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo, inflamatórios e parâmetros metabólicos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 69 adultos com sobrepeso e dislipidêmicos	200 g / dia de polpa de açaí ou placebo (solução com água, carboximetilcelulose e, sucralose, óleo de soja e aroma de açaí) adicionado em uma dieta hipoenergética por 8 semanas	FT: 684,0 mg EAG	Lipídios totais: 12,4 g Ácido oleico: 5,9 g	↓ 8-isoprostano (inter e intragrupo) ↓ IL-6 (grupo açaí) ↓ IFN-γ (ambos os grupos)
Castro <i>et al.</i> , 2019 (Brasil)	Marcadores inflamatórios	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas (25 eutróficas e 15 com sobrepeso)	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	Sobrepeso: ↑ sCD40L sCD40L concentrações abaixo da mediana: ↓ CCL5 ↓ ingestão de proteínas (g)
ESTUDOS COM JUÇARA						
Santamarina <i>et al.</i> , 2018 (Brasil)	Ácidos graxos séricos e marcadores epigenéticos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3-O-glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3-O-rutinosídeo FT: 207,6 ± 11,2 mg	AGMI: 19,3% AGPI: 10,0% Ácido linoleico: 9,6 ± 0,9% Ácido linolênico: 0,5 ± 0,1%	↑ AGMI ↑ AGPI ↑ n-6 / n-3 ↑ nível de DNA metilado ↑ MeCP2 Comparado ao placebo: ↓ ácidos graxos saturados

(conclusão)

Autor, ano e local	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Santamarina <i>et al.</i> , 2019 (Brasil)	Marcadores inflamatórios	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3-O-glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3-O-rutinosídeo FT: 207,6 ± 11,2 mg	AGMI: 19,3% AGPI: 10,0% AGS: 18,7%	↓ IL-6 ↓ TNF- α ↓ MCP-1 ↑ IL-10 ↑ Ob-R proteína Comparado ao placebo: ↓ TLR4 ↓ IL-6 ↓ pIKK α/β ↑ IL-10
Jamar <i>et al.</i> , 2020 (Brasil)	Potencial prebiótico da juçara	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3-O-glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3-O-rutinosídeo FT: 207,6 ± 11,2 mg	Dados não mostrados	↑ acetato fecal ↑ <i>A. muciniphila</i> ($\Delta\%$ = 239,6%) ↑ <i>Bifidobacterium</i> spp. ($\Delta\%$ = 182,6%) ↑ <i>C. coccoides</i> ($\Delta\%$ = 214,0%)

Fonte: Da autora (2020).

Legenda: AGMI, ácidos graxos monoinsaturados; AGPI, ácidos graxos poli-insaturados; AGS, ácidos graxos saturados; AMT, antocianinas monoméricas totais; CAP-e, do inglês *cell-based antioxidant protection in erythrocytes*; CCL5, chemokine (C-C motif) ligand 5 (marcador inflamatório); DNA, ácido desoxirribonucleico; EAG, equivalente de ácido gálico; EGF, do inglês *epidermal growth factor*; ERO, espécies reativas de oxigênio; FT, fenólicos totais; GPx, glutathione peroxidase; HDL-c, do inglês *high-density lipoprotein*; IEO, índice de estresse oxidativo; IFN- γ , interferon gama; IL, interleucina; IMC, índice de massa corporal; LDL-c, do inglês *low-density lipoprotein*; MCP-1, do inglês *monocyte chemotactic protein 1*; MDA, malondialdeído; MeCP2, do inglês *methyl CpG binding proteins 2*; Ob-R proteína, receptores de leptina; PAI-1, do inglês *plasminogen activator inhibitor-1*; pIKK α/β , do inglês *phospho-I κ B-kinase α/β* (complexo enzimático envolvido na resposta celular à inflamação); PON-1, paraoxonase 1; sCD40L, do inglês *membrane-bound CD40L soluble form* (marcador inflamatório); TAC, do inglês *total antioxidant capacity*; TLR, receptores do tipo toll-like; TNF- α , fator de necrose tumoral alfa.

3 JUSTIFICATIVA, ORIGINALIDADE, RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÕES PARA O CONHECIMENTO

O desenvolvimento da presente tese **justifica-se** devido:

- Motivados pelos resultados obtidos nos estudos prévios de nosso grupo de pesquisa (Grupo de Estudos em Nutrição e Estresse Oxidativo – GENEIO), descritos na seção 5.1 desta tese, deu-se continuidade às investigações dos efeitos do consumo de juçara por seres humanos;
- Ao reduzido número de ensaios clínicos publicados até o presente momento, investigando os possíveis efeitos biológicos benéficos da ingestão de açaí e de juçara em seres humanos;
- À ausência de um estudo de médio / longo prazo investigando os efeitos do consumo de juçara sobre atividade antioxidante, perfil lipídico e glicêmico;
- À ausência de um ensaio clínico randomizado no qual ocorreu simultaneamente a ingestão dos *berries* açaí e juçara, para comparação dos efeitos desse consumo;
- À ausência de um estudo de revisão compilando os ensaios clínicos já realizados nos quais os efeitos biológicos da ingestão de açaí e de juçara em seres humanos foram avaliados.

Quanto à **originalidade**, a presente tese contribui com evidências científicas sobre o efeito do consumo de médio / longo prazo dos *berries* açaí e juçara, os quais ainda são pouco estudados em humanos, e pioneiramente, o estudo original da tese compara os efeitos da ingestão desses *berries* sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis.

A presente tese é **relevante**, pois dá continuidade aos estudos com açaí e juçara, visto que, até o momento, os efeitos biológicos da ingestão desses frutos são encontrados em poucos ensaios clínicos, mas que vêm demonstrando resultados promissores. Ainda, um estudo de revisão de literatura, torna-se relevante de modo a contribuir para estudos futuros, no sentido de fornecer evidências sobre ensaios clínicos que investigaram os efeitos biológicos exercidos por esses alimentos. Além disso, considera-se esta tese relevante no sentido de incentivar o consumo de açaí e juçara, contribuindo para a sustentabilidade ambiental das matas Amazônica e Atlântica, respectivamente, devido ao cultivo das palmeiras para produção de seus frutos, bem como apresentando relevância social e econômica, devido a geração de renda aos pequenos agricultores produtores desses alimentos.

Quando investigados os efeitos do consumo de médio / longo prazo sobre atividade antioxidante, perfil lipídico e glicêmico, alguns estudos reportam os efeitos do açaí, mas não

foram encontrados na literatura estudos de médio / longo prazo investigando os efeitos do consumo de juçara sobre esses desfechos. Além disso, ensaios clínicos prévios investigaram os efeitos biológicos gerados pelo consumo dos *berries* açaí e juçara separadamente, nenhum estudo avaliou os efeitos da ingestão desses *berries* simultaneamente, de forma a comparar os efeitos gerados. Diante disso, as **contribuições teóricas** desta tese estão baseadas nas informações inéditas provenientes dos resultados originais deste estudo, os quais dizem respeito aos efeitos do consumo de médio / longo prazo dos *berries* açaí e juçara sobre atividade antioxidante, perfil lipídico e glicêmico em indivíduos saudáveis, o que pode auxiliar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, além de se contribuir com a lacuna de ensaios clínicos comparativos dos efeitos da ingestão desses *berries*. Como **contribuições práticas**, os resultados desta tese fornecem evidências para a tomada de decisão clínicas nutricionais quanto à utilização das polpas e / ou bebidas de açaí e juçara para consumo humano, as quais são matrizes alimentares fontes de compostos bioativos, visando a prevenção de distúrbios metabólicos e oxidativos que podem levar ao desenvolvimento de doenças crônicas. Ainda, contribuem com evidências científicas para que indiretamente, seja incentivado o cultivo das palmeiras *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis* para produção de polpas e / ou bebidas destinadas ao consumo humano. Desta forma, são geradas contribuições para a exploração sustentável dessas espécies, especialmente da *Euterpe edulis* que corre risco de extinção.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do consumo por quatro semanas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da ingestão por quatro semanas de açaí e de juçara sobre:
 - Glicemia de jejum
 - Colesterol total e frações (HDL-c, LDL-c e sd-LDL-c)
 - Triglicerídeos (TG)
 - Capacidade antioxidante total (TAC)
 - Estado oxidante total (TOS)
 - Índice de estresse oxidativo (IEO)
 - Atividade antioxidante enzimática: por meio das dosagens de catalase (CAT), glutationa peroxidase (GPx) e superóxido dismutase (SOD)
 - Ácido úrico
- Elaborar um estudo de revisão da literatura, a fim de reunir as evidências existentes sobre os efeitos biológicos da ingestão de açaí e de juçara em estudos em humanos

5 MÉTODOS

5.1 INSERÇÃO DO ESTUDO

Este estudo está inserido na linha de pesquisa II do Programa de Pós-Graduação em Nutrição da UFSC, denominada “Estudo dietético e bioquímico relacionado com o estado nutricional”. O presente estudo é um subprojeto de uma pesquisa mais abrangente, coordenada pela professora Patricia Faria Di Pietro, intitulada “Efeito do consumo agudo e prolongado do fruto juçara (*Euterpe edulis*) e do açaí (*Euterpe oleracea*) sobre a capacidade antioxidante, biomarcadores de danos oxidativos e parâmetros metabólicos em indivíduos saudáveis”, a qual foi contemplada com financiamento pelo Edital Universal do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCT) número 14/2012 (anexo A).

Além disso, a presente tese faz parte dos estudos desenvolvidos no grupo de pesquisa Comportamento e Consumo Alimentar, do diretório de grupos de pesquisa do CNPq, na linha de pesquisa do Grupo de Estudos em Nutrição e Estresse Oxidativo – GENEIO, também coordenado pela professora Patricia Faria Di Pietro. O GENEIO explora temas relacionados com consumo alimentar e estresse oxidativo desde 2002 e, desde 2011, desenvolve estudos relacionados aos frutos açaí e juçara. Em estudos de mestrado, já foram investigados os efeitos do consumo agudo do fruto juçara sobre biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis (CARDOSO, 2013; CARDOSO *et al.*, 2015a) e em homens fisicamente ativos em uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) (COPETTI, 2018; COPETTI *et al.*, 2020). Em estudo de doutorado, investigou-se o efeito da ingestão aguda do suco de juçara sobre a biodisponibilidade de ácidos fenólicos em indivíduos saudáveis, com o intuito de verificar quais compostos presentes no alimento seriam responsáveis pela atividade antioxidante. Além disso, avaliou-se o efeito da ingestão aguda dos sucos de açaí e juçara sobre biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis (CARDOSO, 2018). Em trabalhos de conclusão de curso, avaliou-se a bioacessibilidade de compostos fenólicos e atividade antioxidante em polpa comercial de frutos da palmeira juçara (*Euterpe Edulis* Martius) submetida ao processo de digestão gastrointestinal *in vitro* (FERNANDES, 2015); investigou-se a influência da capacidade antioxidante da dieta de indivíduos saudáveis na resposta antioxidante sérica após o consumo de suco do fruto juçara (SOUZA, 2017); e em

um estudo de revisão foram identificados os métodos aplicados para avaliação da capacidade antioxidante de alimentos e os alimentos analisados no estado de Santa Catarina (RIBEIRO, 2017). Dando continuidade aos estudos do grupo de pesquisa, a presente tese investigou os efeitos do consumo por quatro semanas de açaí e de juçara sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis, a fim de averiguar os efeitos do consumo prolongado desses alimentos, bem como comparar os efeitos da ingestão desses *berries* que apresentam composição nutricional semelhantes.

5.2 MÉTODO DO ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

5.2.1 Delineamento de estudo

O estudo caracterizou-se como um ensaio clínico randomizado, do tipo cruzado, unicego, com intervenção alimentar por quatro semanas (HOCHMAN *et al.*, 2005).

O ensaio clínico foi conduzido entre julho e dezembro de 2016 e foi registrado na Plataforma do Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (<http://www.ensaiosclinicos.gov.br/>), sob a identificação RBR-9cb3n9.

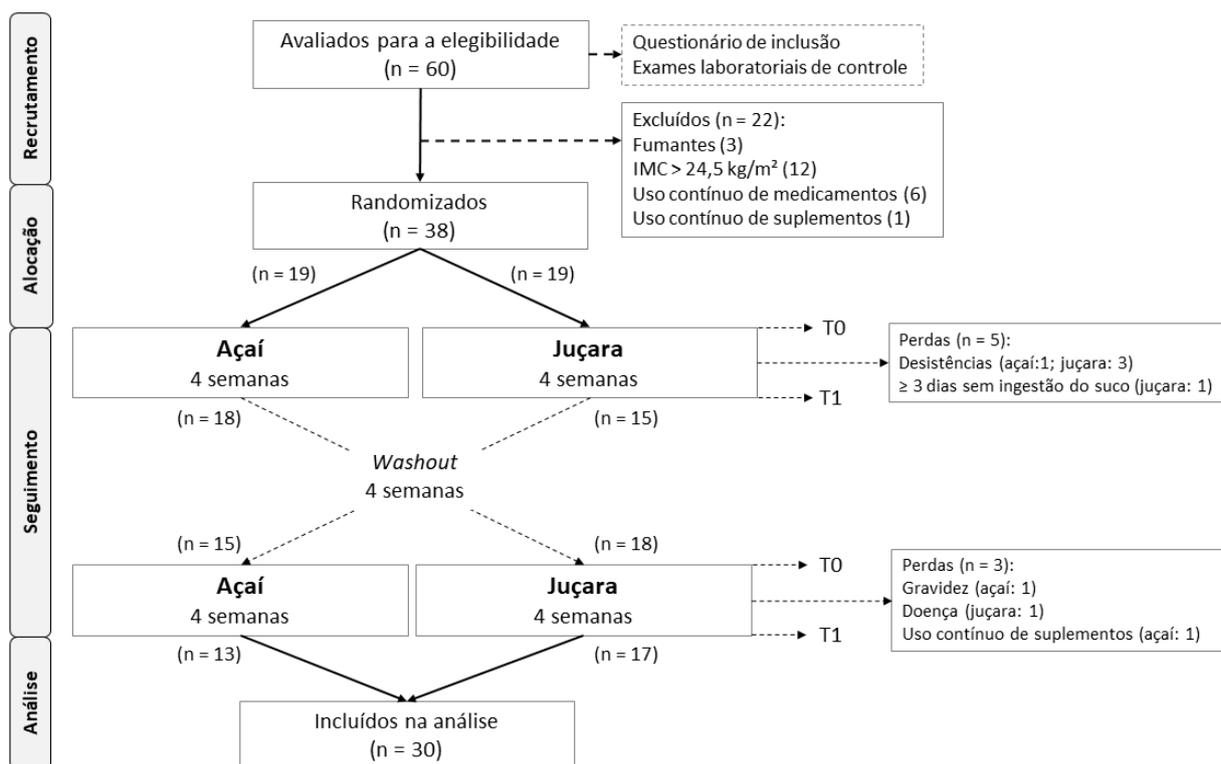
5.2.2 Randomização, ocultamento da alocação e mascaramento

Os participantes foram randomizados de modo a receber duas intervenções alimentares: intervenção com açaí, recebendo polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) e intervenção com juçara, recebendo polpa de juçara (*Euterpe edulis*).

A alocação deu-se por meio de uma amostragem aleatória simples, conforme uma lista de randomização gerada pelo software online *Research Randomizer* (www.randomizer.org). O pesquisador principal conduziu a alocação oculta e os participantes do estudo foram mascarados em relação ao consumo das polpas.

Na Figura 7 é apresentado o fluxograma do estudo.

Figura 7 – Fluxograma do estudo.



Fonte: Da autora (2020).

Legenda: IMC: índice de massa corporal; T0: antes da intervenção; T1: depois da intervenção. Amostras sanguíneas e dados antropométricos foram coletados no T0 e T1. Durante ambos os períodos de intervenção e período *washout*, foram coletados dados da ingestão alimentar.

5.2.3 Participantes do estudo

Os participantes foram recrutados de forma intencional na comunidade acadêmica da Universidade Federal de Santa Catarina e em outras universidades da grande Florianópolis, por meio de cartazes, e-mails e redes sociais.

Foram realizadas entrevistas iniciais com os indivíduos que responderam aos convites, com utilização de questionário padronizado sobre dados socioeconômicos e clínicos (apêndice A), para triagem e inclusão dos participantes no estudo. Os indivíduos considerados aptos a participar, após aplicação do questionário de triagem, realizaram exames bioquímicos laboratoriais de controle, a fim de garantir o controle de saúde dos participantes para inclusão no estudo.

Os critérios para elegibilidade adotados foram: idade entre 19 e 59 anos; eutróficos (índice de massa corporal – IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m²); não gestantes; não lactante; não

fumantes; não atletas; não usuários de bebidas alcoólicas regular (máximo permitido de 1 dose/semana, sendo considerada 1 dose: 1 lata cerveja ou 150 mL de vinho ou 45 mL de bebida destilada); 90 dias antes do início do estudo, bem como no decorrer do protocolo de estudo, não usar medicamentos e suplementos alimentares, estar livre de condições clínicas como infecções ou processos inflamatórios visíveis ou conhecidos, ausência de doenças cardiovasculares, endócrinas, gastrointestinais, renais ou hepáticas; e não apresentar os exames bioquímicos laboratoriais de controle, realizados na triagem no mês anterior ao início do estudo, fora dos valores de referência. Além disso, após o início do estudo, foram excluídos os participantes que apresentaram intolerância gástrica ou complicações relacionadas à ingestão das bebidas, e aqueles que fizeram ingestão irregular das bebidas (\geq três dias consecutivos sem ingestão) (Figura 7).

5.2.4 Intervenções alimentares

Os participantes foram instruídos a consumir 100 mL de polpa de açaí ou de juçara, duas vezes ao dia, ou seja, 200 mL / dia, por quatro semanas. Após quatro semanas de pausa temporal (período *washout*), realizou-se a inversão das intervenções recebidas. Essa quantidade foi estabelecida com base no único estudo publicado, de conhecimento dos autores àquela época, que avaliou o efeito da ingestão por 30 dias de polpa de açaí, em indivíduos com sobrepeso, e foi considerada uma quantidade segura de ingestão sem efeitos adversos (UDANI *et al.*, 2011).

Os participantes receberam as polpas congeladas, fracionadas em copos descartáveis de 100 mL. A entrega das polpas aos participantes foi feita, na maioria das vezes, semanalmente, ou em intervalo de tempo menor, conforme a disponibilidade de espaço para armazenamento das polpas congeladas nas residências dos participantes.

Foram fornecidas orientações para armazenamento e consumo das polpas aos participantes. As polpas deveriam ser mantidas na embalagem recebida e congelados até o momento de consumo. Com relação à ingestão, orientou-se que as polpas deveriam ser consumidas duas vezes ao dia, ou seja, um copo de 100 mL de cada vez, preferencialmente em horários fixos. Sobre o descongelamento das polpas para o consumo, foram feitos testes para averiguar o tempo de descongelamento e, desta forma, padronizou-se que as polpas deveriam ser retiradas do congelador no dia anterior ao consumo e mantidas na geladeira até o total descongelamento, para então serem consumidas. Além disso, os participantes foram

orientados a homogeneizar as polpas no momento do consumo, e consumi-las, preferencialmente, de forma pura, ou seja, sem adição de outros alimentos ou adoçados. No início do estudo, aos participantes que tiveram dificuldades de adaptação à palatabilidade dos alimentos, permitiu-se a adição de alguns alimentos para o consumo (água, outra fruta ou mel). Esses alimentos foram permitidos, considerando que essas são as principais formas de consumo nas regiões sul e sudeste do Brasil.

A fim de garantir o cumprimento do protocolo de intervenção alimentar, os pesquisadores mantiveram contato frequente com os participantes, seja durante a distribuição presencial das polpas ou por mensagens de e-mail e / ou telefone, pelo menos uma vez por semana, para averiguar o acompanhamento do consumo alimentar e seguimento das orientações, esclarecer possíveis dúvidas e prestar assistência, sempre que requerida.

Durante todo o período do estudo, os participantes foram orientados a manter seus hábitos alimentares e de atividade física, apenas inserindo na rotina diária a ingestão das polpas de açaí ou juçara. Os participantes foram orientados a informar aos pesquisadores todo e qualquer evento considerado efeito adverso da intervenção alimentar ou qualquer intercorrência atrelada à intervenção.

5.2.5 Composição nutricional das polpas de açaí e de juçara

As polpas de açaí e de juçara foram produzidas pela empresa Duas Rodas, localizada no município de Jaraguá do Sul – SC, sem conflito de interesse com os pesquisadores do estudo. Ambas as polpas seguiram padronização de processamento e pasteurização, conforme informações fornecidas pela empresa.

Os frutos utilizados para preparar a polpa de açaí foram procedentes de Abaetetuba, Acará e Cametá (PA), e os frutos para preparo da polpa de juçara foram procedentes de Garuva, Jaraguá do Sul e Joinville (SC). A polpa de açaí foi produzida em outubro de 2015, e a polpa de juçara, produzida em abril de 2016, ambos com prazo de validade de 24 meses.

As polpas fornecidas no estudo apresentaram teor de matéria seca de 26,58 g para açaí e de 26,55 g para juçara. Diante disso, de acordo com a regulamentação técnica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as polpas são caracterizadas como: açaí, por apresentar mais de 8% de sólidos totais; e como juçara média ou regular (tipo B), por conter entre 11 e 14% de sólidos totais (BRASIL, 2018).

As polpas foram recebidas congeladas, em embalagens de 5,0 kg ou 17,0 kg. Essas embalagens foram abertas somente nos dias de utilização, momento no qual sofreram processo de descongelamento e fracionamento (copos de 100 mL). Assim que fracionadas, as polpas foram alocadas em freezer (-20°C) imediatamente, e lá permaneceram até serem entregues aos participantes. Sabe-se que muitos antioxidantes são degradados pela exposição à luz e ao ar, desta forma, tomou-se grande cuidado com o manejo das polpas para conservar a estabilidade dos compostos antioxidantes e a segurança alimentar, de forma a manter as polpas fora do congelador o menor tempo possível, rigorosamente em situações necessárias.

A análise da composição nutricional e propriedades antioxidantes *in vitro* das polpas de açaí e juçara foram realizadas no Laboratório de Química de Alimentos do Centro de Ciências dos Alimentos da UFSC, em parceria com a professora Roseane Fett, e no Laboratório Eletroforese Capilar no Departamento de Química da UFSC, em parceria com o professor Gustavo Amadeu Micke. Todas as análises foram realizadas em triplicatas na polpa porcionada, ou seja, imediatamente após o descongelamento e fracionamento em 100 mL.

As metodologias recomendadas pela *Association of Official Analytical Chemicals* (AOAC, 2005) foram adotadas para a determinação do conteúdo de matéria seca, cinzas, acidez titulável, proteínas e lipídios. A matéria seca (934.06) foi determinada por secagem em estufa a 105 ± 5 °C até peso constante e o conteúdo de cinzas por incineração em mufla (940.26). A acidez titulável foi determinada titulando-se as amostras com $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de hidróxido de sódio (942.15). O teor de proteínas foi determinado pelo método Kjeldahl (920.152). Os lipídios totais (extrato etéreo) foram determinados pelo método de extração Soxhlet (933.05). Os ácidos graxos foram submetidos ao método de extração e derivatização (AOCS, 2004). Utilizou-se um cromatógrafo a gás (Shimadzu CG17/Class GC10, Tokio, Japão), uma coluna capilar de sílica fundida SP-2560 (diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de 100 mm), fluxo de gás de arraste hélio de 1 mL / min, e a temperatura do injetor em 140 °C por 5 min, depois aquecimento de 4 °C / min até chegar aos 240 °C, permanecendo nessa temperatura por 20 min e a temperatura do detector em 260 °C. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os padrões de ácidos graxos metilados (Sigma-Aldrich Chemie, St. Louis, EUA), e a quantificação, por normatização das áreas dos picos. Os resultados foram expressos em percentual aos lipídios totais.

Para a determinação dos açúcares glicose, frutose e sacarose, 2 mL de cada polpa foram centrifugados (7982 g, 15 min) e o sobrenadante foi coletado e injetado em um sistema de eletroforese capilar (Agilent Technologies, model 7100, Palo Alto, CA, Estados Unidos) equipado com detector de arranjo de diodos usando o método previamente descrito por Rizelio *et al.* (2012).

Para quantificação dos compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante, as amostras foram extraídas sequencialmente de acordo com o método de Rufino *et al.* (2010). Para o preparo dos extratos, 2 mL de cada amostra foram extraídos com 10 mL de metanol em ultrasom a 25 ± 2 °C por 60 minutos USC-1400 (Unique, São Paulo, Brasil). Os extratos foram centrifugados (5300 g, 15 min) e, em seguida coletou-se o sobrenadante. O resíduo centrifugado foi submetido a um novo processo de extração com 5 mL de acetona 70:30 (v/v) nas mesmas condições citadas acima. O novo sobrenadante extraído foi adicionado ao sobrenadante da primeira extração e o volume foi completado para 25 mL em balão volumétrico com água desionizada. O conteúdo de compostos fenólicos totais dos extratos foi determinado por método colorimétrico em espectrofotômetro com reativo de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Em balões volumétricos de 10 mL, foram adicionados 4 mL de água desionizada e 100 µL dos extratos, seguido da adição de 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de solução de carbonato de sódio 20 % m/v. O volume foi ajustado para 10 mL com água desionizada e o conteúdo homogeneizado. Após 2 horas ao abrigo da luz, foi realizada a leitura da absorbância em 765 nm utilizando espectrofotômetro Spectro Vision, modelo SB1810-S (Beijing, China). A capacidade antioxidante dos extratos das amostras foi quantificada de duas maneiras: 1) pela ação de desativação do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrildrazil) por antioxidantes presentes nos extratos, baseado no método de Brand-Williams; Cuvelier & Berset (1995). Para isso, o percentual de inibição do radical foi medido pela da leitura de absorbância a 515 nm antes (A_0) e após (A_f) a adição de 100 µL do extrato diluído em 2,9 mL do radical DPPH 0,1 mM em metanol 80% com tempo de reação fixado em 30 minutos ao abrigo da luz em temperatura ambiente. A percentagem (%) de inibição de radicais DPPH foi dada pela seguinte equação: % inibição = (absorbância da amostra $t=30\text{min}$) / (absorbância do controle $t=0\text{min}$) x 100. Curvas padrão foram utilizadas para esse método. 2) e pelo método de potencial antioxidante redutor férrico (FRAP, do inglês *Ferric Reducing Ability of Plasma*), de acordo com o método descrito por Benzie & Strain (1996). Aliquotas de 200 µL dos extratos diluídos foram adicionadas a 200 µL de cloreto férrico

FeCl₃, homogeneizados e acondicionados em banho de água por 30 minutos a 37 ± 2 °C. Em seguida, 3,6 mL da solução de TPTZ (2,4,6-tripiryridyl-s-triazine) foram adicionados aos tubos e novamente homogeneizados. Após 10 minutos de repouso a absorbância foi mensurada em 620 nm.

Para identificação e quantificação de cianidina-3-*O*-glicosídeo e cianidina-3-*O*-rutinosídeo, as amostras foram diluídas em água ultrapura (1:2 m/m) e centrifugadas (8000 g, 10 min, 4°C). O sobrenadante foi utilizado para quantificação dos tipos de cianidinas. As amostras foram extraídas duas vezes. Para a identificação e quantificação das cianidina, utilizou-se um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (Shimadzu LC-20AT, Kyoto, Japão), equipado com um detector de arranjos de diodos (Shimadzu, SPD-M20A, Kyoto, Japão), utilizando uma coluna de fase reversa C18 (150 mm × 4.6 mm DI) com um tamanho de partícula de 5 µm (Supelco, Nucleosil, Bellefonte, PA, Estados Unidos). Utilizou-se um gradiente binário com fase móvel alternada A (metanol) e B (3% de ácido fórmico em água) com um fluxo de programação de 1,0 mL / min. O volume de injeção foi de 20 µL para todas as amostras e a detecção foi realizada a 520 nm. Os picos identificados foram confirmados usando padrões autênticos de cianidina-3-*O*-glicosídeo e cianidina-3-*O*-rutinosídeo (Extrasynthese, Genay, Lyon, França), dissolvidos em metanol acidificado (0,1% HCl). A quantificação foi realizada por meio de curvas de calibração.

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado de acordo com o método de Tillmans (STROHECKER, HENNING, 1967).

No Quadro 2 apresenta-se a composição nutricional e propriedades antioxidantes das polpas, de acordo com a quantidade diária recomendada para ingestão aos participantes do estudo (200 mL).

Quadro 2 – Composição nutricional e propriedades antioxidantes *in vitro* das polpas de açaí e juçara (200 mL).

Componentes	Açaí		Juçara	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Matéria seca (g)	26,58	0,14	26,55	0,69
Cinzas (g) †	0,91	0,07	0,26	0,03
Acidez titulável (mL 1N NaOH) †	1,34	0,12	0,68	0,03
Proteínas (g)	2,47	0,01	2,45	0,03
Lipídios (extrato etéreo) (g) †	14,05	0,02	8,69	0,16
Ácido oleico* (%)	45,50	4,38	42,47	2,35
Ácido linoleico* (%) †	15,21	2,07	25,96	1,19
Glicose (mg) †	526,46	57,08	684,50	27,54
Frutose (mg) †	533,52	25,98	731,34	8,67
Sacarose (mg)	ND		ND	
Fenólicos totais (mg EAG) †	434,31	19,43	1300,17	91,39
Cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo (mg) †	114,67	0,11	231,02	0,05
Cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo (mg) †	106,91	0,17	98,52	0,05
DPPH (mg EAA) †	428,10	29,81	1206,91	59,71
DPPH (mmol Trolox) †	3,37	0,23	9,50	0,46
FRAP (mmol EAA) †	1,14	0,55	4,19	0,31
FRAP (mmol sulfato ferroso) †	2,93	0,12	10,04	0,70
Ácido ascórbico (mg)	73,60	10,00	65,24	3,32

Fonte: Da autora (2020).

n = 3. ND: não detectado. EAG: equivalente de ácido gálico; DPPH: radical 2,2-difenil-1-picrildrazil; EAA: equivalente de ácido ascórbico; FRAP: potencial antioxidante redutor férrico (do inglês *ferric reducing antioxidant power*). *Valores expressos em % da fração lipídica. † Diferença significativa intergrupo ($P < 0.05$, teste *t* de Student).

5.2.6 Dados antropométricos

Antes e após os períodos de intervenção e no período *washout* foram coletados os dados antropométricos de peso atual (kg) e estatura (cm) (Figura 7), sendo aferidos por profissional treinado, seguindo técnicas propostas pelo Sistema de Vigilância Alimentar e

Nutricional (SISVAN), do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Para a aferição do peso utilizou-se balança digital Marte® (São Paulo, Brasil) com capacidade de 150 kg e precisão de 100 g. A altura foi aferida em estadiômetro Altura Exata®, capacidade de 2,00 m e precisão de 1,0 cm (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) com precisão de 1 mm.

As medidas de peso e estatura foram utilizadas para o cálculo do IMC, sendo calculado pela razão entre o peso do indivíduo (expresso em quilogramas) e sua estatura (em metros) ao quadrado. O resultado, apresentado em kg/m², foi utilizado como indicador do estado nutricional, utilizando-se como parâmetro a classificação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006).

5.2.7 Dados sobre o consumo alimentar

Durante cada período de intervenção e no período *washout*, os participantes foram instruídos a manter registros alimentares não consecutivos de três dias, sendo dois dias referentes a dias de semana e um dia referente ao final de semana, a fim de documentar a ingestão dietética daquele período e também para verificar o cumprimento das instruções alimentares (Figura 7).

Os participantes receberam um formulário apropriado (apêndice B) para facilitar o apontamento das informações. Além disso, receberam orientações verbais (antes do início e no decorrer do estudo), e também por escrito (primeira página do formulário) sobre o preenchimento das informações, com exemplos de como proceder, para garantir o registro adequado das informações. Os participantes foram orientados a ser o mais fidedigno possível na anotação das informações. Todos os registros alimentares preenchidos foram verificados quanto à precisão por um nutricionista.

Os pesquisadores solicitaram que fossem registrados todos os alimentos e bebidas consumidos durante os três dias, incluindo as intervenções alimentares, informando o horário da refeição, detalhamento do alimento, forma de preparo e quantidades consumidas. Todas as orientações fornecidas e assistência prestada aos participantes foram realizadas por nutricionista.

Posteriormente, as informações registradas no formulário foram padronizadas e transformadas em gramas e / ou mililitros de alimentos e / ou bebidas com auxílio de tabelas para conversão de medidas caseiras (PINHEIRO *et al.*, 2005; BOMBEM *et al.*, 2012),

pesagem ou rótulos dos alimentos, e utilizadas para avaliar o consumo energético e de nutrientes dos participantes.

A estimativa do consumo alimentar foi realizada por meio do software *Nutrition Data System for Research*® - NDSR, versão grad pack 2017 (NCC Food and Nutrient Database, University of Minnesota, Minneapolis, EUA). O NDSR é um software norte-americano que utiliza como principal base de dados a tabela norte-americana do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, do inglês *United States Department of Agriculture*) para informações da composição nutricional. Para adequar as informações nutricionais contidas no software à realidade brasileira, antes da inserção das informações, verificaram-se as equivalências nutricionais dos alimentos disponíveis no software com as informações de alimentos brasileiros disponíveis na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011), sendo que os alimentos que apresentaram concordância entre 80 a 120% para energia, carboidratos, proteínas e lipídios foram utilizados. Além disso, preparações e alimentos típicos brasileiros foram inseridas manualmente no NDSR, de acordo com receitas padronizadas propostas por Fisberg & Villar (2002) ou testadas pelos pesquisadores do estudo. A inserção das informações alimentares no NDSR foi realizada de forma padronizada, de acordo com as recomendações propostas por Fisberg & Marchioni (2012).

Todos os alimentos e bebidas consumidos foram incluídos na estimativa do consumo alimentar, inclusive as intervenções alimentares (polpas de açaí e de juçara).

5.2.8 Coleta e preparo do material biológico

Antes e após os períodos de intervenção e no período *washout*, amostras sanguíneas (Figura 7) foram coletadas (16 mL) por punção venosa com sistema de vácuo (Vacuntainer-BD®, São Paulo, Brasil) em tubos secos ou com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e imediatamente centrifugadas (1000 g, 10 min, 4°C).

As coletas sanguíneas foram realizadas com o participante em jejum prévio de 9 a 12 horas, por uma enfermeira capacitada do Hospital Universitário da UFSC e aconteceram no Laboratório de Comportamento Alimentar do Departamento de Nutrição da UFSC.

Os tubos de sangue foram devidamente acondicionados em caixa térmica e transportados imediatamente até o Laboratório de Pesquisa em Lipídeos, Antioxidantes e Aterosclerose da UFSC, local onde foram realizadas as análises bioquímicas em parceria com o professor Edson Luiz da Silva.

Após centrifugação dos tubos secos, retirou-se o soro sobrenadante e armazenou-se em tubos do tipo *eppendorf* em alíquotas de 500 µL. As amostras de soro foram utilizadas para a determinação dos seguintes parâmetros: glicemia de jejum, colesterol total (CT), HDL-c, LDL-c pequena e densa (sd-LDL-c), triglicerídeos (TG), ácido úrico, ureia, creatinina, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), capacidade antioxidante total (TAC, do inglês *total antioxidant capacity*), e *status* oxidante total (TOS, do inglês *total oxidant status*). As análises de sd-LDL-c, TAC e TOS foram realizadas no mesmo dia em que ocorreu a coleta sanguínea, com amostras frescas de soro. As demais análises foram realizadas posteriormente, e para isso, as amostras de soro foram armazenadas a -80 °C, e utilizadas observando-se os períodos de estabilidade de cada analito bioquímico.

Dos tubos com EDTA, retirou-se alíquotas de 1 mL de sangue total em tubos do tipo *eppendorf* para determinação das enzimas antioxidantes (CAT, GPx e SOD). Esses tubos foram centrifugados (700 g, 10 min, 4°C) e o plasma sobrenadante foi transferido para outro tubo do tipo *eppendorf* e armazenados a -80 °C para futuras análises em outros estudos. Após retirado o plasma, os eritrócitos foram utilizados para fazer três lavagens com solução fisiológica. Cada lavagem foi feita com centrifugação (700 g, 10 min, 4°C). Após a última centrifugação, o sobrenadante foi desprezado e completou-se o mesmo volume de células com solução fisiológica. A 100 µL dessa mistura de células (eritrócitos e solução fisiológica), adicionou-se 1 mL de solução hemolisante (solução de MgSO₄ 4 nM e Ácido Acético 1 nM). Os hemolisados foram alocados a -80 °C até momento de sua utilização.

5.2.9 Análises bioquímicas

5.2.9.1 Determinação dos biomarcadores metabólicos

Os biomarcadores metabólicos foram avaliados em dois momentos: no mês anterior ao início do estudo, representando exames laboratoriais de controle, os quais possibilitaram maior rigor na triagem dos participantes; e ao longo do protocolo do estudo, como desfechos da pesquisa e / ou parâmetros de monitoramento da saúde renal e hepática dos participantes.

Foram considerados parâmetros de controle e desfechos metabólicos: **glicemia de jejum**, determinada pelo método glicose-oxidase segundo as instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil), sendo os valores de referência para glicemia normal

<100, tolerância diminuída 100-126, diabetes ≥ 126 mg/dL (SBD, 2016); **CT** e **TG**, ambos mensurados por método automatizado e colorimétrico (Trinder), de acordo com instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil), sendo os valores de referência para CT desejáveis < 200, limítrofe entre 200-239 e alto ≥ 240 mg/dL, e para TG de desejáveis < 150, limítrofe entre 150-200, alto ≥ 200 mg/dL (SBC, 2013); **HDL-c**, determinado por método de precipitação das lipoproteínas, de acordo com as instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil), com valores de referência desejável > 60 e baixo sendo < 40 mg/dL (SBC, 2013); **LDL-c**, estimado pela equação de Friedewald [$LDL-c = CT - (HDL-c + TG / 5)$] (FRIEDEWALD; LEVY; FREDRICKSON, 1972), com valores de referência ótimo < 100, desejável entre 100-129, limítrofe entre 130-159, alto >160 mg/dL (SBC, 2013); **sd-LDL-c**, determinada pelo método LDL-c homogêneo, de acordo com as instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil), após precipitação seletiva das demais lipoproteínas por heparina e cloreto de magnésio (CAVALCANTE; SILVA, 2012).

Foram considerados parâmetros de controle e de monitoramento: **ureia** (valor de referência entre 15-45 mg/dL), **creatinina** (valor de referência para homens entre 0,70-1,20 mg/dL e para mulheres entre 0,53-1,00 mg/dL), **AST** (valor de referência para homens entre 11-39 U/L e mulheres entre 10-37 U/L) e **ALT** (valor de referência para homens entre 11-45 U/L e mulheres entre 10-37 U/L). Ureia e creatinina foram avaliadas por técnica colorimétrica, e AST e ALT, por técnica cinética, todos seguindo as instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil).

Todas as análises de biomarcadores metabólicos foram realizadas em equipamento automatizado (Cobas-Mira Plus® - Roche, Basel, Canton, Suíça).

5.2.9.2 Determinação dos biomarcadores de estresse oxidativo

Os seguintes desfechos foram considerados biomarcadores de atividade antioxidante e oxidante: **ácido úrico**, determinado por método enzimático e reação de Trinder, segundo as instruções do fabricante Labtest® (Lagoa Santa – MG, Brasil), sendo os valores de referência para homens entre 2,5-7,0 mg/dL e mulheres entre 1,5-6,0 mg/dL; **TAC**, determinada por método que avalia a capacidade dos antioxidantes da amostra de estabilizar o cátion radical estável ABTS, originando um cromóforo com absorção máxima a 660 nm (EREL, 2004); **TOS**, que consiste no princípio da oxidação do íon ferroso em íon férrico pelos oxidantes da

amostra, em meio ácido e na determinação do íon férrico pelo laranja de xilenol. É baseado em técnica colorimétrica e ensaio calibrado por peróxido de hidrogênio (EREL, 2005); **índice de estresse oxidativo (IEO)**, dado pela proporção de TOS para TAC, calculado de acordo com a seguinte fórmula: $\text{IEO (unidade arbitrária)} = \text{TOS } (\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ eqv / L}) / \text{TAC (mmol trolox eqv/L)}$ (CINGI YIRÜN *et al.*, 2016); **CAT**, enzima que catalisa a conversão de duas moléculas de H₂O₂ em oxigênio e duas moléculas de água. O método baseia-se na reação da enzima com metanol na presença de H₂O₂. Essa reação produz formaldeído, o qual é mensurado colorimetricamente com Purpald (4-amino-3-hidrazino-5-mercaptop-1,2,4-triazole) a 240 nm (JOHANSSON; BORG, 1988); **GPx**, enzima catalisa a reação de hidroperóxidos orgânicos com GSH para formar GSSG e o produto de redução do hidroperóxido. A atividade da GPx é medida pela taxa de oxidação de NADPH (*β-nicotinamide adenine dinucleotide 2-phosphate reduced tetrasodium salt*) na presença de GSH e glutatona redutase (WENDEL, 1981); e **SOD**, enzima responsável pela dismutação do ânion superóxido em H₂O₂ e oxigênio molecular. A enzima foi medida com kit Sigma Aldrich®, utilizando sal tetrazólio, solução de trabalho, que produz um composto colorido solúvel em água. A taxa de redução do ânion superóxido é linearmente relacionada com a ação da xantina oxidase e é inibida pela SOD. Portanto, 50% da inibição da atividade da SOD pode ser determinada colorimetricamente com absorvância a 450 nm.

5.2.10 Tratamento e análise dos dados

5.2.10.1 Modelo de análise

As intervenções alimentares (polpas de açaí ou juçara) representam as variáveis independentes do estudo (exposição). As variáveis dependentes (desfechos), são representadas por glicemia de jejum, perfil lipídico (CT, TG, HDL-c, LDL-c e sd-LDL-c) e biomarcadores de estresse oxidativo (ácido úrico, TAC, TOS, IEO, CAT, GPx e SOD). As covariáveis sexo, peso, estatura, IMC e consumo alimentar (energia, proteínas, lipídios, carboidratos e fibra alimentar) foram utilizadas para caracterizar os participantes. No Quadro 3 estão descritas todas as variáveis, suas dimensões (unidades de medida / categorias), bem como suas respectivas classificações teóricas.

Quadro 3 – Descrição das variáveis, suas dimensões e classificação teórica.

Categoria	Variável (Unidade de medida / Categorias)	Classificação teórica
Exposição	Intervenção alimentar (polpa de açaí ou juçara)	Independente, categórica, dicotômica
Desfechos	Glicose (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	Colesterol total (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	HDL-c (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	LDL-c (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	sd-LDL-c (mg/L)	Dependente, numérica, contínua
	Triglicerídeos (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	Ácido úrico (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	TAC (mmol equivalente de Trolox/L)	Dependente, numérica, contínua
	TOS (µmol equivalente de H ₂ O ₂ /L)	Dependente, numérica, contínua
	IEO (unidade arbitrária)	Dependente, numérica, contínua
	Catalase (U/mg hemoglobina)	Dependente, numérica, contínua
	GPx (mU/mg hemoglobina)	Dependente, numérica, contínua
SOD (USOD/mg hemoglobina)	Dependente, numérica, contínua	
Monitoramento	Ureia (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	Creatinina (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	AST (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
	ALT (mg/dL)	Dependente, numérica, contínua
Caracterização	Sexo (masculino/feminino)	Independente, categórica, dicotômica
	Idade (anos)	Independente, numérica, discreta
	Peso (kg)	Dependente, numérica, contínua
	Estatura (m)	Independente, numérica, contínua
	Índice de massa corporal (kg/m ²)	Dependente, numérica, contínua
	Energia (kcal)	Dependente, numérica, contínua
	Proteínas (g)	Dependente, numérica, contínua
	Lipídios totais (g)	Dependente, numérica, contínua
	Carboidratos (g)	Dependente, numérica, contínua
Fibra alimentar (g)	Dependente, numérica, contínua	

Fonte: Da autora (2020).

Legenda: GPx, glutationa peroxidase; HDL-c, colesterol da lipoproteína de alta densidade, do inglês *high-density lipoprotein-cholesterol*; IEO, índice de estresse oxidativo; LDL-c, colesterol da lipoproteína de baixa densidade, do inglês *low-density lipoprotein-cholesterol*; sd-LDL-c, LDL pequena e densa, do inglês *small, dense LDL-c*; SOD, superóxido dismutase; TAC, capacidade antioxidante total, do inglês *Total Antioxidant Capacity*; TOS, estado oxidante total, do inglês *Total Oxidant Status*.

5.2.10.2 Análises estatísticas

O tamanho amostral foi determinado com base na fórmula proposta por Browner; Newman & Hulley (2008) para diferença de médias, considerando-se um poder do estudo de

80%, com alfa bilateral de 5%, e 20% para possíveis perdas. Além disso, considerou-se as informações de estudos prévios semelhantes (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2016) como valores de referência para se detectar uma diferença significativa de 10% ou mais nos desfechos TAC, CAT, CT, LDL-c e TG, em adultos saudáveis. Com base nessas informações, uma amostra final de 34 sujeitos foi estimada (BROWNER; NEWMAN; HULLEY, 2008). No entanto, devido às perdas amostrais ao longo do protocolo experimental, o poder do estudo foi estimado a posteriori com base no tamanho da amostra disponível. Considerando um alfa bilateral de 5%, o estudo mostrou poder de 71% para detectar diferenças significativas nesses desfechos (BROWNER; NEWMAN; HULLEY, 2008).

Ressalta-se que, em estudos prévios que avaliaram o efeito do consumo prolongado de alimentos (frutos, sucos ou polpas) ricos em antocianinas sobre biomarcadores de estresse oxidativo (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2016; JENSEN *et al.*, 2011; KARDUM *et al.*, 2014) ou parâmetros metabólicos (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2014; UDANI *et al.*, 2011) com intervenções por, no mínimo, quatro semanas, e que foi possível detectar diferenças significativas nos parâmetros avaliados, o tamanho amostral variou entre 10 e 35 indivíduos. O presente estudo apresenta tamanho amostral de acordo com os estudos prévios publicados.

O banco de dados do estudo foi organizado em planilhas do Microsoft Office Excel® versão 2013. Com o auxílio do software Stat Transfer® (Circle Systems, Washington, Estados Unidos), o banco de dados foi transferido para o software estatístico STATA® versão 11.0 para Windows (StataCorp, Texas, EUA), licenciado para o PPGN, para realização das análises estatísticas.

Os dados de consumo alimentar foram ajustados pela variabilidade intra e interindividual, e também pela energia, de acordo com o método residual (WILLET; STAMPER, 1998).

A normalidade das variáveis contínuas foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Foram consideradas assimétricas as variáveis que apresentaram valor $P < 0,05$ para este teste. Transformações logarítmicas foram realizadas em algumas variáveis assimétricas a fim de atender às premissas das análises paramétricas.

A título de descrição, as variáveis numéricas foram apresentadas por média e desvio-padrão (caracterização das polpas e dos participantes), média e erro padrão ou mediana e

intervalo interquartil (desfechos metabólicos e de estresse oxidativo), conforme a distribuição dos dados.

Inicialmente, as eventuais diferenças promovidas pelos dois tratamentos (polpas de açaí ou de juçara) e os tempos de análise (antes e depois de quatro semanas) foram verificadas pelo teste de ANOVA de medidas repetidas, levando em consideração o tipo de tratamento, tempo de análise e interação entre tipo de tratamento e tempo de análise (dados não mostrados). Como não foram observados efeitos significativos na interação entre tipo de tratamento e tempo, os períodos de intervenção foram considerados independentes. Desta forma, as comparações entre valores finais e iniciais dos desfechos avaliados intragrupo em cada tratamento foram avaliadas por teste *t* pareado ou Wilcoxon. A mudança percentual relativa intergrupo foi calculada com base nos valores médios / medianos usando a seguinte fórmula $\% \Delta = ((\text{valor final} - \text{valor inicial}) / \text{valor inicial}) \times 100$, e avaliada por teste *t* de *Student* ou teste de Mann-Whitney.

Considerou-se um nível de significância menor que 5% ($P < 0,05$).

5.2.11 Procedimentos éticos da pesquisa

O protocolo do presente estudo segue os preceitos estabelecidos na declaração de Helsinki e na Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 2012 (BRASIL, 2013).

O presente estudo é um subprojeto englobado em uma pesquisa maior intitulada “Efeito do consumo agudo e prolongado do fruto juçara (*Euterpe edulis*) e do açaí (*Euterpe oleracea*) sobre a capacidade antioxidante, biomarcadores de danos oxidativos e parâmetros metabólicos em indivíduos saudáveis”, coordenada e de responsabilidade da professora Dra. Patricia Faria Di Pietro, cujo protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC, sob o número 33131414.2.0000.0121 (anexo B).

Os indivíduos foram convidados a participar do estudo sem qualquer constrangimento, recebendo todas as explicações necessárias para o entendimento do protocolo experimental utilizado, bem como possíveis riscos e benefícios. A participação foi voluntária e comunicou-se aos participantes que eles poderiam desistir a qualquer momento do estudo, sem qualquer consequência. As informações coletadas são sigilosas e utilizadas somente para este estudo.

Aos indivíduos que aceitaram participar, apresentou-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice C), que após o entendimento e sanadas as dúvidas, foi assinado pelo participante.

5.3 MÉTODO DA REVISÃO DE LITERATURA

Conduziu-se uma revisão de literatura do tipo integrativa, com busca sistemática, com o objetivo de reunir os achados de estudos em humanos (ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos não randomizados e / ou estudos de intervenção) quanto aos efeitos biológicos da ingestão dos *berries* açaí e juçara.

A revisão integrativa foi realizada de acordo com as etapas: definição do objetivo principal, estabelecimento de critérios de inclusão para seleção das referências, extração e síntese dos dados, análise dos dados, discussão dos resultados e a apresentação da revisão (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Após a definição do objetivo central da revisão, foram definidos os termos de busca / descritores com base em palavras-chave de artigos de referência, em vocabulários estruturados do *Medical Subject Headings* (MeSH terms), e em termos relacionados ao tema de estudo, considerando possíveis variações de escrita. Definiu-se, ainda, a estratégia de busca, com utilização dos operadores booleanos, AND e OR, e parênteses, de acordo com as particularidades de cada base de dados pesquisada. As combinações múltiplas de termos utilizadas foram: ("euterpe oleracea" OU açaí OU açai OU acai OU acaí OU assaí OU assai OU "euterpe edulis" OU juçara OU jucara OU jussara) AND (trial OR clinical trial OR human OR intervention).

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados *Science Direct*, via *Scopus*, e na base de dados do sistema online de busca e análise de literatura médica (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online – Medline*), via sistema *PubMed*, e foram resgatados todos os estudos publicados até 12 de abril de 2020.

Os critérios de elegibilidade aplicados foram: estudos (ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos não randomizados e / ou estudos de intervenção) com açaí e / ou juçara que avaliaram algum efeito biológico em seres humanos. Foram excluídos estudos de revisão, metodologias para extração de compostos de frutas sem efeitos biológicos ou aspectos botânicos. Todos os ensaios clínicos encontrados nas bases de dados investigadas com açaí e / ou juçara que avaliaram alguma atividade biológica em seres humanos foram incluídos na revisão.

Os estudos foram selecionados com base em seus títulos e resumos e, em textos completos, se necessário. Dois pesquisadores examinaram independentemente os estudos identificados e avaliaram a elegibilidade. Quaisquer divergências foram resolvidas por consenso.

Após a seleção, prosseguiu-se com a extração dos dados dos estudos selecionados, bem como foram realizadas as análises qualitativas inferenciais, considerando os resultados de cada estudo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se neste capítulo os resultados e discussão da tese, em forma de dois artigos científicos.

Inicialmente, apresenta-se o primeiro manuscrito da tese, referente ao estudo original, o qual investigou os efeitos do consumo por quatro semanas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis, e que foi publicado em um periódico internacional.

Em seguida, apresenta-se o segundo manuscrito oriundo da tese, que foi elaborado com base no referencial teórico da tese e a partir das reflexões evidenciadas durante a condução do estudo original. Trata-se de um estudo de revisão que investigou as atividades biológicas do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e da juçara (*Euterpe edulis* Mart.) em estudos em humanos.

6.1 ARTIGO 1: ORIGINAL DA TESE DE DOUTORADO

Este artigo, referente aos dados originais desta tese, foi publicado no periódico internacional *Clinical Nutrition*, ISSN 0261-5614, fator de impacto de 6.402 e Qualis CAPES 2013-2016 A1 Nutrição. A referência do artigo é:

De LIZ, S.; CARDOSO, A.L.; COPETTI, C.L.K.; HINNIG, P.F.; VIEIRA, F.G.K.; Da SILVA, E.L.; SCHULZ, M.; FETT, R.; MICKE, G.A.; DI PIETRO, P.F. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and juçara (*Euterpe edulis* Mart.) juices improved HDL-c levels and antioxidant defense of healthy adults in a 4-week randomized cross-over study. *Clinical Nutrition*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.04.007>.

O acesso ao texto completo pode ser feito pelos endereços:

[https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614\(20\)30162-X/pdf](https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614(20)30162-X/pdf)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026156142030162X>

6.2 ARTIGO 2: REVISÃO DE LITERATURA

Este manuscrito, referente à revisão de literatura, foi submetido para publicação em um periódico internacional. O artigo foi redigido na língua inglesa e formatado segundo as normas do periódico, porém nesta tese de doutorado está apresentado na língua portuguesa.

Atividades biológicas da ingestão dos frutos açai (*Euterpe oleracea* Mart.) e juçara (*Euterpe edulis* Mart.): uma revisão de estudos em humanos

Resumo

Açaí (*E. oleracea*) e juçara (*E. edulis*) são *berries* considerados fonte de compostos bioativos, especialmente antocianinas e ácidos graxos insaturados, com atividades reconhecidas de promoção da saúde, avaliadas em modelos animais e em seres humanos. Diante disso, uma revisão integrativa de literatura, com busca sistemática, foi realizada a fim de identificar os ensaios clínicos disponíveis que avaliaram os efeitos da ingestão de açai e / ou juçara no organismo humano. As bases de dados *Science Direct* e *Medline* foram consultadas. Ensaios clínicos que avaliaram alguma atividade biológica após a ingestão de açai e / ou juçara foram incluídos na revisão. Foram identificados 23 ensaios clínicos, publicados até 12 de abril de 2020. Os estudos avaliaram os efeitos biológicos do açai (n = 17), juçara (n = 5) ou de ambos os *berries* simultaneamente (n = 1). Os resultados dos ensaios clínicos sugerem que ambos os *berries* podem contribuir para melhorar a defesa antioxidante e atenuar o estresse metabólico e a inflamação. Entretanto, observou-se que os estudos apresentavam heterogeneidade metodológicas e poucos estudos exploravam os compostos bioativos presentes na matriz alimentar fornecida nas intervenções. Futuros ensaios clínicos são necessários para fortalecimento das evidências atuais nos desfechos já investigados, incluindo mais análises comparativas entre esses *berries*.

Palavras-chave: *Arecaceae*. Antocianinas. Ácidos graxos. Efeitos biológicos. Saúde humana.

Introdução

Palmeiras do gênero *Euterpe*, particularmente a *Euterpe oleracea* Mart. (popularmente conhecida como açaí) e *Euterpe edulis* (conhecida como juçara), são espécies nativas das regiões de mata Amazônica e Atlântica, respectivamente, que apresentam reconhecida importância social, comercial e ambiental (CONAB, 2016; Trevisan *et al.*, 2015).

Os frutos dessas palmeiras são *berries* que não podem ser consumidos como frutas frescas. Eles precisam ser processados com adição de água para que, por extração mecânica, seja removida a polpa destinada ao consumo (Pereira *et al.*, 2017; Yamaguchi *et al.*, 2015). Nos últimos anos, houve um aumento na popularidade e no consumo desses *berries*. Eles são tradicionalmente usados como polpa, na forma pura ou misturada com outros alimentos. No entanto, outras formas de uso foram introduzidas no mercado, como na indústria de alimentos e bebidas (sorvete, iogurte, bebidas lácteas, doces, geleias, sucos, bebidas energéticas e alcoólicas), de medicamentos (suplementos alimentares) e de cosméticos (shampoos, hidratantes, sabonetes, óleo corporal) (Borges & Stefanini, 2015; Pereira *et al.*, 2017; Schulz *et al.*, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015).

A experiência comercial consolidada dos frutos açaí, na forma de polpa, bem como em produtos de maior valor agregado, vem servindo como propulsora para o uso dos frutos juçara. No entanto, por vezes esses *berries* não têm sua identidade individual reconhecida, particularmente a *E. edulis*, que por vezes é denominada de açaí para torná-la comercialmente relevante (Chaimsohn & Chiquetto, 2013; Pereira *et al.*, 2017; Trevisan *et al.*, 2015), embora já exista legislação no Brasil para identificação e diferenciação dessas espécies (Brasil, 2018).

Açaí e juçara são consideradas matrizes alimentares fontes de diversos nutrientes, especialmente antocianinas e ácidos graxos insaturados (Cardoso *et al.*, 2018; De Moura & Resende, 2016; Schulz *et al.*, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015). Estudos de revisão publicados anteriormente mostraram aspectos botânicos, constituintes químicos e atividades biológicas do açaí (De Moura & Resende, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015) e da juçara (Cardoso *et al.*, 2018; Schulz *et al.*, 2016). Nessas revisões, os resultados sobre os efeitos da ingestão desses alimentos são promissores. Foram relatados efeitos antioxidante, anti-inflamatório, e efeitos positivos no metabolismo lipídico e glicêmico para ambos os *berries*, no entanto, a maioria dessas atividades biológicas foram avaliadas em modelos animais (Cardoso *et al.*, 2018; De Moura & Resende, 2016). Estudos em humanos permitem confirmar os efeitos de promoção de saúde observados previamente em modelos animais. Diante disso, esta revisão integrativa

de literatura, com busca sistemática, objetiva atualizar as revisões anteriores, de forma a compilar os estudos em humanos que avaliaram efeitos biológicos após a ingestão dos *berries* açai e / ou juçara, a fim de esclarecer os efeitos da ingestão de cada fruto no organismo humano.

Estratégia de busca

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados *Science Direct* e *Medline* para identificar estudos publicados até 12 de abril de 2020, utilizando diferentes combinações de termos: ("euterpe oleracea" OU açai OU açai OU acai OU acai OU assai OU assai OU "euterpe edulis" OU juçara OU jucara OU jussara) AND (trial OR clinical trial OR human OR intervention).

Os critérios de elegibilidade aplicados foram: estudos (ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos não randomizados e / ou estudos de intervenção) com açai e / ou juçara que avaliaram algum efeito biológico em seres humanos. Foram excluídos estudos de revisão, metodologias para extração de compostos de frutas sem efeitos biológicos ou aspectos botânicos. Os estudos foram selecionados com base em seus títulos e resumos e, em textos completos, se necessário. Dois pesquisadores examinaram independentemente os estudos identificados e avaliaram a elegibilidade. Quaisquer divergências foram resolvidas por consenso. Todos os estudos com açai e / ou juçara que avaliaram alguma atividade biológica em seres humanos foram incluídos nesta revisão. Um fluxograma do processo de busca na literatura é mostrado na figura 1.

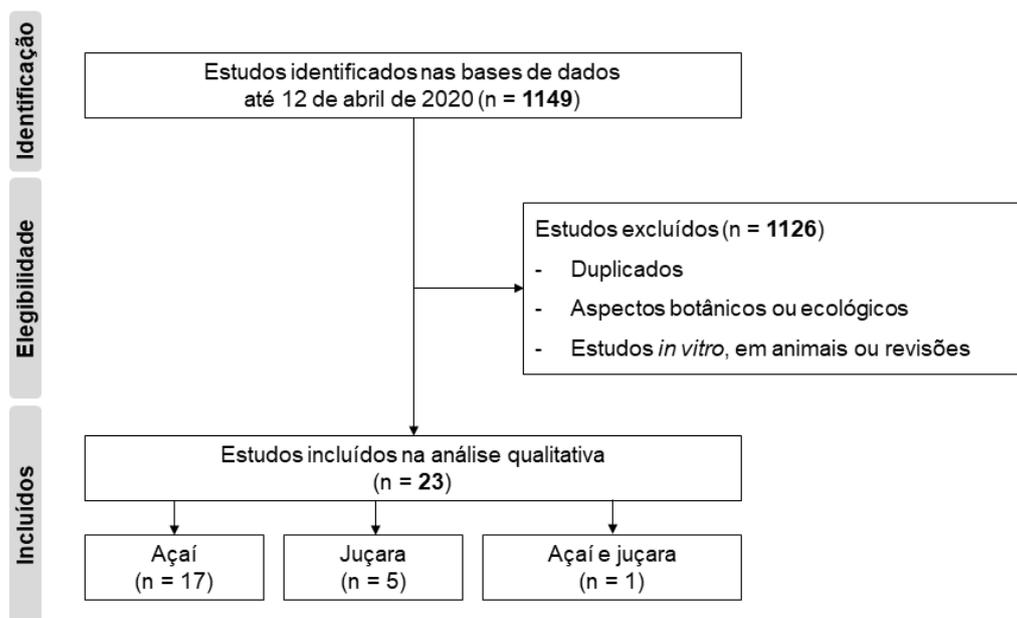


Figura 1. Fluxograma do processo de busca de literatura.

Composição nutricional dos *berries* açaí e juçara

Os frutos açaí e juçara contêm várias propriedades nutricionais benéficas para a saúde humana. Apresentam alta densidade energética ($\sim 0,8$ kcal / mL), alto teor de ácidos graxos insaturados, fibras, minerais, vitaminas, e polifenóis, especialmente antocianinas (Bicudo, Ribani, Beta, 2014; Borges *et al.*, 2011; Borges *et al.*, 2013; Inada *et al.*, 2015; Schulz *et al.*, 2015; Schulz *et al.*, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015). Essas propriedades nutricionais podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como região e condições de cultivo, condições climáticas, intensidade da luz solar, tempo de colheita e estágios de maturação (Borges *et al.*, 2011; Borges *et al.*, 2013; Da Silva *et al.*, 2014; Gordon *et al.*, 2012; Schulz *et al.*, 2015; Schulz *et al.*, 2016).

Os lipídios são os macronutrientes predominantes em ambos os frutos, fornecendo alta densidade energética para esses *berries* (Schulz *et al.*, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015). Os ácidos graxos monoinsaturados são predominantes em ambos os frutos (Borges *et al.*, 2011; Schauss *et al.*, 2006) sendo o ácido oleico o principal ácido graxo monoinsaturado, com quantidades variando entre 52,7% a 68,2% no açaí (Menezes, Torres, Srur, 2008; Sanabria & Sangronis, 2007; Yuyama *et al.*, 2011), e entre 35,0% a 55,6% na juçara (Borges *et al.*, 2011; Schulz *et al.*, 2015), em relação à fração lipídica. Ambos os frutos apresentam quantidades relevantes de ácidos graxos poli-insaturados, com quantidades de ácido linoleico variando

entre 7,5% a 16,0% no açaí (Sanabria & Sangronis, 2007; Schauss *et al.*, 2006; Yuyama *et al.*, 2011), e entre 18,2% a 30,9% na juçara (Borges *et al.*, 2011; Schulz *et al.*, 2015), em relação à fração lipídica.

As proteínas compreendem 6,3% a 10,0% (em matéria seca (ms)) do açaí (Yamaguchi *et al.*, 2015; Yuyama *et al.*, 2011) e entre 6,0% a 7,5% (ms) da juçara (Da Silva *et al.*, 2014; Inada *et al.*, 2015; Yamaguchi *et al.*, 2015). Em comparação com outras frutas comuns, como maçã, uvas, peras, melões e mangas, que contêm entre 0,1% a 1,0% de proteínas, os *berries* açaí e juçara podem fornecer, em matéria fresca (mf), aproximadamente dez vezes mais proteínas (Hui, 2006).

O conteúdo de carboidratos encontrado no açaí esteve entre 36,0% e 40,2% ms (Gordon *et al.*, 2012; Neida, Elba, 2007), e em torno 28,3% a 42,5% ms na juçara (Da Silva *et al.*, 2014; Inada *et al.*, 2015). Essa quantidade é considerada baixa, quando comparada a outras frutas, como uvas, bananas, melões, abacaxi e mamão, que apresentam quantidade de carboidratos em torno de 80,0% ms (Hui, 2006). No entanto, ressalta-se que cálculo do teor de carboidratos foi diferente entre esses estudos. Gordon *et al.* (2012) e Neiba & Elba (2007) calcularam o teor de carboidratos como diferença centesimal de cinzas, lipídios e proteínas, enquanto Da Silva *et al.* (2014) e Inada *et al.* (2015) utilizaram a diferença entre o percentual total de umidade, fibras, cinzas, lipídios e proteínas. Os principais açúcares encontrados em ambos os frutos são glicose e frutose. Valores de glicose de 0,8% foram encontrados no açaí e de 1,8% na juçara (ms). Além disso, a polpa de juçara é mais doce devido ao seu teor de frutose, 3,1% ms, em comparação ao açaí (0,4% ms) (Inada *et al.*, 2015; Schauss *et al.*, 2006). O teor de fibras alimentares variou entre 20,0% a 30,0% (ms) em ambos os frutos (Inada *et al.*, 2015; Sanabria & Sangronis, 2007).

O açaí apresenta alta concentração de minerais, e 25 elementos químicos já foram identificados. Em 100 g ms: potássio (900,0–930,0 mg), cálcio (330,0–423,0 mg), magnésio (124,4–172,0 mg), fósforo (54,5–186,0 mg), sódio (6,8–28,5 mg), manganês (10,7–13,3 mg), rubídio (5,0 mg), ferro (4,5–7,8 mg), zinco (2,1–2,8 mg), cobre (2,2 mg), estrôncio (0,8 mg), alumínio (0,4 mg), bário (0,3 mg), níquel (0,3 mg), e quantidades < 0,02 mg para antimônio, arsênico, cádmio, cobalto, chumbo, mercúrio, molibdênio, prata, selênio, tório e urânio (Gordon *et al.*, 2012; Menezes; Torres; Srur, 2008). Na juçara, os minerais encontrados, expressos em 100 g ms, foram: potássio (419,0–1291,0 mg), cálcio (76,0–596,7 mg), magnésio (47,0–183,0 mg), fósforo (41,0–132,0 mg), sódio (17,0–21,0 mg), ferro (4,0–7,0

mg), manganês (3,0–8,0 mg), zinco (1,0–3,0 mg) (Da Silva *et al.*, 2014; Inada *et al.*, 2015; Schulz *et al.*, 2015). Cobre e níquel apresentaram valores menores que 1 mg / 100 g ms, e cobalto, selênio e cádmio valores menores que 0,007 mg / 100 g ms (Inada *et al.*, 2015). Observa-se que potássio, cálcio, magnésio, fósforo e sódio são os cinco minerais mais prevalentes em ambos os *berries*.

Alguns estudos demonstraram a influência do processo de amadurecimento no conteúdo mineral dos *berries* açaí e juçara. Estudo que avaliou a relação entre os estágios de maturação da juçara e os componentes nutricionais demonstrou maior teor de minerais (potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês) no estágio final de maturação (Schulz *et al.*, 2015), enquanto para o açaí, houve um declínio na quantidade de minerais com o aumento do estágio de maturação (Gordon *et al.*, 2012).

Com relação ao teor de vitaminas, em 100 g mf, o açaí apresentou 84,0 mg de vitamina C (Rufino *et al.*, 2010) e 147,0 mg de vitamina E (Da Costa *et al.*, 2010), enquanto a juçara apresentou 186,0 mg de vitamina C (Rufino *et al.*, 2010) e 0,3 mg de vitamina E (Inada *et al.*, 2015).

Segundo revisão publicada por Schulz *et al.* (2016), o fruto juçara apresenta maior teor de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante, quando comparado ao açaí. Em relação ao teor de polifenóis, na juçara, as quantidades variaram entre 5672,0–7500,0 mg de equivalente de ácido gálico (EAG) em 100 g ms (Borges *et al.*, 2013; Inada *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2010), e essas quantidades são maiores que no açaí (1808,0–3437,0 mg EAG 100 g ms) (Gordon *et al.*, 2012; Paz *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2010). Com relação ao perfil de compostos fenólicos, foram identificados 15 ácidos fenólicos na juçara, predominantemente gálico, protocatecuico, p-cumárico e ferúlico; 13 flavonoides, predominantemente quercetina e rutina; e um stilbeno (resveratrol) (Bicudo; Ribani; Beta, 2014; Borges *et al.*, 2011; Borges *et al.*, 2013; Cardoso *et al.*, 2015b; Da Silva *et al.*, 2014; Guergoletto *et al.*, 2016; Inada *et al.*, 2015; Schulz *et al.*, 2015; Vieira *et al.*, 2017); e outros compostos, como miricetina, kaempferol, kaempferol-3-*O*-rutinosídeo, luteolina, apigenina, catequina, ácido elágico e ácido 4,5-dicofamoilquinico (Vieira *et al.*, 2017). No açaí, foram identificados: ácido ferúlico, hidroxibenzóico, gálico, protocatecuico, elágico, vanílico, p-cumárico, elágico, cafeico, benzoico, siríngico, clorogênico e resveratrol (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2004; Gallori *et al.*, 2004; Gordon *et al.*, 2012; Lichtenthaler *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2010; Rojano *et al.*, 2011).

Entre os compostos fenólicos presentes nos frutos açaí e juçara, as antocianinas têm papel de destaque. As antocianinas ocorrem glicosiladas, conhecidas como antocianidinas (ou agliconas), cuja forma básica é o íon 4-hidroxiavílio (Kruger *et al.*, 2014), e durante o amadurecimento, fornecem grande parte da coloração vermelha, azul ou arroxeada aos frutos (Bicudo; Ribani; Beta, 2014; Schulz *et al.*, 2015). A cor preta-arroxeada, característica desses frutos, está relacionada ao seu alto teor de antocianinas. Na juçara as quantidades variaram entre 409,8–634,3 mg de equivalente cianidina-3-*O*-glicosídeo em 100 g mf (Borges *et al.*, 2011; Schulz *et al.*, 2015), e no açaí, entre 111,0–303,0 mg de equivalente cianidina-3-*O*-glicosídeo em 100 g mf (Rosso *et al.*, 2008; Rufino *et al.*, 2010). As antocianinas mais prevalentes em ambos os frutos são a cianidina-3-*O*-rutinosídeo e a cianidina-3-*O*-glicosídeo (Bicudo; Ribani; Beta, 2014; Cardoso *et al.*, 2015a; Cardoso *et al.*, 2015b; Da Silva *et al.*, 2014; De Brito *et al.*, 2007; Gordon *et al.*, 2012; Guergoletto *et al.*, 2016; Inada *et al.*, 2015; Novello *et al.*, 2015; Rosso *et al.*, 2008; Rufino *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2017). Ainda, outras antocianinas foram identificadas em ambos os frutos: cianidina-3-sambubioside, pelargonidina-3-glicosídeo, cianidina-3-ramnosídeo, pelargonidina-3-rutinosídeo, cianidina-3,5-hexose pentose, peonidina-3-rutinosídeo, delphinidina-3-glicosídeo, cianidina 3,5-diglicosídeo e malvidina-3-glicosídeo (Bicudo; Ribani; Beta, 2014; Cardoso *et al.*, 2015b; Da Silva *et al.*, 2014; De Brito *et al.*, 2007; Gordon *et al.*, 2012; Guergoletto *et al.*, 2016; Novello *et al.*, 2015; Vieira *et al.*, 2017).

Tendo em vista as propriedades nutricionais e atividade antioxidante dos frutos açaí e juçara, são observadas diferenças na composição da matriz alimentar desses alimentos. No entanto, será que se observam diferenças quanto aos efeitos da ingestão desses *berries* por seres humanos?

Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): estudos em humanos

Dezoito ensaios clínicos que avaliaram os efeitos da ingestão de açaí em humanos foram encontrados (Tabela 1).

Tabela 1. Atividades biológicas após a ingestão de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) – estudos em humanos.

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
≤ 2 semanas						
Mertens-Talcott <i>et al.</i> 2008 (Estados Unidos)	Atividade antioxidante	Ensaio clínico randomizado, controlado e cruzado 12 adultos saudáveis	Dose única de 7 mL / kg de peso corporal em quatro vias: polpa de açaí, suco clarificado de açaí, suco de maçã e uma bebida não antioxidante.	<u>Polpa de açaí:</u> 7 mL contêm ~ 6.8 mg de antocianinas totais, expressas como cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo <u>Suco clarificado de açaí:</u> 7 mL contêm ~ 3.7 mg de antocianinas totais, expressas como cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo	Dados não mostrados	↑ ORAC (2 h após a ingestão de polpa de açaí)
Jensen <i>et al.</i> 2008 (Estados Unidos)	Marcadores de estresse oxidativo	Ensaio clínico randomizado, controlado e cruzado, duplo-cego 12 adultos saudáveis	Dose única de 120 mL de suco misto (açaí sendo o ingrediente predominante) ou placebo (produto encapsulado: flocos de batata branca e uma mistura arroxeadada de corante alimentar)	3,2 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 8,4 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo	Dados não mostrados	↑ CAP-e (1 h e 2 h após a ingestão de suco) ↓ peroxidação lipídica (2 h após a ingestão de suco)
Ellinger <i>et al.</i> 2012 (Alemanha)	Marcadores de estresse oxidativo	Ensaio clínico randomizado, controlado e cruzado 12 adultos saudáveis	Dose única de 400 mL de suco misto (44% açaí; 44% amora preta; 12% camu-camu) ou bebida controle (solução com quantidades iguais de monossacarídeos)	FT: 177,6 mg EAG 11,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 16,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 1612,0 mg EAG	Dados não mostrados	Comparado ao controle: ↑ ácido ascórbico plasmático

(continua)

(continuação)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
≤ 2 semanas						
Carvalho-Peixoto <i>et al.</i> 2015 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo, resposta cardiorrespiratória, esforço percebido e tempo até a exaustão	Ensaio clínico randomizado, controlado 14 homens atletas	300 mL de açaí liofilizado ou placebo (300 mL de suco de pêssego) por 4 dia	27,6 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo	Dados não mostrados	↑ tempo até a exaustão durante curto período de alta intensidade Respostas cardiorrespiratórias melhoradas ↓ esforço percebido ↓ amônia ↓ creatinina ↓ MDA
Alqurashi <i>et al.</i> 2016 (Reino Unido)	Marcadores de estresse oxidativo, resposta, glicose, insulina, e função vascular	Ensaio clínico randomizado, controlado e cruzado, duplo-cego 23 homens adultos com sobrepeso	Dose única de 200 g de smoothie de açaí (150 g de polpa de açaí + 50 g de polpa de banana) ou smoothie controle (solução com cor escura e quantidades iguais de macronutrientes)	493,0 mg de antocianinas totais FT: 694,0 mg	Lipídios totais: 8,5 g	Função vascular melhorada Comparado ao controle: ↓ capacidade oxidante total (7 h após a ingestão do smoothie de açaí)
Terrazas <i>et al.</i> 2019 (Brasil)	Capacidade aeróbica, marcadores de estresse oxidativo e inflamatórios	Ensaio clínico randomizado, controlado, cruzado, unicego 10 homens ciclistas	400 g / dia de polpa de açaí ou placebo (solução contendo 98% de água, macronutrientes e cor escura) por 14 dias	286,8 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo	Lipídios totais: 37,2 g Gordura saturada: 8,8 g	↑ TAC ↓ peroxidação lipídica ↓ níveis sanguíneos de lactato durante o esforço ↑ intensidade limiar anaeróbica

(continuação)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
> 2 semanas						
Jensen <i>et al.</i> 2011 (Estados Unidos)	Amplitude de movimento, percepção de dor, marcadores de estresse oxidativo e inflamatórios	Estudo de intervenção 14 adultos saudáveis (com dor articular leve/moderada e amplitude de movimento reduzida, sem outros sintomas)	120 mL / dia de suco de frutas misto (açai ingrediente predominante) por 12 semanas	3,2 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 8,4 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 177,6 mg EAG	Dados não mostrados	Melhora nas medidas de amplitude de movimento Melhora no desempenho de atividades do dia-a-dia ↓ dor ↑ CAP-e ↓ peroxidação lipídica ↓ glicose ↓ insulina ↓ colesterol total ↓ LDL-c ↓ colesterol total / HDL-c
Udani <i>et al.</i> 2011 (Estados Unidos)	Parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção 10 adultos com sobrepeso	200 g / dia de polpa de açai por 4 semanas	154,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo FT: 700,0 mg EAG	Lipídios totais: 9,8 g	Eutróficas: ↑ peso corporal ↑ IMC ↑ % gordura truncal ↑ dobra cutânea tríceps Com sobrepeso: ↑ EGF ↑ PAI-1 ↓ dobra cutânea tríceps ↓ gordura corpora total
Pereira <i>et al.</i> 2015 (Brasil)	Marcadores inflamatórios, metabólicos, e parâmetros antropométricos e de composição corporal	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas (25 eutróficas e 15 com sobrepeso)	200 g / dia de polpa de açai por 4 semanas	Dados não mostrados	Lipídios totais: 10,0 g Gordura saturada: 2,0 g	Eutróficas: ↑ peso corporal ↑ IMC ↑ % gordura truncal ↑ dobra cutânea tríceps Com sobrepeso: ↑ EGF ↑ PAI-1 ↓ dobra cutânea tríceps ↓ gordura corpora total

(continuação)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Sadowska-Krepa <i>et al.</i> 2015 (Polônia)	Marcadores de estresse oxidativo, perfil lipídico e dano muscular	Estudo de intervenção 7 homens corredores treinados	100 mL / dia de suco misto (açai ingrediente predominante) por 6 semanas	3,2 µg malvidina-3,5-diglicosídeo equivalente FT: 198,0 mg EAG	Dados não mostrados	↑ TAC ↓ dano muscular ↓ colesterol total ↓ LDL-c ↓ triglicerídeos ↑ HDL-c
Barbosa <i>et al.</i> 2016 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção 35 mulheres adultas saudáveis	200 g / dia de polpa de açai por 4 semanas	FT: 262,0 mg EAG	Lipídios totais: 9,4 g	↑ atividade da catalase ↑ TAC ↓ EROs ↓ proteínas carboniladas
Pala <i>et al.</i> 2017 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e perfil lipídico	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas saudáveis	200 g / dia de polpa de açai por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	↑ TAC ↑ PON-1 ↓ MDA
Gomes <i>et al.</i> 2018 (Brasil)	Marcadores inflamatórios e parâmetros metabólicos	Estudo de intervenção autocontrolado 40 mulheres adultas saudáveis (G1: n = 24, IFN-γ < 5 pg / mL; G2: n = 16, IFN-γ > 5 pg / mL)	200 g / dia de polpa de açai por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	G2: ↓ pressão sanguínea diastólica ↓ leptina

(continuação)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Kim <i>et al.</i> 2018 (Estados Unidos)	Marcadores de estresse oxidativo e parâmetros metabólicos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 37 adultos com síndrome metabólica	650 mL / dia de bebida de açaí ou placebo por 12 semanas	307,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glucosídeo FT: 1139,0 mg EAG	Dados não mostrados	Comparado ao placebo: ↓ IFN- γ ↓ 8-isoprostano
Cruz <i>et al.</i> 2019 (Brasil)	Dano muscular	Ensaio clínico randomizado, 14 homens adultos corredores treinados	200 g / dia de polpa de açaí ou controle (2 unid. de frutas não vermelhas) por 25 dias	Dados não mostrados	Dados não mostrados	↓ creatina quinase (24h depois do exercício)
Aranha <i>et al.</i> 2019 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo, inflamatórios e parâmetros metabólicos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 69 adultos com sobrepeso e dislipidêmicos	200 g / dia de polpa de açaí ou placebo (solução com água, carboximetilcelulose, sucralose, óleo de soja e aroma de açaí) adicionado em uma dieta hipoenergética por 8 semanas	FT: 684,0 mg EAG	Lipídios totais: 12,4 g Ácido oleico: 5,9 g	↓ 8-isoprostano (inter e intragrupo) ↓ IL-6 (grupo açaí) ↓ IFN- γ (ambos os grupos)
Castro <i>et al.</i> 2019 (Brasil)	Marcadores inflamatórios	Estudo de intervenção 40 mulheres adultas (25 eutróficas e 15 com sobrepeso)	200 g / dia de polpa de açaí por 4 semanas	Dados não mostrados	Dados não mostrados	Sobrepeso: ↑ sCD40L sCD40L concentrações abaixo da mediana: ↓ CCL5 ↓ ingestão de proteínas (g)

(conclusão)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
De Liz <i>et al.</i> 2020 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e perfil lipídico	Ensaio clínico randomizado, cruzado, unicego 30 adultos saudáveis	200 mL / dia de suco de açaí ou suco de juçara por 4 semanas	<u>Suco de açaí:</u> AMT: 9,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 114,7 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 106,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 434,3 mg EAG <u>Suco de juçara:</u> AMT: 626,6 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 231,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 98,5 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 1300,2 mg EAG	<u>Suco de açaí:</u> Ácido oleico: 45,5 ± 4,4% Ácido linoleico: 15,2 ± 2,1% <u>Suco de juçara:</u> Ácido oleico: 42,5 ± 2,4% Ácido linoleico: 26,0 ± 1,2%	<u>Suco de açaí:</u> ↑ HDL (7,7%) ↑ TAC (66,7%) ↑ atividade de catalase (275,1%) ↑ atividade de GPx (15,3%) ↓ IEO (55,7%) <u>Suco de juçara:</u> ↑ HDL (11,4%) ↑ atividade de catalase (15,0%)

AMT, antocianinas monoméricas totais; CAP-e, do inglês *cell-based antioxidant protection in erythrocytes*; CCL5, do inglês *chemokine (C-C motif) ligand 5* (marcador inflamatório); EAG: equivalente de ácido gálico; EGF, do inglês *epidermal growth factor*; FT, fenólicos totais; GPx, glutatona peroxidase; HDL-c, do inglês *high-density lipoprotein-cholesterol*; IFN- γ , interferon gamma; IL, interleucina; IMC, índice de massa corporal; LDL-c, do inglês, *low-density lipoprotein-cholesterol*; MDA, malondialdeído; ORAC, do inglês *oxygen radical absorbance capacity*; PAI-1, do inglês *plasminogen activator inhibitor-1*; PON-1, paraoxonase 1; ROS, espécies reativas de oxigênio; sCD40L, do inglês *membrane-bound CD40L soluble form* (marcador inflamatório); TAC, do inglês *total antioxidant capacity*.

Seis ensaios clínicos duraram até duas semanas, com delineamento randomizado controlado (Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015) ou cross-over (Alqurashi *et al.*, 2016; Ellinger *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2008; Mertens-Talcott *et al.*, 2008; Terrazas *et al.*, 2019).

Três estudos avaliaram os efeitos da ingestão aguda de açaí em adultos saudáveis (Ellinger *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2008; Mertens-Talcott *et al.*, 2008). Esses ensaios clínicos tiveram tamanho de amostra semelhante ($n = 12$) e avaliaram desfechos de estresse oxidativo. No estudo de Mertens-Talcott *et al.* (2008), a ingestão de 7 mL / kg de peso corporal de polpa de açaí (7 mL de polpa contém ~ 6,8 mg de cianidina-3-O-glicosídeo) mostrou aumento na capacidade antioxidante plasmática 2 h após a ingestão. Jensen *et al.* (2008) mostraram que a ingestão de 120 mL de suco de açaí (3,2 mg de cianidina-3-O-glicosídeo; 8,4 mg de cianidina-3-O-rutinosídeo; fenólicos totais (FT): 177,6 mg de EAG) mostrou aumento dos antioxidantes séricos 1 h e 2 h após a ingestão, e diminuiu a peroxidação lipídica 2 h após a ingestão do suco. Uma dose única de suco misto (44% de açaí, 44% de amora preta, 12% de camu-camu – 11,9 mg de cianidina-3-O-glicosídeo; 16,0 mg de cianidina-3-O-rutinosídeo; FT: 1612,0 mg de EAG) aumentou a concentração plasmática de ácido ascórbico quando comparado ao grupo controle na investigação conduzida por Ellinger *et al.* (2012).

No estudo de Alqurashi *et al.* (2016) também foram avaliados biomarcadores de estresse oxidativo, entretanto, os efeitos de uma dose única de 200 g de smoothie de açaí (493,0 mg de antocianinas totais; FT: 694,0 mg; lipídios totais: 8,5 g) foram avaliados em 23 homens com sobrepeso. Os resultados mostraram uma diminuição na capacidade oxidante total dos sujeitos 7 h após a ingestão do smoothie.

Dois ensaios clínicos investigaram os efeitos agudos do açaí em condições de exercício físico (Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015; Terrazas *et al.*, 2019). Carvalho-Peixoto *et al.* (2015) avaliaram a ingestão de 300 mL / dia de açaí liofilizado (27,6 mg de cianidina-3-O-glicosídeo) por quatro dias em 14 atletas em corrida máxima em esteira. Observou-se que após o consumo de açaí, aumentou o tempo até a exaustão durante a corrida máxima na esteira, melhorou a resposta cardiorrespiratória, reduziu o esforço percebido e observou-se atenuação do estresse metabólico induzido pelo exercício (Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015). Outro estudo mostrou que 400 g / dia de polpa de açaí (286,8 mg de cianidina-3-O-glicosídeo; lipídios totais: 37,2 g) por 2 semanas foi capaz de aumentar a capacidade antioxidante sérica e a intensidade do limiar anaeróbico, e de diminuir a peroxidação lipídica e o lactato sanguíneo durante o esforço em 10 atletas ciclistas do sexo masculino (Terrazas *et al.*, 2019).

Os outros doze ensaios clínicos duraram mais de duas semanas, ou seja, foram intervenções de médio a longo prazo. Alguns estudos foram caracterizados como intervenção (Barbosa *et al.*, 2016; Castro *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2018; Jensen *et al.*, 2011; Pala *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2015; Sadowska-Krepa *et al.*, 2015; Udani *et al.*, 2011), outros do tipo randomizado controlado (Aranha *et al.*, 2019; Cruz *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2018) e cross-over (De Liz *et al.*, 2020).

Cinco estudos avaliaram os efeitos da ingestão de açaí em adultos saudáveis (Barbosa *et al.*, 2016; De Liz *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2018; Jensen *et al.*, 2011; Pala *et al.*, 2017). Jensen *et al.* (2011) avaliaram a ingestão de 120 mL / dia de um suco misto (sendo o açaí o ingrediente predominante) (3,2 mg de cianidina-3-O-glicosídeo; 8,4 mg de cianidina-3-O-rutinosídeo; FT: 177,6 mg EAG) por 12 semanas, em 14 adultos saudáveis com dor e amplitude de movimento reduzida. Os autores observaram aumento na atividade antioxidante, diminuição na peroxidação lipídica, diminuição da dor, e melhora na medida da amplitude de movimento e nas atividades da vida diária após a intervenção. Os demais estudos avaliaram os efeitos de 200 g / dia de polpa de açaí por quatro semanas (Barbosa *et al.*, 2016; De Liz *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2018; Pala *et al.*, 2017). Gomes *et al.* (2018) avaliaram os efeitos da ingestão de açaí em parâmetros clínicos e bioquímicos de mulheres clinicamente saudáveis. Este estudo mostrou que sujeitos sem homeostase inflamatória (*i.e.*, concentrações de interferon gamma (IFN- γ) > 5 pg / mL) apresentaram redução na pressão arterial diastólica e nas concentrações plasmáticas de leptina (hormônio relacionado à modulação da homeostase energética). Os outros estudos avaliaram biomarcadores de estresse oxidativo. Foi observado aumento da atividade da enzima antioxidante catalase (Barbosa *et al.*, 2016) e da capacidade antioxidante total (TAC) (Barbosa *et al.*, 2016; Pala *et al.*, 2017). Além disso, ocorreu diminuição nos marcadores de danos oxidativos, como espécies reativas de oxigênio em células polimorfonucleares e proteínas carboniladas (Barbosa *et al.*, 2016), bem como diminuição dos marcadores de peroxidação lipídica, malondialdeído (MDA) e das concentrações da lipoproteína de baixa densidade-colesterol (LDL-c) oxidada (Pala *et al.*, 2017). O ensaio clínico cross-over conduzido por De Liz *et al.* (2020) avaliou os efeitos de 200 mL / dia de suco de açaí ou de juçara (resultados da ingestão de juçara são descritos na próxima seção) por quatro semanas em sujeitos saudáveis. Este estudo mostrou aumento na atividade da enzima glutathione peroxidase (GPx), na TAC e nos níveis da lipoproteína de alta

densidade-colesterol (HDL-c). Além disso, observou-se um decréscimo no índice de estresse oxidativo.

Em sujeitos com sobrepeso, todos os estudos avaliaram os efeitos de 200 g / dia de polpa de açaí. Em três estudos, o tempo de intervenção foi de quatro semanas (Castro *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015; Udani *et al.*, 2011). Udani *et al.* (2011) avaliaram os efeitos da ingestão da polpa de açaí (154,0 mg cianidina-3-O-glicosídeo; FT: 700,0 mg EAG; lipídios totais: 9,8 g) sobre fatores de risco para distúrbios metabólicos em 10 adultos com sobrepeso. Após a intervenção, houve redução da glicose, insulina, colesterol total, LDL-c e da relação colesterol total / HDL-c. O mesmo grupo de pesquisa em Ouro Preto-MG, sudeste do Brasil, realizou outros dois estudos (Castro *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015). Ambos avaliaram os efeitos da intervenção com açaí (lipídios totais: 10,0 g) em biomarcadores de inflamação em 15 mulheres com sobrepeso. Os resultados do estudo de Pereira *et al.* (2015) mostraram que o açaí aumentou a expressão do inibidor ativador do plasminogênio-1 (PAI-1) – um marcador que tem a função de inibir fisiologicamente a fibrinólise, processo envolvido na regulação da formação de trombos –, e o fator de crescimento epidérmico (EGF) – importante biomarcador de modificação da função endotelial. Além disso, a intervenção foi capaz de diminuir a espessura das dobras cutâneas do tríceps e a gordura corporal total dos sujeitos. No estudo conduzido por Castro *et al.* (2019) observou-se que a polpa de açaí aumentou a concentração da proteína de membrana CD40L em forma solúvel (sCD40L), um biomarcador inflamatório membro da família do fator de necrose tumoral (TNF). Além disso, em sujeitos com concentrações de sCD40L abaixo da mediana, houve uma diminuição da quimiocina (C-C motif) ligante 5 (CCL5), responsável por mediar a resposta imune nos distúrbios inflamatórios.

Mais dois estudos avaliaram os efeitos da ingestão de polpa de açaí em biomarcadores inflamatórios, porém, com tempo de intervenção e sujeitos diferentes. Aranha *et al.* (2019) avaliaram os efeitos da ingestão de 200 g / dia de polpa de açaí (FT: 684,0 mg EAG; lipídios totais total: 12,4 g; ácido oleico: 5,9 g) por oito semanas em 69 adultos dislipidêmicos com sobrepeso, enquanto Kim *et al.* (2018) avaliaram os efeitos da ingestão de 650 mL de suco de açaí (307,0 mg cianidina-3-O-glicosídeo; FT: 1139,0 mg EAG) por 12 semanas em 37 adultos com síndrome metabólica. Observou-se uma diminuição nos biomarcadores 8-isoprostano e IFN- γ (Aranha *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2018), e uma diminuição de interleucina (IL)-6 (Aranha *et al.*, 2019).

Dois ensaios clínicos investigaram os efeitos do açaí em condições de exercício físico. Sadowska-Krepa *et al.* (2015) avaliaram os efeitos da ingestão de 100 mL / dia de suco misto (sendo o açaí o ingrediente predominante – 3,2 µg malvidina-3,5-diglicosídeo equivalente; FT: 198,0 mg EAG) por 6 semanas em 7 sete atletas de elite. Observou-se aumento na TAC e HDL-c, e diminuição do colesterol total, LDL-c, triglicerídeos e creatina quinase (indicador de dano muscular). O estudo conduzido por Cruz *et al.* (2019) avaliou os efeitos da ingestão de 200 g / dia de polpa de açaí ou controle (duas unidades de frutas não vermelhas por dia) por 25 dias sobre dano muscular em 14 corredores do sexo masculino. Os resultados mostraram que a creatina quinase diminuiu 24 h após o exercício.

Juçara (*Euterpe edulis* Mart.): estudos em humanos

Seis ensaios clínicos que avaliaram os efeitos da ingestão de juçara em humanos foram encontrados até o momento (Tabela 2). Entre estes, dois ensaios apresentaram desenhos cruzados com ingestão única de suco de juçara ou bebida de controle (água) em sujeitos saudáveis (Cardoso *et al.*, 2015; Copetti *et al.*, 2020). No estudo de Cardoso *et al.* (2015) observou-se que ingestão de 400 mL de suco de juçara, por em 11 sujeitos saudáveis, provocou aumento no potencial antioxidante redutor férrico (FRAP), 1 h após a ingestão do suco, e na atividade da enzima antioxidante GPx, 2 h após a ingestão do suco. Além disso, a peroxidação lipídica diminuiu com o tempo após a ingestão do suco de juçara. No outro estudo, foi avaliado o efeito da ingestão de 250 mL de suco de juçara nos biomarcadores do estresse oxidativo e na fadiga em 15 homens fisicamente ativos em uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT). Imediatamente após o exercício ocorreu diminuição do índice de estresse oxidativo e da fadiga. Comparado ao controle, o suco de juçara aumentou a glutathiona reduzida (GSH) 1 h após a sessão do HIIT. Além disso, os resultados mostraram que o suco de juçara aumentou os fenóis totais plasmáticos e o ácido úrico ao longo do tempo (Copetti *et al.*, 2020). Esses ensaios agudos foram conduzidos pelo mesmo grupo de pesquisa em Florianópolis-SC, sul do Brasil. Além disso, este grupo de pesquisa avaliou os efeitos do consumo de 200 mL / dia de suco de açaí ou juçara (os resultados do suco de açaí foram descritos na seção anterior) por quatro semanas em um ensaio clínico randomizado cruzado, também em sujeitos saudáveis (De Liz *et al.*, 2020). Este estudo demonstrou que o suco de juçara foi capaz de aumentar os níveis de HDL-c e a atividade da enzima catalase, em comparação a antes da intervenção.

Tabela 2. Atividades biológicas após a ingestão de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) – estudos em humanos.

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
≤ 2 semanas						
Cardoso <i>et al.</i> 2015 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo	Ensaio clínico randomizado, cruzado 11 adultos saudáveis	Dose única de 450 mL de suco de juçara ou água (controle)	AMT: 2033,7 ± 28,1 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 102,9 ± 4,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 480,5 ± 5,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 1992,1 ± 59,1 mg EAG	Dados não mostrados	↑ FRAP (1 h após a ingestão de juçara) ↑ GPx (2 h após a ingestão de juçara) ↓ hidroperóxidos lipídicos (no tempo)
Copetti <i>et al.</i> 2020 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e fadiga	Ensaio clínico randomizado, cruzado, unicego 15 homens fisicamente ativos (HIIT)	Dose única de 250 mL de suco de juçara ou água (controle)	AMT: 185,0 ± 7,5 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo FT: 350,0 ± 17,5 mg EAG	Dados não mostrados	↑ fenóis totais (no tempo) ↑ ácido úrico (no tempo) Comparado ao controle: ↑ GSH (1 h após a sessão de HIIT) ↓ IEO (imediatamente após a sessão de HIIT) ↓ fadiga (imediatamente após a sessão de HIIT)

(continua)

(continuação)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
> 2 semanas						
Santamarina <i>et al.</i> 2018 (Brasil)	Ácidos graxos séricos e marcadores epigenéticos	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3-O-glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3-O-rutinosídeo FT: 207,6 ± 11,2 mg	AGMI: 19,3% AGPI: 10,0% Ácido linoleico: 9,6 ± 0,9% Ácido linolênico: 0,5 ± 0,1%	↑ AGMI ↑ AGPI ↑ n-6 / n-3 ↑ nível de DNA metilado ↑ MeCP2 Comparado ao placebo: ↓ ácidos graxos saturados
Santamarina <i>et al.</i> 2019 (Brasil)	Marcadores inflamatórios	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3-O-glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3-O-rutinosídeo FT: 207,6 ± 11,2 mg	AGMI: 19,3% AGPI: 10,0% AGS: 18,7%	↓ IL-6 ↓ TNF-α ↓ MCP-1 ↑ IL-10 ↑ Ob-R proteína Comparado ao placebo: ↓ TLR4 ↓ IL-6 ↓ pIKKα/β ↑ IL-10

(conclusão)

Referência (país)	Atividade biológica avaliada	Desenho / Amostra	Intervenção / Duração	Antocianinas e fenólicos totais (quantidade diária)	Ácidos graxos (quantidade diária)	Resultados
Jamar <i>et al.</i> 2020 (Brasil)	Potencial prebiótico da juçara	Ensaio clínico randomizado, controlado e duplo-cego 27 adultos obesos	1 sachê / dia contendo 5 g de polpa de juçara liofilizada (equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina aromatizada (controle) por 6 semanas	AMT: 131,2 ± 4,3 mg 35,7 ± 1,1 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 95,5 ± 3,3 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo	Dados não mostrados	↑ acetato fecal ↑ <i>A. muciniphila</i> (Δ% = 239,6%) ↑ <i>Bifidobacterium</i> spp. (Δ% = 182,6%) ↑ <i>C. coccoides</i> (Δ% = 214,0%)
De Liz <i>et al.</i> 2020 (Brasil)	Marcadores de estresse oxidativo e perfil lipídico	Ensaio clínico randomizado, cruzado, unicego 30 adultos saudáveis	200 mL / dia de suco de açaí ou suco de juçara por 4 semanas	FT: 207,6 ± 11,2 mg <u>Suco de juçara:</u> AMT: 626,6 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 231,0 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 98,5 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 1300,2 mg EAG <u>Suco de açaí:</u> AMT: 9,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 114,7 mg cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo 106,9 mg cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo FT: 434,3 mg EAG	<u>Suco de juçara:</u> Ácido oleico: 42,5 ± 2,4% Ácido linoleico: 26,0 ± 1,2% <u>Suco de açaí:</u> Ácido oleico: 45,5 ± 4,4% Ácido linoleico: 15,2 ± 2,1%	<u>Suco de juçara:</u> ↑ HDL (11,4%) ↑ atividade de catalase (15,0%) <u>Suco de açaí:</u> ↑ HDL (7,7%) ↑ TAC (66,7%) ↑ atividade de catalase (275,1%) ↑ atividade de GPx (15,3%) ↓ IEO (55,7%)

DNA, ácido desoxirribonucleico; EAG: equivalente de ácido gálico; FRAP, do inglês ferric reducing antioxidant potential; FT, fenólicos totais; GPx, glutathione peroxidase; GSH, glutathione reduzida; HIIT, do inglês high-intensity interval training; IEO, índice de estresse oxidativo; IL, interleucina; MCP-1, do inglês monocyte chemoattractant protein 1; MeCP2, do inglês methyl CpG binding proteins 2; MUFA, do inglês monounsaturated fatty acids; Ob-R protein, leptin receptors; pIKK α/β , do inglês phospho-I κ B-kinase α/β (complexo enzimático envolvido na resposta celular à inflamação); PUFA, do inglês polyunsaturated fatty acids; SFA, saturated fatty acids; TAC, do inglês total antioxidant capacity; TLR, toll-like receptors; TMA, total monomeric anthocyanins; TNF- α , fator de necrose tumoral alpha.

Os efeitos biológicos da polpa de juçara em obesos foram investigados pelo mesmo grupo de pesquisa em Santos-SP, sudeste do Brasil, em ensaios randomizados, controlados e duplo-cegos. Esses estudos avaliaram os efeitos de uma intervenção com 5 g de polpa de juçara liofilizada (contendo o equivalente a 50 g de polpa de juçara fresca) ou 5 g de maltodextrina saborizada (controle) por seis semanas (Jamar *et al.*, 2020; Santamarina *et al.*, 2018; Santamarina *et al.*, 2019). Dois estudos avaliaram os efeitos da ingestão de juçara em monócitos de 27 adultos obesos. O estudo de Santamarina *et al.* (2018) avaliou o perfil de ácidos graxos séricos e marcadores epigenéticos. Os resultados mostraram um aumento de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) e na proporção n-6 / n-3. Além disso, aumentou o nível de ácido desoxirribonucleico (DNA) metilado no extrato nuclear de monócitos e na expressão das proteínas de ligação metil CpG 2 (MeCP2). Os autores sugerem que a ingestão de juçara foi capaz de modular o metabolismo lipídico através de mecanismos epigenéticos, como um preditor de maior ativação de MeCP2 em monócitos de obesos. A análise de regressão demonstrou que a cada mg / dL de ácido oleico sérico, os níveis de MeCP2 aumentaram 64%. O outro estudo investigou o efeito da ingestão de juçara em biomarcadores inflamatórios. Observou-se redução das citocinas pró-inflamatórias, IL-6 e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), e na proteína quimiotática de monócitos 1 (MCP-1), responsável pelo recrutamento de células imunes envolvidas nos processos inflamatórios. Além disso, a citocina anti-inflamatória IL-10 e os receptores de leptina aumentaram após a intervenção juçara. Ainda, comparado ao placebo, observou-se aumento da IL-10 e também redução de marcadores pró-inflamatórios, como a IL-6, receptores toll-like 4 (TLR4) – mediadores do processo inflamatório, e complexo enzimático IKK α / β (Santamarina *et al.*, 2019). No estudo conduzido por Jamar *et al.* (2020) investigou-se o provável efeito prebiótico da juçara em 35 adultos obesos. Os resultados mostraram aumento no acetato fecal, bem como aumento na microbiota benéfica *A. muciniphila*, *Bifidobacterium* spp., e *C. coccoides* após a ingestão de juçara.

Discussão

A presente revisão de literatura compila os principais resultados das atividades biológicas dos *berries* açaí e juçara em estudos com seres humanos. Vinte e três ensaios clínicos foram identificados a partir de pesquisas nas bases de dados para a análise qualitativa. Dezesete estudos avaliaram os efeitos biológicos do açaí, cinco estudos avaliaram os efeitos da ingestão de juçara, e um estudo avaliou os efeitos biológicos de ambos os *berries* simultaneamente.

O tipo de estudo padrão-ouro para inferir uma relação causal entre uma intervenção e seu efeito são os ensaios clínicos randomizados. Existe um claro interesse na exploração dos efeitos biológicos em humanos após o consumo dos *berries* açaí e juçara por seu potencial benéfico à saúde. No entanto, ensaios clínicos que investigam os efeitos da ingestão de ambos os *berries* são recentes e os desfechos avaliados ainda pouco diversificados.

Dose / tempo de intervenção

Nos ensaios clínicos investigados os *berries* açaí e juçara foram fornecidos como polpa fresca, polpa liofilizada ou suco. A quantidade administrada diariamente de cada *berry*, bem como o teor de antocianinas, fenólicos totais e ácidos graxos, foi variável em cada estudo.

Em relação às quantidades administradas, as maiores diferenças encontradas foram em ensaios clínicos agudos. Nos estudos com açaí a dose administrada variou entre 120 a 400 g / mL e nos estudos com juçara, entre 250 e 450 g / mL. Em intervenções de médio a longo prazo, a dose mais frequentemente administrada foi 200 g / mL, nos estudos com açaí (61%), e de 50 g nos estudos com juçara (75%). Nos demais estudos, a quantidade diária administrada foi de 100, 120 e 650 g / mL para o açaí, e de 200 mL para a juçara (Tabelas 1 e 2).

O tempo de exposição à intervenção alimentar foi variável. Alguns estudos foram de agudos (açaí: 21%; juçara: 33%), outros tiveram duração de dias (4, 14 ou 25 dias) (açaí: 18%) ou semanas (4 semanas (açaí: 38%; juçara: 17%), 6 semanas (açaí: 6%; juçara: 50%), 8 semanas (açaí: 6%) ou 12 semanas (açaí: 12%)) (Tabelas 1 e 2). Vale ressaltar que as

diferenças na dose / tempo de intervenção podem interferir na interpretação dos dados desses estudos.

A quantidade diária de antocianinas e fenólicos totais, em estudos agudos, variou entre 3,18 µg a 286,8 mg de cianidina-3-*O*-glicosídeo, 8,4 µg a 16,0 mg cianidina-3-*O*-rutinosídeo, e entre 177,6 µg a 1612,0 mg EAG em ensaios clínicos com açaí (Tabela 1); e entre 185,0 mg a 2033,7 mg de cianidina-3-*O*- glicosídeo, e entre 350,0 mg a 1992,1 mg EAG, em ensaios clínicos com juçara (Tabela 2). Em estudos de médio a longo prazo, foram administrados, para açaí, variações entre 3,18 µg a 307,0 mg de cianidina-3-*O*-glicosídeo, 8,4 µg a 106,9 mg cianidina-3-*O*-rutinosídeo, e entre 177,6 µg a 1139,0 mg EAG (Tabela 1); e para juçara, entre 35,7 mg a 231,0 mg de cianidina-3-*O*-glicosídeo, 95,5 mg a 98,5 mg de cianidina-3-*O*-rutinosídeo, e entre 207,6 mg a 1300,2 mg EAG (Tabela 2).

A quantidade diária de ácidos graxos administrados em cada intervenção não foi mostrada na maioria dos ensaios clínicos. Em ensaios agudos, apenas lipídios totais (Alqurashi *et al.*, 2016: 8,5 g; Terrazas *et al.*, 2019: 37,2 g) e gordura saturada (Terrazas *et al.*, 2019: 8,8 g) foram relatadas em intervenções de açaí (Tabela 1). Em intervenções de médio a longo prazo com açaí foram relatadas as quantidades diárias de lipídios totais (Aranha *et al.*, 2019: 12,4 g; Barbosa *et al.*, 2016: 9,4 g; Pereira *et al.*, 2015: 10,0 g; Udani *et al.*, 2011: 9,8 g), gordura saturada (Pereira *et al.*, 2015: 2,0 g), ácido oleico (Aranha *et al.*, 2019: 5,9 g; De Liz *et al.*, 2020: 45,5%), e ácido linoleico (De Liz *et al.*, 2020: 15,2%) (Tabela 1). Já nas intervenções com juçara, relatou-se as quantidades diárias administradas de MUFA (Santamarina *et al.*, 2018; 2019: 19,3%), PUFA (Santamarina *et al.*, 2018; 2019: 10,0%), gordura saturada (Santamarina *et al.*, 2019: 18,7%), ácido linolênico (Santamarina *et al.*, 2018: 0,5%), ácido linoleico (Santamarina *et al.*, 2019: 9,6%; De Liz *et al.*, 2020: 26,0%) e ácido oleico (De Liz *et al.*, 2020: 42,5%) (Tabela 2).

Conforme mencionado anteriormente, o teor de nutrientes e compostos bioativos presentes no açaí e na juçara é variável e podem ser influenciados por diversos fatores ambientais. Esses aspectos podem influenciar a quantidade de compostos bioativos administrados em cada ensaio clínico.

Cabe ressaltar que, apesar do açaí e da juçara serem considerados fonte de antocianinas e ácidos graxos insaturados (Cardoso *et al.*, 2018; De Moura e Resende, 2016; Schulz *et al.*, 2016; Yamaguchi *et al.*, 2015), informações sobre a composição dessas matrizes alimentares são limitadas nos ensaios clínicos, especialmente no que diz respeito aos ácidos graxos. O conteúdo de compostos bioativos pode influenciar a magnitude dos desfechos avaliados. Açaí e juçara apresentam composição química diferente de outros frutos, como cereja, mirtilo e uvas, especialmente em relação ao teor lipídico, uma vez que esses frutos apresentam teor lipídico irrelevante. Assim, julga-se relevante avaliar a composição da matriz alimentar, para verificar os efeitos dessa matriz sobre os efeitos biológicos apresentados após o consumo desses alimentos. Esses dados são importantes para correlacionar a quantidade de compostos bioativos desses *berries* com os desfechos avaliados, bem como para possíveis replicações e / ou comparações em estudos futuros.

Atividades Biológicas

Sujeitos saudáveis

A ingestão de açaí e juçara em ensaios clínicos agudos, levou a melhora nos biomarcadores de estresse oxidativo avaliados em sujeitos saudáveis. A ingestão de polpa de açaí promoveu aumento significativo na capacidade antioxidante total (Mertens-Talcott *et al.*, 2008; Jensen *et al.*, 2008) e diminuiu a peroxidação lipídica (Jensen *et al.*, 2008). Da mesma forma, a ingestão de suco de juçara diminuiu a peroxidação lipídica e, além disso, promoveu aumento na atividade da enzima antioxidante GPx (Cardoso *et al.*, 2015).

Em ensaios clínicos de médio a longo prazo, a ingestão de açaí foi capaz de melhorar os biomarcadores de estresse oxidativo (Barbosa *et al.*, 2016; De Liz *et al.*, 2020; Jensen *et al.*, 2011; Pala *et al.*, 2017). Com relação aos biomarcadores inflamatórios, os ensaios clínicos de médio a longo prazo demonstram que a ingestão de açaí não promoveu diferenças significativas nesses parâmetros (Jensen *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2015). De Liz *et al.* (2020) conduziram um ensaio clínico randomizado cross-over que investigou o efeito da ingestão moderada de açaí e de juçara sobre biomarcadores de estresse oxidativo e perfil lipídico. Os

autores não observaram diferenças significativas entre as intervenções com açaí e juçara ($P > 0,05$). Na análise intra-grupo, observou-se aumento nos níveis de HDL-c após a ingestão de ambos os *berries*. Além disso, a ingestão de suco de açaí promoveu efeitos antioxidantes mais pronunciados, devido ao aumento significativo na TAC e nas atividades das enzimas antioxidantes catalase e GPx, e diminuição no IEO. O suco de juçara aumentou significativamente a atividade da enzima antioxidante catalase em relação ao basal. O efeito da ingestão de açaí sobre o perfil lipídico foi avaliado em outros estudos, porém nenhuma alteração significativa foi observada após intervenções (Barbosa *et al.*, 2016; Pala *et al.*, 2017).

Sujeitos com sobrepeso e obesidade

Ensaio clínico que investigaram as atividades biológicas do açaí foram realizados em sujeitos com sobrepeso (Alqurashi *et al.*, 2016; Aranha *et al.*, 2019; Castro *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015; Udani *et al.*, 2011), enquanto as atividades biológicas da juçara foram investigadas em sujeitos obesos (Jamar *et al.*, 2020; Santamarina *et al.*, 2018; 2019). Ensaios clínicos que investigam as atividades biológicas da juçara no sobrepeso ou do açaí em obesos ainda não foram publicados.

Todos os estudos realizados em sujeitos com sobrepeso forneceram a mesma dose de intervenção (200 g), mas o tempo de intervenção foi variável. Estudos que avaliaram o estresse oxidativo ou biomarcadores inflamatórios mostraram melhorias nesses resultados. Foi observada redução da peroxidação plasmática (Alqurashi *et al.*, 2016; Aranha *et al.*, 2019) e reduções significativas nos marcadores pró-inflamatórios (Aranha *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015). Com relação aos parâmetros metabólicos, Udani *et al.* (2011) mostraram uma redução na glicemia de jejum, insulina, colesterol total, LDL-c e na relação colesterol total / HDL-c; enquanto nenhuma mudança foi observada em outros estudos (Aranha *et al.*, 2019; Castro *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015).

Os estudos em obesos, foram conduzidos pelo mesmo grupo de pesquisa, tiveram dose e tempo de intervenção semelhantes. Os desfechos avaliados foram diferentes entre os estudos, portanto, não diretamente comparáveis. A ingestão de juçara parece ser uma boa

estratégia nutricional para melhorar o perfil sérico de ácidos graxos e marcadores epigenéticos relacionados à obesidade (Santamarina *et al.*, 2018), para reduzir a inflamação subclínica relacionada à obesidade (Santamarina *et al.*, 2019), e ainda, apresenta provável função prebiótica na microbiota intestinal (Jamar *et al.*, 2020). Comparado aos outros ensaios clínicos (Tabelas 1 e 2), nesses três estudos, a dose de juçara administrada foi menor, porém foi capaz de promover efeitos biológicos significativos nos resultados avaliados.

Condições de exercício físico

Três ensaios clínicos investigaram os efeitos da ingestão aguda de açaí (Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015; Terrazas *et al.*, 2019) e de juçara (Copetti *et al.*, 2020) em condições de exercício físico. Em relação aos aspectos comparáveis, todos os estudos observaram uma melhora nos parâmetros de estresse oxidativo. Além disso, Carvalho-Peixoto *et al.* (2015) observaram um aumento no tempo até a exaustão em alta intensidade a curto prazo e uma diminuição na percepção do esforço, enquanto Copetti *et al.* (2020) observaram uma redução na fadiga. Outras variáveis avaliadas no estudo de Terrazas *et al.* (2019) não são comparáveis aos estudos de Carvalho-Peixoto *et al.* (2015) e de Copetti *et al.* (2020), como níveis de lactato sanguíneo durante o esforço e intensidade limiar anaeróbica. Sadowska-Krepa *et al.* (2015) e Cruz *et al.* (2019) investigaram os efeitos da ingestão moderada de açaí em condições de exercício físico. O único aspecto comparável entre esses estudos foi o dano muscular, sendo que ambos mostraram redução do dano após a intervenção com açaí.

Outros aspectos

Em estudos de intervenção, as de variáveis que podem influenciar os desfechos devem ser controladas ao longo do estudo.

Com relação à ingestão alimentar, o protocolo alimentar utilizado nos ensaios clínicos foi diferente. A ingestão alimentar foi mensurada por registros alimentares na maioria dos estudos (Aranha *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2015; Copetti *et al.*, 2020; De Liz *et al.*, 2020; Jamar *et al.*, 2020; Santamarina *et al.*, 2018; 2019; Terrazas *et al.*, 2019; Udani *et al.*, 2011). Além disso, foram aplicados questionários de frequência alimentar (Barbosa *et al.*, 2016;

Gomes *et al.*, 2018; Pala *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2015) e recordatórios de 24 horas (Alqurashi *et al.*, 2016; Cruz *et al.*, 2019; Jensen *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2018).

Alguns ensaios clínicos não relataram controlar a ingestão de alimentos durante o estudo (Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015; Castro *et al.*, 2019; Ellinger *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2011; Mertens-Talcott *et al.*, 2008; Sadowska-Krepa *et al.*, 2015). A maioria dos estudos não apresentou metodologia detalhada para analisar o consumo alimentar. Alguns estudos mencionam apenas o método usado para avaliar a ingestão de alimentos, sem maiores detalhes (Alqurashi *et al.*, 2016; Aranha *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2019; Jensen *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2015; Udani *et al.*, 2011). Além disso, outros estudos relataram mais detalhes sobre a avaliação da ingestão de alimentos, e ainda mencionaram os bancos de dados utilizados para a análise da composição nutricional (Barbosa *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2018; Jamar *et al.*, 2020; Pala *et al.*, 2017; Santamarina *et al.*, 2018; 2019; Terrazas *et al.*, 2019). Os ensaios clínicos conduzidos por Copetti *et al.* (2020) e De Liz *et al.* (2020) foram os estudos que forneceram informações mais detalhadas sobre a avaliação do consumo alimentar.

Em ensaios agudos, foram fornecidas recomendações para evitar a ingestão de alimentos ricos em polifenóis por 24 h (Alqurashi *et al.*, 2016; Ellinger *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2008), 48 h (Cardoso *et al.*, 2015; Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015; Copetti *et al.*, 2020), ou 72 h (Mertens-Talcott *et al.*, 2008) prévias a cada intervenção. Udani *et al.* (2011) solicitaram aos sujeitos que evitassem alimentos que contivesse nitratos ao longo do estudo. A maioria dos ensaios clínicos recomendou que os sujeitos mantivessem seus hábitos alimentares e de estilo de vida durante o protocolo de estudo (Barbosa *et al.*, 2016; Carvalho-Peixoto *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2019; De Liz *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2018; Jamar *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2018; Pala *et al.*, 2017; Santamarina *et al.*, 2018; 2019; Terrazas *et al.*, 2019). Alguns ensaios clínicos não relataram o fornecimento de recomendações ao longo do estudo (Aranha *et al.*, 2019; Castro *et al.*, 2019; Jensen *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2015; Sadowska-Krepa *et al.*, 2015). Outros estudos de médio a longo prazo relataram instruções para a ingestão da intervenção alimentar. No estudo de Kim *et al.* (2018) a intervenção alimentar deveria ser consumida em dois momentos, no café da manhã e no jantar, respeitando um intervalo de 10 a

12 h entre as duas porções. Aranha *et al.* (2019) instruíram os sujeitos a consumir a intervenção no café da manhã. De Liz *et al.* (2020) não especificaram o tempo, mas instruíram os sujeitos a consumir o açaí ou a juçara duas vezes ao dia, como parte de sua dieta habitual, sem adoçar ou adicionar outros alimentos. Outro estudo recomendou a ingestão da intervenção alimentar em situação livre (Gomes *et al.*, 2018). Em ensaios clínicos, o controle de fatores de confusão é de suma importância para garantir resultados adequados.

Poucos ensaios clínicos relataram investigar possíveis efeitos adversos relacionados à ingestão da intervenção alimentar. Os estudos de Udani *et al.* (2011) e Cardoso *et al.* (2015) mencionaram que não foram observados eventos adversos ou colaterais ao longo do estudo. Na investigação de Aranha *et al.* (2019) os efeitos adversos foram monitorados por meio de questionário durante o estudo, no entanto, nenhum resultado sobre isso foi relatado. Por fim, De Liz *et al.* (2020) monitoraram possíveis eventos adversos recorrentes das intervenções alimentares, relatando que alguns sujeitos apresentaram dificuldades com a palatabilidade dos sucos ou observavam fezes escuras, sem maiores intercorrências.

Conclusão

Apesar de pertencentes ao mesmo gênero (*Euterpe*), os frutos açaí e juçara são alimentos provindos de diferentes espécies (*oleracea* e *edulis*) e apresentam diferenças na composição da matriz alimentar. Entretanto, são comercializados de forma similar e, por vezes, com a mesma nomenclatura.

Esta revisão compilou os ensaios clínicos publicados que avaliaram efeitos biológicos após a ingestão de açaí e / ou juçara no organismo humano. Os ensaios clínicos investigaram os efeitos da ingestão dos frutos de *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis*, administrados em forma de polpa fresca, polpa liofilizada ou suco, em poucas condições biológicas, até o momento. Os resultados dos ensaios clínicos indicaram que a ingestão de açaí e de juçara pode contribuir para melhorar a defesa antioxidante, atenuar o estresse metabólico e a inflamação. No entanto, a interpretação dos dados deve ser realizada com cautela, uma vez que apenas 23 ensaios clínicos avaliaram os efeitos biológicos desses *berries* em seres humanos. Não há evidências científicas suficientes para afirmar que os efeitos biológicos de

um alimento são mais promissores que do outro. Os compostos bioativos presentes nas intervenções fornecidas, especialmente os ácidos graxos, raramente são relatados nos estudos. Os efeitos da ingestão de açaí e juçara relatados são apresentados principalmente em relação à sua composição de antocianinas. O papel dos ácidos graxos insaturados, principal componente que discerne esses *berries* de outros, é pouco explorado. São sugeridos mais ensaios clínicos, incluindo estudos comparativos entre as espécies *E. oleracea* e *E. edulis*, para elucidar os efeitos da ingestão de cada *berry* nos desfechos biológicos humanos. Esses estudos devem considerar a avaliação da complexa matriz alimentar desses *berries*, que pode apresentar outros efeitos biológicos, possivelmente devido ao efeito sinérgico de compostos bioativos.

As evidências científicas compiladas nesta revisão fornecem subsídios para a tomada de decisão clínicas nutricionais quanto à utilização de açaí e juçara para consumo humano, visto que essas matrizes alimentares são fontes de compostos bioativos, os quais podem atuar na prevenção de alterações metabólicas e oxidativas que levam ao desenvolvimento de doenças crônicas.

Agradecimentos

Financiamento/apoio. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina pelo suporte fornecido; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil CAPES - Código Financeiro 001 pela concessão de bolsa de estudos às três primeiras autoras.

Declaração de conflito de interesses. Os autores não têm interesses relevantes a declarar.

Referências

Alqurashi RM, Galante LA, Rowland IR, Spencer JPE, Commane DM. Consumption of a flavonoid-rich açai meal is associated with acute improvements in vascular function and a reduction in total oxidative status in healthy overweight men. *Am J Clin Nutr*, 104:1227-1235, 2016.

Aranha LN, Silva MG, Uehara SK, Luiz RR, Nogueira Neto JF, Rosa G, Oliveira GMM. Effects of a hypoenergetic diet associated with açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp consumption on antioxidant status, oxidativ. *Clin Nutr*, 39(5):1464-1469, 2020.

Barbosa PO, Pala D, Silva CT, de Souza MO, Amaral JF, Vieira RA, Folly GA, Volp AC, de Freitas RN. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp dietary intake improves cellular antioxidant enzymes and biomarkers of serum in healthy women. *Nutrition*, 32:674-680, 2016.

Bicudo MO, Ribani RH, Beta T. Anthocyanins, phenolic acids and antioxidant properties of juçara fruits (*Euterpe edulis* M.) along the on-tree ripening process. *Plant Foods for Hum Nutr*, 69(2):142-147, 2014.

Borges B, Stefanini P. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. Boletim: Açai – a superfruta que ganhou o gosto e o mercado saudável nos EUA. Sebrae: 2015.

Borges GSC, Gonzaga LV, Jardini FA, Mancini Filho J, Heller M, Micke G, Costa ACO, Fett R. Protective effect of *Euterpe edulis* M. on Vero cell culture and antioxidant evaluation based on phenolic composition using HPLC–ESI-MS/MS. *Food Res Int*, 51:363-369, 2013.

Borges GSC, Vieira FGK, Copetti C, Gonzaga LV, Zambiazzi RC, Mancini Filho J, Fett R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Res Int*, 44:2128-2133, 2011.

Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº37, de 1 de outubro de 2018, Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas, 2018.

Cardoso AL, De Liz S, Rieger DK, Farah ACA, Vieira FGK, de Assis MAA, Di Pietro PF. An Update on the Biological Activities of *Euterpe edulis* (Juçara). *Planta Med*, 84(8):487-499, 2018.

Cardoso AL, Di Pietro PF, Vieira FGK, Boaventura BCB, de Liz S, Borges GSC, Fett R, Andrade DF, da Silva EL. Acute consumption of juçara juice (*Euterpe edulis*) and antioxidant activity in healthy individuals. *J. Funct. Foods*, 17: 152-162, 2015b.

Cardoso LM, Novaes RD, Castro CA, Novello AA, Gonçalves RV, Ricci-Silva ME, Ramos HJO, Peluzio MCG, Leite JPV. Chemical composition, characterization of anthocyanins and antioxidant potential of *Euterpe edulis* fruits: applicability on genetic dyslipidemia and hepatic steatosis in mice. *Nutr Hosp*, 32(2): 702-709, 2015a.

Carvalho-Peixoto J, Moura MR, Cunha FA, Lollo PC, Monteiro WD, Carvalho LM, Farinatti Pde T. Consumption of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) functional beverage reduces muscle

stress and improves effort tolerance in elite athletes: a randomized controlled intervention study. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(7):725-733, 2015.

Castro TF, Gomes SF, Silva FCS, de Oliveira FLP, Amaral JF, Previato HDRA, Freitas RN, Volp ACP. *Food Sci Nutr*, 50(1):216-228, 2019.

Chaimsohn FP, Chiquetto NC. Construção do marco legal para a produção de açaí de juçara: contribuições da “oficina interestadual sobre legislação, comercialização e marketing para exploração de frutos da palmeira juçara”. *Revista Conexão*, 9(2):244-253, 2013.

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Conjuntura Mensal: Juçara (fruto)*. Brasil: Conab, 2016. 4p.

Copetti CLK, Orssatto LBR, Diefenthalerd F, Silveira TT, da Silva EL, de Liz S, Mendes BC, Rieger DK, Vieira FGK, Hinnig PF, Schulz M, Fett R, Di Pietro PF. Acute effect of juçara juice (*Euterpe edulis Martius*) on oxidative stress biomarkers and fatigue in a high-intensity interval training session: A single blind cross-over randomized study. *J Funct Foods*, 67:103835, 2020.

Cruz IA, Mendes RR, Gomes JH, Silva AMO, Souza RF, Oliveira AS. Effects of chronic supplementation of açaí on the muscle damage in track runners. *J Phys Educ*, 30:e3012, 2019.

Da Costa PA, Ballus CA, Teixeira-Filho J, Godoy HT. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Res Int*, 43(6):1603-1606, 2010.

Da Silva NA, Rodrigues E, Mercadante AZ, De Rosso VV. Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. *J Agr Food Chem*, 62:5072-5084, 2014.

De Brito ES, De Araújo MCP, Alves RE, Carkeet C, Clevidence B, Novotny J. Anthocyanins present in selected tropical fruits: Acerola, jambolão, jussara, and guajiru. *J Agr Food Chem*, 55(23):9389-9394, 2007.

De Liz S, Cardoso AL, Copetti CLK, Hinnig PF, Vieira FGK, da Silva EL, Schulz M, Fett R, Micke GA, Di Pietro PF. Açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) and juçara (*Euterpe edulis Mart.*) juices improved HDL-c levels and antioxidant defense of healthy adults in a 4-week randomized cross-over study. *Clin Nutr*, Apr 11. pii: S0261-5614(20)30162-X, 2020.

De Moura RS, Resende AC. Cardiovascular and metabolic effects of açaí, an Amazon plant. *J Cardiovasc Pharmacol*, 68:19-26, 2016.

Del Pozo-Insfran D, Brenes CH, Talcott ST. Phytochemical Composition and Pigment Stability of Açaí (*Euterpe oleracea Mart.*). *J Agr Food Chem*, 52(6):1539-1545, 2004.

Ellinger S, Gordon A, Kürten M, Jungfer E, Zimmermann BF, Zur B, Ellinger J, Marx F, Stehle P. Bolus consumption of a specifically designed fruit juice rich in anthocyanins and ascorbic acid did not influence markers of antioxidative defense in healthy humans. *J Agric Food Chem*, 60(45):11292-11300, 2012.

Gallori S, Bilia AR, Bergonzi MC, Barbosa WLR, Vincieri FF. Polyphenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (acai palm). *Chromatographia*, 59:739-743, 2004.

Gomes SF, Castro TF, Silva FC, do Amaral JF, de Oliveira FLP, Barbosa PO, Pala D, Silva CT, de Freitas RN, Volp ACP. The acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp consumption improves blood pressure levels in women with higher concentrations of interferon-gamma. *J Nutr Health Sci*, 5(4): 406, 2018.

Gordon A, Cruz APG, Cabral LMC, de Freitas SC, Taxi CM, Donangelo CM, de Andrade Mattietto R, Friedrich M, da Matta VM, Marx F. Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açai fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. *Food Chem*, 133(2):256-263, 2012.

Guergoletto KB, Costabile A, Flores G, Garcia S, Gibson GR. In vitro fermentation of juçara pulp (*Euterpe edulis*) by human colonic microbiota. *Food Chem*, 196:251-258, 2016.

Hui YH. *Handbook of fruit and fruit processing*, Iowa: Blackwell Publishing, 2006.

Inada KOP, Oliveira AA, Revoredo TB, Martins ABN, Lacerda ECQ, Freire AS, Braz BR, Santelli RE, Torres AG, Perrone D, Monteiro MC. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. *J Funct Foods*, 17:422-433, 2015.

Jamar G, Santamarina AB, Casagrande BP, Estadella D, de Rosso VV, Wagner R, Fagundes MB, Pisani LP. Prebiotic potencial of juçara berry on changes in gut bacteria and acetate of individuals with obesity. *Eur J Nutr*, 2020.

Jensen GS, Ager DM, Redman KA, et al. Pain reduction and improvement in range of motion after daily consumption of an acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp-fortified polyphenolic-rich fruit and berry juice blend. *J Med Food*, 14(7-8):702-711, 2011.

Jensen GS, Wu X, Patterson KM, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study. *J Agr Food Chem*, 56:8326–8333, 2008.

Kim H, Simbo SY, Fang C, McAlister L, Roque A, Banerjee N, Talcott ST, Zhao H, Kreider RB, Mertens-Talcott SU. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) beverage consumption improves

biomarkers for inflammation but not glucose- or lipid metabolism in individuals with metabolic syndrome in a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Food Funct*, 9, 3097, 2018.

Kruger MJ, Davies N, Myburgh KH, Lecour S. Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases. *Food Res Int*, 59:41-52, 2014.

Lichtenthaler R, Rodrigues RB, Maia JGS, Paggiannopoulos M, Fabricius H, Marx F. Total oxidant scavenging capacity of the *Euterpe oleracea* Mart. (açai) fruits. *Int J Food Sci Nutr*, 56(1):56-64, 2005.

Menezes EMS, Torres AT, Srur AUS. Valor nutricional da polpa de açai (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. *Acta Amazonica*, 38(2):311-316, 2008.

Mertens-Talcott SU, Rios J, Jilma-Stohlawetz P, Pacheco-Palencia LA, Meibohm B, Talcott ST, Derendorf H. Pharmacokinetics of anthocyanins and antioxidant effects after the consumption of anthocyanin-rich açai juice and pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.) in human healthy volunteers. *J Agric Food Chem*, 56(17):7796-7802, 2008.

Neida S, Elbas S. Caracterización del acai o manaca (*Euterpe olerácea* Mart.): un fruto del Amazonas. *Arch Latinoam Nutr*, 57(1), 2007.

Novello AA, Conceição LL, Dias MMS, Cardoso LM, Castro CA.; Silva MER, Leite JPV, Peluzui MCG. Chemical characterization, antioxidant and antiatherogenic activity of anthocyanin-rich extract from *Euterpe edulis* Mart. in mice. *J Food Nutr Res*, 54(2):101-112, 2015.

Pala D, Barbosa PO, Silva CT, de Souza MO, Freitas FR, Volp ACP, Maranhão RC, de Freitas RN. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) dietary intake affects plasma lipids, apolipoproteins, cholesteryl ester transfer to high-density lipoprotein and redox metabolism: A prospective study in women. *Clin Nutr*, 37:618e623, 2017.

Paz M, Gúllon P, Barroso MF, Carvalho AP, Domingues VF, Gomes AM, Becker H, Longhinotti E, Delerue-Matos C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. *Food Chem*, 172:462-468, 2015.

Pereira DCS. *Frutos da palmeira-juçara: contextualização, tecnologia e processamento*. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, MG, 2017, 100p.

Pereira IS, Pontes TCMCM, Vieira RAL, Folly GAF, Silva FC, de Oliveira FLP, Amara1 JF, de Freitas RN, Pinheiro Volp ACP. The consumption of acai pulp changes the concentrations

of plasminogen activator inhibitor-1 and epidermal growth factor (EGF) in apparently healthy women. *Nutr Hosp*, 32(2):931-945, 2015.

Ribeiro JC, Antunes LMG, Aissa AF, Darin JDAC, de Rosso VV, Mercadante AZ, Bianchi MDLP. Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes micronucleus test and the comet assay. *Mutat Res-Gen Tox En*, 695(1-2):22-28, 2010.

Rojano BA, Vahos ICZ, Arbeláez AFA, Martínez AJM, Correa FBC, Carvajal LG. Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açaí Colombiano) (*Euterpe oleracea* Mart.). *Rev Fac Nac Agron Medellin*, 64:6213-6220, 2011.

Rosso VV, Hillebrand S, Montill AEC, Bobbio FO, Winterhalter P, Mercadante AZ. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and acai (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. *J Food Compos Anal*, 21:291-299, 2008.

Rufino MSM, Pérez-Jiménez J, Arranz S, Alves RE, de Brito ES, Oliveira MSP, Saura-Calixto F. Açai (*Euterpe oleraceae*) "BRS Pará": A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. *Food Res Int*, 44(7):2100-2106, 2011.

Rufino MSM, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem*, 121(4):996-1002, 2010.

Sadowska-Krępa E, Kłapcińska B, Podgórski T, Szade B, Tyl K1, Hadzik A. Effects of supplementation with acai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry-based juice blend on the blood antioxidant defence capacity and lipid profile in junior hurdlers. A pilot study. *Biol Sport*, 32(2):161-168, 2015.

Sanabria N, Sangronis E. Caracterización del acai o manaca (*Euterpe oleracea* Mart.): un fruto del Amazonas. *Arch Latinoam Nutr*, 57(1):94-98, 2007.

Santamarina AB, Jamar G, Mennitti LV, César HC, de Rosso VV, Vasconcelos JR, Oyama LM, Pisani LP. Supplementation of Juçara Berry (*Euterpe edulis* Mart.) Modulates Epigenetic Markers in Monocytes from Obese Adults: A Double-Blind Randomized Trial. *Nutrients*, 10(12). pii: E1899, 2018.

Santamarina AB, Jamar G, Mennitti LV, Cesar HC, Vasconcelos JR, Oyama LM, de Rosso VV2, Pisani LP. Obesity-related inflammatory modulation by juçara berry (*Euterpe edulis* Mart.) supplementation in Brazilian adults: a double-blind randomized controlled trial. *Eur J Nutr*, 59(4):1693-1705, 2019.

Schauss AG, Wu X, Prior RL, Ou B, Patel D, Huang D, Kababick JP. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai). *J Agric Food Chem*, 54:8598-8603, 2006.

Schulz M Borges GSC, Gonzaga LV, Seraglio SKT, Olivo IS, Azevedo MS, Nehring P, de Gois JS, de Almeida TS, Vitali L, Spudeit DA, Micke GA, Borges DLG, Fett, R. Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius) during ripening. *Food Res Int*, 77:125-131, 2015.

Schulz M, Borges GSC, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R. Juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.): Sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. *Food Res Int*, 89:14-26, 2016.

Terrazas SIBM, Galan BSM, de Carvalho FG, Venancio VP, Antunes LMG, Papoti M, Toro MJU, da Costa IF, de Freitas EC. Açai pulp supplementation as a nutritional strategy to prevent oxidative damage, improve oxidative status, and modulate blood lactate of male cyclists. *Eur J Nutr*, 2019 Nov 13.

Trevisan ACD, Fantini AC, Schmitt-Filho AL, Joshua Farley J. Market for Amazonian Açai (*Euterpe oleraceae*) Stimulates Pulp Production from Atlantic Forest Juçara Berries (*Euterpe edulis*). *Agroecol Sust Food Systems*, 39(7):762-781, 2015.

Udani JK, Singh BB, Singh VJ, Barrett ML. Effects of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: a pilot study. *Nutr J*, 10:45, 2011.

Vieira GS, Marques ASF, Machado MTC, Silva VM, Hubinger MD. Determination of anthocyanins and non-anthocyanin polyphenols by ultra-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry (UPLC/ESI-MS) in jussara (*Euterpe edulis*) extracts. *J Food Sci Tech*, 54(7):2135-2144, 2017.

Yamaguchi KKL, Pereira LFR, Lamarão CV, Lima ES, da Veiga-Junior VF. Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. *Food Chem*, 179:137-151, 2015.

Yuyama LKO, Aguiar JPL, Silva-Filho DF, Kaoru Yuyama K, Varejão MJ, Fávares DIT, Vasconcellos MBA, Pimentel SA, Caruso MSF. Physicochemical characterization of acai juice of *Euterpe precatoria* Mart. from different Amazonian ecosystems. *Acta Amaz*, 41(4):545-552, 2011.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese investigou os efeitos da ingestão de açaí e de juçara sobre biomarcadores metabólicos e de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis. Com os resultados do artigo original, julga-se que foi possível responder esse objetivo. Após quatro semanas de consumo, ambas as polpas melhoraram os níveis de HDL-c e a defesa antioxidante, sendo os efeitos mais pronunciados observados após o consumo de açaí, porém sem mudanças significativas entre os grupos.

O artigo original foi pioneiro em comparar os efeitos da ingestão de açaí e de juçara em humanos. Como pontos fortes desse estudo, pode-se citar a amostra homogênea e o desenho do estudo (randomizado e cruzado), que permitiu que cada sujeito recebesse os dois tratamentos, minimizando possíveis fatores de confusão. Além disso, o protocolo do estudo foi elaborado de forma a gerar um impacto mínimo na rotina dos sujeitos. As polpas foram consumidas como parte da dieta habitual dos indivíduos, administrados na forma comumente encontrada no comércio, especialmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, e não como cápsulas ou suplementos. Procurou-se controlar o consumo alimentar dos participantes ao longo do estudo para verificar os efeitos dos tratamentos sem influência da dieta habitual. Algumas limitações do estudo foram a ausência de um grupo controle e o controle dos hábitos de atividade física, fator que pode ter exercido certa variabilidade nos desfechos avaliados. No entanto, instruções frequentes foram dadas aos participantes para que mantivessem seu estilo de vida e hábitos de atividade física durante todo o período do estudo, a fim de minimizar a influência dessa variável.

Além disso, o manuscrito de revisão reuniu evidências científicas sobre os efeitos do consumo de açaí e juçara em desfechos biológicos humanos. Este estudo foi conduzido com rigor metodológico, desde o seu planejamento até a escrita do manuscrito, e possibilitou a identificação dos ensaios clínicos publicados que avaliaram efeitos biológicos da ingestão de açaí e juçara no organismo humano.

Os achados desta tese podem contribuir para a tomada de decisão clínicas nutricionais quanto à utilização de açaí e juçara para consumo humano, visto que esses alimentos são

fontes de compostos bioativos, os quais podem atuar na prevenção de alterações metabólicas e oxidativas que levam ao desenvolvimento de doenças crônicas.

Futuros estudos devem examinar os efeitos da ingestão de açaí e de juçara em diferentes condições de saúde / doença e em diferentes desfechos biológicos, para expandir os achados científicos. Devem ser mais exploradas a influência e a biodisponibilidade dos compostos bioativos presentes na matriz alimentar desses alimentos. O sinergismo dos compostos bioativos presentes nesses *berries* pode apresentar outros efeitos biológicos ainda não investigados. Ainda, devem-se ser realizados mais estudos comparativos entre as espécies *E. oleracea* e *E. edulis*, os quais podem contribuir para o fortalecimento da identidade nutricional de cada fruto, bem como para a relevância sustentável e econômica de cada espécie para o bioma de onde se originam, particularmente *E. edulis*, devido ao risco iminente de extinção.

Por fim, considera-se importante mencionar que, além dos resultados apresentados nos manuscritos oriundos da tese, o período de doutoramento contribuiu para o crescimento acadêmico, profissional e pessoal, devido a ampliação de conhecimentos e experiências vivenciadas, possibilitando o exercício da capacidade crítico-reflexiva de interpretação e aplicação dos conhecimentos, aspectos importantes na formação de um doutor. Dentre as atividades desenvolvidas nesse período, pode-se citar: participação em disciplinas obrigatórias e optativas que contribuíram para o aprimoramento teórico e metodológico da tese e também para outros aspectos da formação profissional; ministração de palestras e cursos de curta duração, ministração de aulas em disciplinas do curso de graduação em nutrição da UFSC e do PPGN/UFSC, participação em atividades relacionadas à iniciação científica (pedidos de bolsa, orientações e submissão de relatórios), participação em trabalhos de conclusão de curso (orientações, atendimentos, participação em bancas), atividades que possibilitaram reflexão e amadurecimento sobre o processo de ensino-aprendizagem, fornecendo subsídios para uma melhor atuação docente; elaboração e submissão de resumos para eventos e artigos científicos, relacionados à tese e também em coautoria com outros pesquisadores; participação como ouvinte em eventos científicos e cursos de formação; participação em reuniões e discussões do grupo de pesquisa; participação em diferentes projetos de pesquisa e

de extensão; elaboração e submissão de projetos de pesquisa para agência de fomento, bem como elaboração e submissão de relatórios de prestação de contas; auxílio em atividades administrativas do PPGN; vivência em laboratório de análises clínicas, um dos grandes desafios enfrentados neste período, mas que proporcionou o aprendizado de metodologias e manuseio de equipamentos específicos que são utilizados em outras áreas do conhecimento, como farmácia. Todas essas atividades foram extremamente relevantes para a formação acadêmica pretendida, propiciaram a troca de conhecimentos e experiências com diferentes profissionais, pesquisadores, alunos e professores, e contribuíram muito para o desenvolvimento de habilidades exigidas em ensino, pesquisa e extensão.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, Y.; MARTIN-CABREJAS, M.A.; MEJIA, E.G. Phenolic compounds in fruits and beverages consumed as part of the mediterranean diet: their role in prevention of chronic diseases. **Phytochemistry Reviews**, v.15, p. 405-423, 2016.
- ALQURASHI, R.M.; GALANTE, L.A.; ROWLAND, I.R.; *et al.* Consumption of a flavonoid-rich açai meal is associated with acute improvements in vascular function and a reduction in total oxidative status in healthy overweight men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.104, p. 1227-1235, 2016.
- ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; GIAMPIERIA, F.; TULIPANIC, S.; *et al.* One-month strawberry-rich anthocyanin supplementation ameliorates cardiovascular risk, oxidative stress markers and platelet activation in humans. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 25, p. 289-294, 2014.
- ALVEZ, C.Q.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P.; *et al.* Methods for determination of in vitro antioxidant activity for extracts and organic compounds. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- ANGELI. **Hidroperóxidos de lipídios como fontes de oxigênio molecular singlete, detecção e danos em biomoléculas.** 2011. 234 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Bioquímica), Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Phenolic compounds in foods – a brief review. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 18a. edição, Washington, DC, 2005.
- AOCS. Association of Official Chemists. **Official Methods of Analysis**, 18a. edição, Washington, DC, 2004.

ARANHA, L.N.; SILVA, M.G.; UEHARA, S.K.; *et al.* Effects of a hypoenergetic diet associated with açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp consumption on antioxidant status, oxidativ. **Clinical Nutrition**, v. 39, n. 5, p. 1464-1469, 2019.

ARGENTATO, P.P.; MORAIS, C.A.; SANTAMARINA, A.B.; *et al.* Jussara (*Euterpe edulis* Mart.) supplementation during pregnancy and lactation modulates UCP-1 and inflammation biomarkers induced by trans-fatty acids in the brown adipose tissue of offspring. **Clinical Nutrition Experimental**, v. 12, p. 50-65, 2017.

BACELLAR, A.A.; SOUZA, R.C.R.; XAVIER, D.J.C.; *et al.* **Geração de renda na cadeia produtiva do açai em projeto de abastecimento de energia elétrica em comunidades isoladas no município de Manacapuru-Am.** Manaus. 8 p. 2006.

BARBOSA, L.F.; MEDEIROS, M.H.G.; AUGUSTO, O. Oxidative damage and neurodegeneration: what have we learned from transgenic and knockout animals? **Química Nova**, v. 29, n. 6, p.1352-1360, 2006.

BARBOSA, K.B.F.; COSTA, N.M.B.; ALFENAS, R.C.G.; *et al.* Oxidative stress: concept, implications and modulating factors. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p.629-643, 2010.

BARBOSA, P.O.; PALA, D.; SILVA, C.T.; *et al.* Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp dietary intake improves cellular antioxidant enzymes and biomarkers of serum in healthy women. **Nutrition**, v.32, p. 674-680, 2016.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Oxidative stress: relations between the formation of reactive species and the organism's defense. **Química Nova**, v. 29, n.1, p. 113-123, 2006.

BATISTA, M.S.H. **The role of phytochemicals in cancer chemoprevention.** 2010. 51 f. Monografia (Especialização) - Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade de Porto, Porto, 2010.

BENZIE, I.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n.1, p. 70-76, 1996.

BICUDO, M.O.P. **Composição fenólica, atividade antioxidante e microencapsulação de frutos de juçara (*Euterpe edulis*): aspectos de interesse para a indústria de alimentos**. 2014. 143 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BICUDO, M.O.P.; RIBANI, R.H.; BETA, T. Anthocyanins, phenolic acids and antioxidant properties of juçara fruits (*Euterpe edulis* M.) along the on-tree ripening process. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, p. 142-147, 2014.

BLOOMER, R. J.; FISHER-WELLMAN, K. H. Systemic oxidative stress is increased to a greater degree in young, obese women following consumption of a high fat meal. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2009.

BOMBEM, K.C.M.; CANELLA, D.S.; BANDONI, D.H.; *et al.* **Manual de medidas caseiras e receitas para cálculos dietéticos**. São Paulo: M. Books, 2012.

BORGES, B.; STEFANINI, P. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae. **Boletim: Açaí – a superfruta que ganhou o gosto e o mercado saudável nos EUA**. Sebrae: 2015.

BORGES, G.S.C. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante in vitro de frutos de jussara (*Euterpe edulis*)**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BORGES, G.S.C.; GONZAGA, L.V.; JARDINI, F.A.; *et al.* Protective effect of *Euterpe edulis* M. on Vero cell culture and antioxidant evaluation based on phenolic composition using HPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 51, p. 363-369, 2013.

BORGES, G.S.C.; VIEIRA, F.G.K.; COPETTI, C.; *et al.* Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2128-2133, 2011a.

BORGES, G.S.C.; VIEIRA, F.G.K.; COPETTI, C.; *et al.* Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, p. 708-715, 2011b.

BOUAYED, J.; BOHN, T. Exogenous antioxidants - Double-edged swords in cellular redox state. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 3, n. 4, p. 228-237, 2010.

BOURSCHEID, K.; *et al.* *Euterpe edulis* – Palmito-juçara. In: **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**; Coradin, L. (Coord.). Brasília: MMA, 2011, p. 178-183.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466 de 12 de dezembro 2012**, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº37, de 1 de outubro de 2018**, Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional – SISVAN**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 76p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira – 2. ed.**, Brasília; 2014a. 156p.
Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf.
Acesso em: 04 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**, 2014b.

BROWNER, W.S.; NEWMAN, T.B.; HULLEY, S.B. **Estimando o tamanho de amostra e o poder estatístico: aplicações e exemplos**. In: Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica; Hulley, S.B (Coord.). Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 83-112.

CARDOSO, A. L.; DI PIETRO, P. F.; VIEIRA, F. G. K.; *et al.* Acute consumption of juçara juice (*Euterpe edulis*) and antioxidant activity in healthy individuals. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p.152-162, 2015a.

CARDOSO, A.L. **Efeito do consumo agudo do fruto juçara (*Euterpe edulis*) nos biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CARDOSO, A.L. **Fruto juçara (*Euterpe edulis*): propriedades biológicas e efeito da ingestão aguda sobre a biodisponibilidade de ácidos fenólicos e biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis**. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CARDOSO, A.L.; DE LIZ, S.; RIEGER, D.K.; *et al.* An update on the biological activities of *Euterpe edulis* (Juçara). **Planta Medica**, v. 84, n. 8, p. 487-499, 2018.

CARDOSO, L.M.; NOVAES, R.D.; CASTRO, C.A.; *et al.* Chemical composition, characterization of anthocyanins and antioxidant potential of *Euterpe edulis* fruits: applicability on genetic dyslipidemia and hepatic steatosis in mice. **Nutrición Hospitalaria**, v.32, n.2, p. 702-709, 2015b.

CARLUCCIO, M.A.; MASSARO, M.; SCODITTI, E.; *et al.* Vasculoprotective potential of olive oil components. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 10, p. 1225-1234, 2007.

CARVALHO-PEIXOTO, J.; MOURA, M.R.; CUNHA, F.A.; *et al.* Consumption of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) functional beverage reduces muscle stress and improves effort tolerance in elite athletes: a randomized controlled intervention study. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 7, p. 725-733, 2015.

CASSIDY, A. Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p. 76-82, 2017.

CASSIDY, A.; MUKAMAL, K.J.; LIU, L. *et al.* High anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. **Circulation**, v. 127, p. 188-196, 2013.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M.L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M.E.; *et al.* Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859-871, 2009.

CASTRO, C.A.; NATALI, A.J.; CARDOSO, L.M.; *et al.* Aerobic exercise and not a diet supplemented with jussara açai (*Euterpe edulis* Martius) alters hepatic oxidative and inflammatory biomarkers in ApoE-deficient mice. **British Journal of Nutrition**, v. 112, p. 285-294, 2014.

CASTRO, C.A.; NATALI, A.J.; CARDOSO, L.M.; *et al.* Aerobic exercise and not a diet supplemented with jussara açai (*Euterpe edulis* Martius) alters hepatic oxidative and inflammatory biomarkers in ApoE-deficient mice. **British Journal of Nutrition**, v. 112, p. 285–294, 2014.

CASTRO, T.F.; GOMES, S.F.; SILVA, F.C.S.; *et al.* The effect of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) intake on the atherosclerosis inflammatory mediators (sCD40L e CCL5) in apparently healthy women. **Nutrition & Food Science**, v. 50, n. 1, p. 216-228, 2019.

CAVALCANTE, L.S.; SILVA, E.L. Application of a modified precipitation method for the measurement of small dense LDL-cholesterol (sd-LDL-c) in a population in southern Brazil. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 50, n. 9, p.1649-1656, 2012.

CHAIMSOHN, F. P.; CHIQUETTO, N. C. Construção do marco legal para a produção de açai de juçara: contribuições da “oficina interestadual sobre legislação, comercialização e marketing para exploração de frutos da palmeira juçara”. **Revista Conexão**, v. 9, n.2, p.244-253, 2013.

CHANG, S.K.; ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Superfruits: phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects – a comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2019.

CHELIKANI, P.; FITA, I.; LOEWEN, P. C. Diversity of structures and properties among catalases. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 61, n. 2, p. 192-208, 2004.

CHOWDHURY, R.C.; WARNAKULA, S.; KUNUTSOR, S.; *et al.* Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis. **Annals of Internal Medicine**, v. 160, p. 398-406, 2014.

CINGI YIRÜN, M.; ÜNAL, K.; ALTUNSOY ŞEN, N.; *et al.* Evaluation of Oxidative Stress in Bipolar Disorder in terms of Total Oxidant Status, Total Antioxidant Status, and Oxidative Stress Index. **Archives of Neuropsychiatry**, v. 53, n. 3, p. 194-198, 2016.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Juçara (fruto)**. Brasil: Conab, 2013. 4p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Juçara (fruto)**. Brasil: Conab, 2016. 4p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim da Sociobiodiversidade**. Brasil: Conab, v. 3, n. 2. 2019. 56p.

COPETTI, C.L.K. **Efeito do consumo agudo do fruto juçara (*Euterpe edulis*) nos biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

COPETTI, C.L.K.; ORSSATTO, L.B.R.; DIEFENTHAELER, F.; *et al.* Acute effect of juçara juice (*Euterpe edulis* Martius) on oxidative stress biomarkers and fatigue in a high-intensity interval training session: A single-blind cross-over randomized study. **Journal of Functional Foods**, v. 67, 103835, 2020.

COSTA, A.G.V.; GARCIA-DIAZ, D.F.; JIMENEZ, P.; *et al.* Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n.2, p. 539-549, 2013.

COSTA, E.A.D.; GONÇALVES, C.; MOREIRA, S.R.; *et al.* Produção de polpa e sementes de palmeira juçara: alternativa de renda para a mata atlântica. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p.60-66, 2008.

CROFT, K.D. Dietary polyphenols: antioxidants or not? **Archives of Biochemistry and Biophysics**, p. 120-124. 2016.

CROZIER, A.; JAGANATHB, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v. 26, n. 8, p. 1001-1043, 2009.

CRUZ, I.A.; MENDES, R.R.; GOMES, J.H.; *et al.* Effects of chronic supplementation of açai on the muscle damage in track runners. **Journal of Physical Education**, v. 30, e3012, 2019.

DA COSTA, P.A.; BALLUS, C.A.; TEIXEIRA-FILHO, J.; *et al.* Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 43, n. 6, p. 1603-1606, 2010.

DA SILVA, N.A.; RODRIGUES, E.; MERCADANTE, A.Z.; *et al.* Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 5072-5084, 2014.

DE BRITO, E.S.; DE ARAÚJO, M.C.P.; ALVES, R.E.; *et al.* Anthocyanins present in selected tropical fruits: Acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 23, p. 9389-9394, 2007.

DE LIZ, S.; CARDOSO, A. L.; COPETTI, C.L.K.; *et al.* Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and juçara (*Euterpe edulis* Mart.) juices improved HDL-c levels and antioxidant defense of healthy adults in a 4-week randomized cross-over study. **Clinical Nutrition**, 2020.

DE MOURA, R.S.; RESENDE, A.C. Cardiovascular and Metabolic Effects of Açaí, an Amazon Plant. **Journal of Cardiovascular Pharmacology**, v. 68, n. 1, p. 19-26, 2016.

DE SOUZA, V.R.; PEREIRA, P.A.P.; DA SILVA, T.L.T.; *et al.* Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014.

DEL BÓ, C.; MARTINI, D.; PORRINI, M.; *et al.* Berries and oxidative stress markers: an overview of human intervention studies. **Food and Function**, v. 6, p.2890-2917, 2015.

DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C.H.; TALCOTT, S.T. Phytochemical Composition and Pigment Stability of Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 6, p. 1539-1545, 2004.

DEL RIO, D.; RODRIGUEZ-MATEOS, A.; SPENCER, J.P.E.; *et al.* Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 18, n. 14, p. 1818-1892, 2013.

DORNAS, W.C.; OLIVEIRA, T.T.; DORES, R.G.R; *et al.* Flavonóides: potencial terapêutico no estresse oxidativo. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 28, n. 3, p. 241-249, 2007.

DUTHIE, S.J.; JENKINSON, A.M.; CROZIER, A.; *et al.* The effects of cranberry juice consumption on antioxidant status and biomarkers relating to heart disease and cancer in healthy human volunteers. **European Journal of Nutrition**, v. 45, p. 113-122, 2006.

ELLINGER, S.; GORDON, A.; KÜRTEEN, M.; *et al.* Bolus consumption of a specifically designed fruit juice rich in anthocyanins and ascorbic acid did not influence markers of antioxidative defense in healthy humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 45, p. 11292-11300, 2012.

EREL, O. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. **Clinical Biochemistry**, v. 37, n. 4, p. 277-285, 2004.

EREL. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. **Clinical Biochemistry**, v. 38, n. 12, p. 1103-1111, 2005.

ERLUND, I.; KOLI, R.; ALFTHAN, G.; *et al.* Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 87, p. 323-331, 2008.

FALUDI, A.A.; OLIVEIRA, I.M.C.; KERR, S.J.F.; *et al.* Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, 2 Suppl 1):1-76, 2017.

FERNANDES, A.A. **Avaliação da bioacessibilidade de compostos fenólicos e atividade antioxidante em polpa comercial de frutos da palmeira juçara (*Euterpe Edulis Martius*) submetida ao processo de digestão gastrointestinal in vitro**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **RAMB**, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FERREIRA, D.S.; GOMES, A.L.; SILVA, M.G.; *et al.* Antioxidant capacity and chemical characterization of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) fruit fractions. **Food Science and Technology**, v.4, n.5, p. 95-102, 2016.

FISBERG R. M.; VILLAR B. S. **Manual de receitas e medidas caseiras para cálculo de inquéritos alimentares**: Manual elaborado para auxiliar no procedimento de inquéritos alimentares. São Paulo. Signus, 2002.

FISBERG, R.M.; MARCHIONI, D.M.L. **Manual de Avaliação do Consumo Alimentar em estudos populacionais: a experiência do inquérito de saúde em São Paulo (ISA)**. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo: FSP da USP, 2012.

Disponível em: <http://www.gac-usp.com/resources/manual%20isa%20biblioteca%20usp.pdf>.
Acesso em: 19 jul. 2018.

FORMAN, H.J.; DAVIES, K.J.A.; URSINI, F. How do nutritional antioxidants really work: nucleophilic tone and para-hormesis versus free radical scavenging *in vivo*. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 66, p. 24-35, 2014.

FREITAS, R.B.; RÔMULO, D.N.; BIANCA, G.M.; *et al.* Euterpe edulis extracts positively modulates the redox status and expression of inflammatory mediators. **Food and Agricultural Immunology**, v. 29, 2017.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v. 18, n. 6, p. 499-502, 1972.

GALLORI, S.; BILIA, A.R.; BERGONZI, M.C.; *et al.* Polyphenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (acai palm). **Chromatographia**, v. 59, p. 739-743, 2004.

GARZÓN, G.A.; NARVÁEZ-CUENCA, C.E.N.; VINCKEN, J.P.; *et al.* Polyphenolic composition and antioxidant activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. **Food Chemistry**, p. 364-372, 2017.

GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Anthocyanins: characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R.E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, New York: John Wiley & Sons, unit, v. 2, p. 1-13, 2001.

GOMES, S.F.; CASTRO, T.F.; SILVA, F.C.; *et al.* The acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp consumption improves blood pressure levels in women with higher concentrations of interferon-gamma. **Journal of Nutrition and Health Sciences**, v. 5, n. 4, p. 1-8, 2018.

GORDON, A.; CRUZ, A.P.G.; CABRAL, L.M.C.; *et al.* Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açai fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. **Food Chemistry**, p. 256-263, 2012.

GREEN, K.; BRAND, M.D.; MURPHY, M.P. Prevention of mitochondrial oxidative damage as a therapeutic strategy in diabetes. **Diabetes**, v. 53, suppl 1, p. 110-118, 2004.

GUERGOLETTI, K.B.; COSTABILE, A.; FLORES, G.; *et al.* In vitro fermentation of juçara pulp (*Euterpe edulis*) by human colonic microbiota. **Food Chemistry**, v. 196, p. 251-258, 2016.

GUERRA, J.F.C.; MACIEL, P.S.; ABREU, I.C.M.E.; *et al.* Dietary açai attenuates hepatic steatosis via adiponectin-mediated effects on lipid metabolism in high-fat diet mice. **Journal of Functional Foods**, p. 192-202. 2015.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, v. 16, p. 33-50, 1996.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants – quo vadis? **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 32, p.125-130, 2011.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. **Nutrition Reviews**, v. 70, n. 5, p. 257-265, 2012.

HALLIWELL, B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant Physiology**, v. 141, p. 312–322, 2006.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radical in biology and medicine. 4 ed. **Oxford**: Oxford University Press, 2007.

HARASYM, J.; OLEZKI, R. Effect of fruit and vegetable antioxidants on total antioxidant capacity of blood plasma. **Nutrition**, v. 30, p. 511–517, 2014.

HARRIS, W. S.; BULCHANDANI, D. Why do omega-3 fatty acids lower serum triglycerides? **Current Opinion in Lipidology**, v. 17, p.387-393, 2006.

HOCHMAN, B.; NAHAS, F.X.; OLIVEIRA-FILHO, R.S.O.; *et al.* Research designs. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, supl. 2, p. 2-9, 2005.

HUI, Y.H. **Handbook of fruit and fruit processing**, Iowa: Blackwell Publishing, 2006.

IGHODARO, O. M.; AKINLOYE, O. A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. **Alexandria Journal of Medicine**, v. 54, n. 4, p. 287-293, 2018.

INADA, K.O.P.; OLIVEIRA, A.A.; REVOREDO, T.B.; *et al.* Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, Rio de Janeiro, p. 422-433. 2015.

JAIN, P.; PAREEK, A.; RATAN, Y.; *et al.* Free radicals and dietary antioxidants: a potential review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 18, n. 7, p. 34-48, 2013.

JAMAR, G.; SANTAMARINA, A.B.; CASAGRANDE, B.P.; *et al.* Prebiotic potential of juçara berry on changes in gut bacteria and acetate of individuals with obesity. **European Journal of Nutrition**, 2020.

JENNINGS, A.; WELCH, A.A.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J.; *et al.* Higher anthocyanin intake is associated with lower arterial stiffness and central blood pressure in women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 96, p. 781-788, 2012.

JENSEN, G. S.; WU, X.; PATTERSON, K. M.; *et al.* *In vitro* and *in vivo* antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 8326–8333, 2008.

JENSEN, G.S.; AGER, D.M.; REDMAN, K.A.; *et al.* Pain reduction and improvement in range of motion after daily consumption of an acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp-fortified

polyphenolic-rich fruit and berry juice blend. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, n. 7-8, p. 702- 711, 2011.

JOHANSSON, L.H.; BORG, L.A.H. A spectofotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples. **Analytical biochemistry**, v. 174, n. 1, p. 331-336, 1988.

JOHNSON, M.; BRADFORD, C. Omega-3, omega-6 and omega-9 fatty acids: implications for cardiovascular and other diseases. **Journal of Glycomics & Lipidomics**, v. 4, n. 4, 2014.

JORIS, P.J.; MENSINK, R.P. Role of cis-monounsaturated fatty acids in the prevention of coronary heart disease. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 18, n. 7, p.38, 2016.

JOSEPH, S.V.; EDIRISINGHE, I.; BURTON-FREEMAN, B.M. Fruit polyphenols: a review of anti-inflammatory effects in humans. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 419-444, 2016.

KABEL, A.M. free radicals and antioxidants: role of enzymes and nutrition. **World Journal of Nutrition and Health**, v. 2, n. 3, p. 35-38, 2014.

KARDUM, N.; TAKIĆ, M.; ŠAVIKIN, K.; *et al.* Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 89-97, 2014.

KIM, H.; SIMBO, S.Y.; FANG, C.; *et al.* Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) beverage consumption improves biomarkers for inflammation but not glucose- or lipid metabolism in individuals with metabolic syndrome in a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. **Food & Function**, v. 9, n. 6, p. 3097-3103, 2018.

KONCZAK, I.; ZHANG, W. Anthocyanins - more than nature's colours. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 5, p. 239-240, 2004.

KRUGER, M. J.; DAVIES, N.; MYBURGH, K. H.; Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases. **Food Research International**, v. 59, p. 41-52, 2014.

LEE, I.T.; CHAN, Y.C.; LIN, C.W.; *et al.* Effect of cranberry extracts on lipid profiles in subjects with type 2 diabetes. **Diabetic Medicine**, v. 25, n. 12, p. 1473-1477, 2008.

LEE, Y.; YOON, Y.; YOON, H.; *et al.* Dietary anthocyanins against obesity and inflammation. **Nutrients**, v. 9, 1089, 2017.

LICHTENTHALER, R.; RODRIGUES, R. B.; MAIA, J. G.; *et al.* Total oxidant scavenging capacities of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) fruits. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 53-64, 2005.

LILA, M.A.; BURTON-FREEMAN, B.; GRACE, M.; *et al.* Unraveling anthocyanin bioavailability for human health. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 7, p.375-393, 2016.

LIMA, C. P.; CUNICO, M. M.; MIYAZAKI, C. M. S.; *et al.* Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p.321-326, 2012.

LIN, B.W.; GONG, C.C.; SONG, H.F.; *et al.* Effects of anthocyanins on the prevention and treatment of cancer. **British Journal of Pharmacology**, v. 174, n. 11, p. 1226-1243, 2017.

LOPES, L.L.; PELUZIO, M.C.G.; HERMSDORFF, H.H.M.; *et al.* Monounsaturated fatty acid intake and lipid metabolism. **Vascular Surgery & Angiology**, v. 15, n. 1, p. 52-60, 2016.

LUSHCHAK, V. I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. **Chemico-Biological Interactions**, v. 224, p.164-175, 2014.

LYNN, A.; MATHEW, S.; MOORE, C. T.; *et al.* Effect of a tart cherry juice supplement on arterial stiffness and inflammation in healthy adults: a randomised controlled trial. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, p. 122-127, 2014.

MAC FADDEN, J. **A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmito (*Euterpe edulis Martius*) na Mata Atlântica**. 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MAIESE, K. Environmental stimulus package: Potential for a rising oxidative deficit. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2, n. 4, p. 179-178, 2009.

MANN, J.; TRUSWELL, A.S. **Nutrição humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3 ed, 2011.

MARTINI, D.; MARINO, M.; ANGELINO, D.; *et al.* Role of berries in vascular function: a systematic review of human intervention studies. **Nutrition Reviews**, v. 78, n. 3, p. 189-206, 2019.

MCCORD, J. M. The evolution of free radicals and oxidative stress. **American Journal of Medicine**, v. 108, p. 652-659, 2000.

MENDES, K.D.S.; SILVEIRA, R.C.C.P.; GALVÃO, C.M. Revisão integrativa: Método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto – Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008.

MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U.S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.

MENSINK, R.P.; ZOCK, P.L. KESTER, A.D.M.; *et al.* Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, p. 1146-1155, 2003.

MERTENS-TALCOTT, S.U.; RIOS, J.; JILMA-STOHLAWETZ, P.; *et al.* Pharmacokinetics of anthocyanins and antioxidant effects after the consumption of anthocyanin-rich açaí juice and pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.) in human healthy volunteers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 17, p. 7796-7802, 2008.

MICHAS, G.; MICHA, R.; ZAMPELAS, A. Dietary fats and cardiovascular disease: putting together the pieces of a complicated puzzle. **Atherosclerosis**, v. 234, p. 320-328, 2014.

MINK, P. J.; SCRAFFORD, C. G.; BARRAJ, L. M.; *et al.* Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality: a prospective study in postmenopausal women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 85, p. 895-909, 2007.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4.ed. Campinas, São Paulo: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.

NERI-NUMA, I.A.; SANCHO, R.A.S.; PEREIRA, A.P.A.; *et al.* Small Brazilian wild fruits: nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345-360, 2018.

NEVES, L.C.; TOSIN, J.M.; BENEDETTE, R.M.; *et al.* Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, v. 174, p. 188-196, 2015.

NICHENAMETLA, S.N.; TARUSCIO, T.G.; BARNEY, D.L.; *et al.* A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 2, p. 161-183, 2006.

NILE, S. H.; PARK, S. W. Edible berries: bioactive components and their effect on human health. **Nutrition**, v. 30, p. 134-144, 2014.

NOVELLO, A.A.; CONCEIÇÃO, L.L.; DIAS, M.M.S.; *et al.* Chemical characterization, antioxidant and antiatherogenic activity of anthocyanin-rich extract from *Euterpe edulis* Mart. in mice. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 54, n. 2, p. 101-112, 2015.

NOWAK, D.; GRĄBCZEWSKA, Z.; GOŚLIŃSKI, M.; *et al.* Effect of chokeberry juice consumption on antioxidant capacity, lipids profile and endothelial function in healthy people: a pilot study. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 34, n. 1, p. 39-46, 2016.

OHARA, A. Radicais livres: bons, maus e naturais. São Paulo: **Oficina de textos**. 2006. 113p.

OLIVEIRA, M.S.P.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: Funep, 2010. 49p.

OYAMA, L. M.; SILVA, F.P.; CARNIER, J.; *et al.* Jucara pulp supplementation improves glucose tolerance in mice. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 8:8, 2016.

PACHECO-PALENCIA, L.A.; DUNCAN, C.E.; TALCOTT, S.T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. **Food Chemistry**, v. 115, p. 1199-1205, 2009.

PAGLIARUSSI, M.S. **A cadeia produtiva agroindustrial do açaí: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático**. 2010. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PALA, D.; BARBOSA, P.O.; SILVA, C.T.; *et al.* Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) dietary intake affects plasma lipids, apolipoproteins, cholesteryl ester transfer to high-density lipoprotein and redox metabolism: A prospective study in women. **Clinical Nutrition**, v. 37, p. 618-623, 2017.

PAZ, M.; GÚLLON, P.; BARROSO, M.F.; *et al.* Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.

PEIXOTO, H.; ROXO, M.; Krstin, S.; *et al.* Anthocyanin-rich extract of acai (*Euterpe precatoria* Mart.) mediates neuroprotective activities in *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 385-393. 2016.

PEREIRA, D.C.S.; CAMPOS, A.N.R.; MARTINS, M.L.; *et al.* **Frutos da palmeira-juçara: contextualização, tecnologia e processamento**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, MG, 2017, 100p.

PEREIRA, I.S.; PONTES, T.C.M.C.M.; VIEIRA, R.A.L.; *et al.* The consumption of acai pulp changes the concentrations of plasminogen activator inhibitor-1 and epidermal growth factor (EGF) in apparently healthy women. **Nutricion hospitalaria**, v. 32, n. 2, p. 931-945, 2015.

PHAM-HUY, L.A.; HE, H.; PHAM-HUY, C. Free radicals, antioxidants in disease and health. **International Journal of Biomedical Science**, v. 4, n. 2, p. 89-96. 2008.

PINHEIRO, A.B.V.; LACERDA, E.M.A.; BENZECRY, E.H.; *et al.* **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. Rio de Janeiro: Atheneu, 5 ed, 2005.

POJER, E.; MATTIVI, F.; JOHNSON, D.; *et al.* The case for anthocyanin consumption to promote human health: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, p. 483-508, 2013.

REIS, J. F.; MONTEIRO, V.V.S.; GOMES, R.S.; *et al.* Action mechanism and cardiovascular effect of anthocyanins: a systematic review of animal and human studies. **Journal of Translational Medicine**, v. 14, p. 315, 2016.

RIBEIRO, J.C.; ANTUNES, L.M.G.; AISSA, A.F.; *et al.* Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes micronucleus test and the comet assay. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 695, n. 1-2, p. 22-28, 2010.

RIBEIRO, L.P. **Capacidade antioxidante de alimentos: métodos aplicados e alimentos analisados no estado de Santa Catarina**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Nutrição) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

RISO, P.; KLIMIS-ZACAS, D.; DEL BO', C.; *et al.* Effect of a wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) drink intervention on markers of oxidative stress, inflammation and endothelial function in humans with cardiovascular risk factors. **European Journal of Nutrition**, v. 52, n. 3, p. 949-961, 2013.

RIZELIO, V.M.; TENFEN, L.; DA SILVEIRA, R.; *et al.* Development of a fast capillary electrophoresis method for determination of carbohydrates in honey samples. **Talanta**, v. 93, p. 62-66, 2012.

RIZOS, E.C.; NTZANI, E.E.; BIKA, E.; *et al.* Association between omega-3 fatty acid supplementation and risk of major cardiovascular disease events: a systematic review and meta-analysis. **Jama**, v. 308, n. 10, p. 1024-1033, 2012.

RODRIGUEZ-MATEOS, A.; HEISS, C.; BORGES, G.; *et al.* Berry (poly)phenols and cardiovascular health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 3842-3851, 2014.

ROGEZ, H.; POMPEU, D.R.; AKWIE, S.N.T.; *et al.* Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: a comparison between acai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 796-800, 2011.

ROJANO, B.A.; VAHOS, I.C.Z.; ARBELÁEZ, A.F.A.; *et al.* Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açaí Colombiano) (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 64, p. 6213-6220, 2011.

ROSSO, V.V.; HILLEBRAND, S.; MONTILL, A.E.C.; *et al.* Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and acai (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 291-299, 2008.

RUFINO, M.D.S.M.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; *et al.* Açaí (*Euterpe oleraceae*) “BRS Pará”: A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2100-2106, 2011.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; DE BRITO, E.S.; *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SACKS, F.M.; LICHTENSTEIN, A.H.; WU, J.H.Y.; *et al.* American Heart Association. Dietary fats and cardiovascular disease: a presidential advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v. 136, e1-e23, 2017.

SADOWSKA-KREPA, E.; KŁAPCIŃSKA, B.; PODGÓRSKI, T.; *et al.* Effects of supplementation with acai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry-based juice blend on the blood antioxidant defence capacity and lipid profile in junior hurdlers. A pilot study. **Biology of Sport**, v. 32, n. 2, p. 161-168, 2015.

SANABRIA, N.; SANGRONIS, E. Caracterización del acai o manaca (*Euterpe oleracea* Mart.): un fruto del Amazonas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, n. 1, p. 94-98, 2007.

SANTAMARINA, A.B.; JAMAR, G.; MENNITTI, L.V.; *et al.* Obesity-related inflammatory modulation by juçara berry (*Euterpe edulis* Mart.) supplementation in Brazilian adults: a double-blind randomized controlled trial. **European Journal of Nutrition**, v. 59, n. 4, p. 1693-1705, 2019.

SANTAMARINA, A.B.; JAMAR, G.; MENNITTI, L.V.; *et al.* Supplementation of juçara berry (*Euterpe edulis* mart.) modulates epigenetic markers in monocytes from obese adults: a double-blind randomized trial. **Nutrients**, v. 10, n. 12, e1899, 2018.

SANTANA, A.C.; CARVALHO, D.F.; MENDES, F.A.T. **Organização e competitividade das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará: 1995 a 2004**. Belém: UNAMA, 2006. 176p.

SANTHAKUMAR, A.B.; KUNDUR, A.R.; FANNING, K.; *et al.* Consumption of anthocyanin-rich Queen Garnet plum juice reduces platelet activation related thrombogenesis in healthy volunteers. **Journal of Functional Foods**, v. 12, p. 11-22, 2015.

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER H.T.; *et al.* I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 100, n. 1, supl. 3, 2013, 48p.

SASAKI, R.; NISHIMURA, N.; HOSHINO, H.; *et al.* Cyanidin 3-glucoside ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity due to downregulation of retinol binding protein 4 expression in diabetic mice. **Biochemical Pharmacology**, v. 74, p. 1619-1627, 2007.

SBC. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. XAVIER, H.T.; *et al.* **V Diretriz Brasileira de Dislipidemias e prevenção da aterosclerose**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 101, n. 4, supl. 1, 2013, 36 p.

SBD. SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. OLIVEIRA, J.E.P. & VENCIO, S. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2015-2016)**. São Paulo: AC Farmacêutica, 2016. 347p.

SCHAUSS, A.G.; WU, X.; PRIOR, R. L.; *et al.* Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (Acai). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8598-8603, 2006.

SCHIRMANN, G.S. **Composição em ácidos graxos do açaí (*Euterpe edulis*) de diversas regiões de Santa Catarina**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHULTZ, J. **Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaís de *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius submetidos a tratamentos para sua preservação**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SCHULZ, M.; BORGES, G.S.C.; GONZAGA, L.V.; *et al.* Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius) during ripening. **Food Research International**, v. 77, p. 125-131, 2015.

SCHULZ, M.; BORGES, G.S.C.; GONZAGA, L.V.; *et al.* Juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.): Sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 89, p. 14-26, 2016.

SEERAM, N.P. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 627-629, 2008.

SHIH, P. H.; YEH, C. T.; YEN, G. C. Effects of anthocyanidin on the inhibition of proliferation and induction of apoptosis in human gastric adenocarcinoma cells. **Food and Chemistry Toxicology**, v. 43, n. 10, p. 1557-66, 2005.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with hosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal Enology Viticulture**, v.16, p. 144-158, 1965.

SOUZA, L.N. **Influência da capacidade antioxidante da dieta de indivíduos saudáveis na resposta antioxidante sérica após o consumo de suco do fruto juçara**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SOUZA, M.O.; SILVA, M.S.; SILVA, M.E.; *et al.* Diet supplementation with acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp improves biomarkers of oxidative stress and the serum lipid profile in rats. **Nutrition**, v. 26, p. 804-810, 2010.

SPOSITO, A.C.; CARAMELLI, B.; FONSECA, F.A.H.; *et al.* **IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose: Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia**. Arquivos Brasileiro de Cardiologia, São Paulo, v. 88, supl. 1, p.2-19, 2007.

STEFFEN, Y.; GRUBER, C.; SCHEWE, T.; *et al.* Mono-*O*-methylated flavanols and other flavonoids as inhibitors of endothelial NADPH oxidase. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 469, n. 2, p. 209-19, 2008.

STOHS, S.J. The role free radicals in toxicity and disease. **Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology**, v. 6, p. 205-228, 1996.

STROHERCHER, R.L.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

STULL, A.J.; CASH, K.C.; JOHNSON, W.D.; *et al.* Bioactives in blueberries improve insulin sensitivity in obese, insulin-resistant men and women. **The Journal of Nutrition**, v. 140, p. 1764– 1768, 2010.

TAKIKAWA, M.; INOUE, S.; HORIO, F.; *et al.* Dietary anthocyanin-rich bilberry extract ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity via activation of AMP-activated protein kinase in diabetic mice. **The Journal of Nutrition**, v. 140, p. 527-533, 2010.

TERRAZAS, S.I.B.M.; GALAN, B.S.M.; DE CARVALHO, F.G.; *et al.* Açai pulp supplementation as a nutritional strategy to prevent oxidative damage, improve oxidative status, and modulate blood lactate of male cyclists. **European Journal of Nutrition**, 2019.

TIBÉRIO, F.C.S., SAMPAIO-E-SILVA, T.A., DODONOV, P., *et al.* Germination and allometry of the native palm tree *Euterpe edulis* compared to the introduced *E. oleracea* and their hybrids in Atlantic rainforest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 4, p. 955-962, 2012.

TOUFEKTSIAN, M.C.; LORGERIL, M.; NAGY, N.; *et al.* Chronic dietary intake of plant-derived anthocyanins protects the rat heart against ischemia-reperfusion injury. **The Journal of Nutrition**, v. 138, n. 4, p. 747-752, 2008.

TOWLER, M.C.; HARDIE, D.G. AMP-activated protein kinase in metabolic control and insulin signaling. **Circulation research**, v. 100, p. 328-341, 2007.

TREVISAN, A.C.D; FANTINI, A.C.; CHMITT-FILHO, A.L.; *et al.* Market for Amazonian açai (*Euterpe oleracea*) stimulates pulp production from Atlantic Forest juçara berries (*Euterpe edulis*). **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, p. 762-781, 2015.

TRIKALINOS, T.A.; LEE, J.; MOORTHY, D.; *et al.* Effects of eicosapentanoic acid and docosahexanoic acid on mortality across diverse settings: systematic review and metaanalysis of randomized trials and prospective cohorts. **Nutritional Research Series**, v. 4, p. 1-34, 2012.

TSUDA, T. Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 56, p. 159-170, 2012.

TSUDA, T. Regulation of adipocyte function by anthocyanins; possibility of preventing the metabolic syndrome. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 642-646, 2008.

UDANI, J. K.; SINGH, B. B.; SINGH, V. J.; *et al.* Effects of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: a pilot study. **Nutrition Journal**, v. 10:45, 2011.

USDA – U. S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services. **2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans**. 8th Edition. Dezembro de 2015. Disponível em: <https://health.gov/our-work/food-and-nutrition/2015-2020-dietary-guidelines/>. Acesso em: 11 abr. 2020.

VALENTI, L.; RISO, P.; MAZZOCCHI, A.; *et al.* Dietary anthocyanins as nutritional therapy for nonalcoholic fatty liver disease. **Oxidative medicine and cellular longevity**, 145421, 2013.

VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; *et al.* Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, p. 44-84, 2007.

VASCONCELOS, S.M.L.; GOULART, M.O.F.; MOURA, J.B.F.; *et al.* Reactive oxygen and nitrogen species, antioxidants and markers of oxidative damage in human blood: main analytical methods for their determination. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1323-1338, 2007.

VENDRAME, S.; DEL BO', C.; CIAPPELLANO, S.; *et al.* Berry fruit consumption and metabolic syndrome. **Antioxidants**, v. 30, e34, 2016.

VIEIRA, G.S.; CAVALCANTI, R.N.; MEIRELES, M.A.A.; *et al.* Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). **Journal of Food Engineering**, v. 119, p. 196-204, 2013.

VIEIRA, G.S.; MARQUES, A.S.F.; MACHADO, M.T.C.; *et al.* Determination of anthocyanins and non-anthocyanin polyphenols by ultra performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry (UPLC/ESI-MS) in jussara (*Euterpe edulis*) extracts. **Journal of Food Science and Technology**, p. 1-11, 2017.

VINCENT, H.K.; INNES, K.E.; VINCENT, K.R. Oxidative stress and potential interventions to reduce oxidative stress in overweight and obesity. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 9, p. 813-839, 2007.

WALLACE, T.C.; SLAVIN, M.; FRANKENFELD, C.L. Systematic Review of Anthocyanins and Markers of Cardiovascular Disease. **Nutrients**, v. 8, n. 1, p. 32, 2016.

WANG, D.; ZOU, T.; YANG, Y.; *et al.* Cyanidin-3-O-bglucoside with the aid of its metabolite protocatechuic acid, reduces monocyte infiltration in apolipoprotein E-deficient mice. **Biochemical Pharmacology**, v. 82, p. 713-719, 2011.

WANG, D.D.; HU, F.B. Dietary fat and risk of cardiovascular disease: recent controversies and advances. **Annual Review of Nutrition**, v. 37, p. 423-446, 2017.

WANG, D.D. Dietary n-6 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: Epidemiologic evidence. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 135, p. 5-9, 2018.

WENDEL, A. Glutathione peroxidase. **Methods in Enzymology**, v.77, p. 325-333, 1981.

WHO - World Health Organization. **Promoting fruit and vegetable consumption around the world**. Disponível em: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>. Acesso em: 11 abr. 2020.

WHO - World Health Organization. **The World Health Report: working together for health**. Geneva: World Health Organization, 2006.

WILLETT, W.; STAMPER, M. **Implications of total energy intake for epidemiologic analyses**. In: Willett W. Nutritional epidemiology. New York: Oxford University Press, 1998, 514p.

WROLSTAD, R.E.; DURST, R.W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 9, p. 423-428, 2005.

YAMAGUCHI, K.K.L.; PEREIRA, L.F.R.; LAMARÃO, C.V.; *et al.* Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.

YANG, L.; LING, W.; DU, Z.; *et al.* Effects of anthocyanins on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Advances in Nutrition**, n. 8, v. 5, p. 684-693, 2017.

YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; FILHO, D.F.S.; *et al.* Physicochemical characterization of acai juice of *Euterpe precatoria* Mart. from different Amazonian ecosystems. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 4, p. 545-552, 2011.

YU-POTH, S.; ETHERTON, T.D.; REDDY, C.c.; *et al.* Lowering dietary saturated fat and total fat reduces the oxidative susceptibility of LDL in healthy men and women. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 9, p. 2228-2237, 2000.

ZHANG, H.; LIU, R.; TSAO, R. Anthocyanin-rich phenolic extracts of purple root vegetables inhibit pro-inflammatory cytokines induced by H₂O₂ and enhance antioxidant enzyme activities in Caco-2 cells. **Journal of functional foods**, v. 22, p. 363-375, 2016.

ZIELINSKI, A.A.F.; ÁVILA, S.; ITO, V.; *et al.* The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: An application of chemometrics. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 4, p. 510-516, 2014.

APÊNDICE A – Questionário para triagem dos participantes no estudo

QUESTIONÁRIO DE INCLUSÃO - *Questionário Clínico*

Data: ___/___/___ Pesquisador: _____

Questionário Inclusão “EFEITO DO CONSUMO AGUDO E PROLONGADO DO FRUTO JUÇARA (*Euterpe edulis*) E DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) SOBRE A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, BIOMARCADORES DE DANOS OXIDATIVOS E PARÂMETROS METABÓLICOS EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS”.

1. Nome: _____
2. Telefone: _____
3. E-mail: _____
4. Data de Nascimento: _____
5. Anos de estudo: _____
6. Escolaridade:
 Analfabeto 1º grau incompleto 1º grau completo 2º grau incompleto
 2º grau completo superior incompleto superior completo
7. Cor da pele: Branco Pardo Amarelo Negro
8. Fuma: Sim Não Parou há quanto tempo? _____
 Quantos cigarros/dia: _____
9. Costuma ingerir bebida alcoólica? Sim Não
10. Qual é a mais frequente (tipo e dose)? _____ Frequência: _____
11. Atividade física regular: Sim Não
12. Qual? _____ Frequência: _____
13. Utiliza suplementos vitamínicos: Sim Não Qual(is): _____
14. Está utilizando medicamentos: Sim Não Qual(is): _____

Nos últimos 3 meses (90 dias):

15. Patologias: Sim Não
 Diabetes Hipertensão Colesterol elevado Triglicérides alterados
 Problema respiratório Doença hepática Doença renal Hipertireoidismo
 Hipotireoidismo Doença cardiovascular
 Outra: _____

16. Processo infeccioso ou inflamatório: Sim Não Qual(is): _____
17. Peso (usual): _____ (Kg) 18. Altura: _____ (m)

Diagnóstico Nutricional: _____

 Assinatura do participante

APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, segundo o Conselho Nacional de Saúde

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo título é “Efeito do consumo agudo e prolongado do fruto juçara (*Euterpe edulis*) e do açaí (*Euterpe oleracea*) sobre a capacidade antioxidante, biomarcadores de danos oxidativos e parâmetros metabólicos em indivíduos saudáveis”.

O açaí vem sendo reconhecido por ser um alimento rico em antioxidantes, sendo estes compostos importantes para a prevenção de diversas doenças crônicas não transmissíveis. Um fruto parecido ao fruto do açaí, chamado juçara, produz polpa semelhante, com quantidade superior de antioxidante em seus frutos e quantidade relevante de ácidos graxos monoinsaturados, benéficos ao organismo humano.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito do consumo agudo e crônico do açaí e fruto juçara sobre a capacidade antioxidante e biomarcadores de danos oxidativos, além de parâmetros metabólicos, em indivíduos saudáveis.

As etapas e os procedimentos da pesquisa serão as seguintes:

- 1) Verificação do peso e altura corporal e aplicação de registros alimentares em cada período do estudo;
- 2) Jejum de 12 horas no dia anterior a cada coleta sanguínea;
- 3) Consumo de 200 mL / dia de açaí ou juçara, durante 4 semanas, no ensaio prolongado;
- 4) Coleta sanguínea será realizada por profissional devidamente treinado, antes e 1, 2 e 4 horas após o consumo do açaí ou juçara (ensaio agudo) ou em jejum a cada etapa do estudo prolongado.

Todas estas etapas serão realizadas no Laboratório de Comportamento Alimentar da USFC. Os voluntários que aceitarem participar livremente do estudo receberão, ao final do estudo, orientações sobre alimentação saudável e sobre seu estado nutricional atual.

O presente estudo não trará nenhum risco para sua integridade física ou moral. Entretanto, poderá ocorrer dor durante a coleta sanguínea. Os materiais para coleta sanguínea serão descartáveis. Para amenizar a dor serão usadas agulhas finas e, se possível, escalpes, cadeiras confortáveis próprias para a coleta de sangue. Se houver vermelhidão na pele após a coleta, compressas geladas poderão ser colocadas no local para amenizar a dor. Os profissionais que

realizarão a coleta serão treinados e capacitados para tais procedimentos. Os participantes terão almoço/lanche disponível após a realização das coletas sanguíneas, conforme protocolo.

Espera-se a produção de novos conhecimentos científicos, que possibilitem conduzir a implementação de estratégias, mediante incentivo do consumo de frutas ricas em antioxidantes, que promovam uma diminuição do estresse oxidativo, com conseqüente redução do risco e incidência de diversas doenças crônicas não transmissíveis.

Garantimos que as informações fornecidas serão utilizadas apenas neste trabalho sem a identificação dos participantes. Sua participação é voluntária, podendo desistir a qualquer momento do estudo, sem qualquer conseqüência para você.

Caso tenha alguma dúvida em relação ao estudo ou não quiser mais fazer parte do mesmo, favor entrar em contato com as pesquisadoras, Sheyla de Liz, através do telefone (48) 3721-8014 ou e-mail sheyladeliz@gmail.com.

Eu, _____, fui esclarecido sobre a pesquisa “Efeito do consumo agudo e prolongado do fruto juçara (*Euterpe edulis*) e do açai (*Euterpe oleracea*) sobre a capacidade antioxidante, biomarcadores de danos oxidativos e parâmetros metabólicos em indivíduos saudáveis” e aceito participar livremente da mesma.

Florianópolis, ____ de _____ de 2016.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE D – Nota de imprensa

ÇAÍ E JUÇARA: O CONSUMO TRAZ BENEFÍCIOS À SAÚDE?

Estudo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina pelo Grupo de Estudos em Nutrição e Estresse Oxidativo (GENEO) mostrou que o consumo diário de 200 mL de polpa de açaí ou de juçara durante 30 dias promoveu aumento do HDL-c (colesterol bom) e melhorou a defesa antioxidante de adultos saudáveis.

Nos últimos anos, houve um aumento na popularidade e no consumo do açaí, um fruto proveniente da palmeira *Euterpe oleracea*, nativo da mata amazônica, especialmente na região norte do Brasil. O fruto juçara é parecido ao açaí, porém produzido por uma espécie de palmeira diferente, a *Euterpe edulis*, cultivada nas regiões litorâneas de mata atlântica, principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil. A palmeira juçara é mais conhecida por produzir um palmito comestível muito conhecido (palmito juçara). Porém, com o corte da árvore para produção de palmito, e devido à ação extrativista exacerbada, a palmeira juçara corre risco de extinção. Assim, a utilização dos frutos dessa palmeira é uma alternativa que vem sendo muito incentivada para a preservação da espécie.

O açaí e a juçara são alimentos ricos em nutrientes benéficos à saúde. São fontes de gorduras boas, fibras alimentares, vitaminas, minerais e elevado poder antioxidante. Esses nutrientes podem auxiliar na saciedade, diminuindo a sensação de fome, e também contribuem na saúde cardiovascular, ajudam a diminuir a inflamação, e melhorar os níveis de açúcar no sangue, além de combater os radicais livres que se estiverem em excesso no nosso organismo podem provocar doenças. Porém, muitos dos benefícios relacionados à ingestão de açaí e juçara foram verificados em estudos em animais. Além disso, os poucos estudos que investigaram os efeitos da ingestão de açaí e juçara em seres humanos, avaliam os efeitos de um ou do outro fruto isoladamente. Diante disso, esta pesquisa se propôs a avaliar os prováveis efeitos benéficos do açaí e da juçara em adultos saudáveis, comparando os efeitos da ingestão desses alimentos.

Trinta pessoas consumiram polpa de açaí e de juçara durante 30 dias, com um intervalo também de 30 dias entre o consumo de cada polpa. Após esse período verificou-se que ambas as polpas aumentaram o HDL-c (colesterol bom). Além disso, ambas as polpas melhoraram a defesa antioxidante do organismo, sendo que o açaí promoveu aumento em quatro marcadores de defesa antioxidante (capacidade antioxidante total; duas enzimas antioxidantes: catalase e glutathione peroxidase; e índice de estresse oxidativo) e a juçara em um marcador (enzima antioxidante catalase). Porém, não foi possível afirmar que os efeitos do consumo de um alimento foram mais promissores que do outro. Estatisticamente, ambos mostraram benefícios semelhantes. Essa foi uma pesquisa comparativa inicial, mais estudos de médio e longo prazo devem ser realizados para expandir os conhecimentos científicos sobre esses alimentos na saúde humana.

Este estudo gerou a tese de doutorado da nutricionista Sheyla de Liz Baptista, defendida em julho de 2020, sob orientação da professora Dra. Patricia Faria Di Pietro. O estudo recebeu apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de concessão de bolsa de estudo de doutorado.

Para informações adicionais:

Sheyla de Liz Baptista, sheyladeliz@gmail.com

Patricia Faria Di Pietro, patricia.di.pietro@ufsc.br

ANEXO A – Termo de aceitação de apoio financeiro – CNPq/MCT

0044502793058687

**TERMO DE ACEITAÇÃO DE APOIO FINANCEIRO
A PROPOSTA DE NATUREZA CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E/OU DE INOVAÇÃO**

Processo: 483929/2012-3

Título do Projeto: EFEITO DO CONSUMO AGUDO E PROLONGADO DO FRUTO JUÇARA (*Euterpe edulis*) E DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) SOBRE A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, BIOMARCADORES DE DANOS OXIDATIVOS E PARÂMETROS METABÓLICOS EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

Instituição de Vínculo: Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC-SC

CNPJ: 83899526000182

Instituição de Execução: Universidade Federal de Santa Catarina

CNPJ: 83899526000182

Chamada: Universal 14/2012 - Faixa A - até R\$ 30.000,00

Eu, Patrícia Faria Di Pietro, 507.392.559-91, declaro conhecer, concordar e atender integralmente às exigências Nº CPF (ou PASSAPORTE, se estrangeiro) da Chamada acima especificada e às Condições Gerais para Apoio Financeiro que regem a concessão dos recursos especificados abaixo:

AUXÍLIO FINANCEIRO**Custeio:** R\$ 25.325,00**Capital:** R\$ 95,00**Valor Global:** R\$ 25.420,00

ANEXO B – Termo de aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DO CONSUMO AGUDO E PROLONGADO DO FRUTO JUÇARA (*Euterpe edulis*) E DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) SOBRE A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, BIOMARCADORES DE DANOS OXIDATIVOS E PARÂMETROS METABÓLICOS EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

Pesquisador: Patricia Faria Di Pietro

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 33131414.2.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 800.326

Data da Relatoria: 22/09/2014

Apresentação do Projeto:

Projeto intitulado Efeito do consumo agudo e prolongado do fruto juçara (*euterpe edulis*) e do açaí (*euterpe oleracea*) sobre a capacidade antioxidante, biomarcadores de danos oxidativos e parâmetros metabólicos em indivíduos saudáveis, DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO - PPGN , Coordenação do projeto:

Profa. Dra. Patrícia Faria Di Pietro

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 800.326

deslocamento serão ofertadas aos participantes;

Recomendações:

Considerando que todas as observações foram agraciadas considera-se a pesquisa aprovada.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não