

Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição

LETÍCIA PUPIN

**Como as etapas do processamento dos frutos de
juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a
bioacessibilidade dos micronutrientes?**

Araraquara - SP
2017

LETÍCIA PUPIN

**Como as etapas do processamento dos frutos de
juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a
bioacessibilidade dos micronutrientes?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de
Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciências dos Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique de Almeida
Teixeira

Coorientadora: Prof^a Dr^a Vivian da Silva Santos

**Araraquara - SP
2017**

Ficha Catalográfica

Elaborada por Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

P984c Pupin, Letícia
Como as etapas do processamento dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos micronutrientes? / Letícia Pupin. – Araraquara, 2017.
84 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição.
Área de Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências dos Alimentos.

Orientador: Gustavo Henrique de Almeida Teixeira.
Coorientadora: Vivian da Silva Santos.

1. ICP-OES. 2. Ca. 3. Mg. 4. Fe. 5. Mn. 6. Cu. 7. Zn. 8. Palmito juçara. I. Teixeira, Gustavo Henrique de Almeida, orient. II. Santos, Vivian da Silva, coorient. III. Título.

CAPES: 50700006

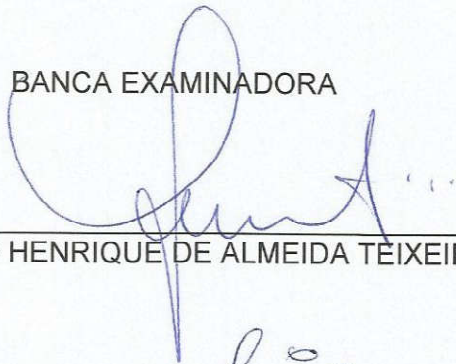
LETÍCIA PUPIN

Como as etapas do processamento dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos micronutrientes?

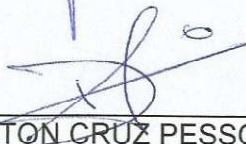
Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Araraquara como requisito para a obtenção do título de Mestre(a) em Alimentos e Nutrição

Araraquara, 23 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA



GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA TEIXEIRA



JOSÉ DALTON CRUZ PESSOA



JOSÉ FERNANDO DURIGAN

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, à minha família e aos amigos
que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, o autor e consumidor da minha vida, o qual me permitiu a realização deste sonho.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCFAR), Campus de Araraquara, ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição pela oportunidade. Aos excelentes docentes, funcionários e instalações físicas que contribuíram para o melhor aproveitamento dessa tão importante fase.

Ao meu orientador Gustavo e Coorientadora Vívian, que acreditaram no sucesso desse tema e me ajudaram na elaboração deste sonho.

À minha família, que sempre acreditou, apoiou e nunca mediu esforços para me ajudar a chegar onde cheguei, sempre me dando exemplos e palavras de incentivo quando pensei que não conseguiria.

Ao meu namorado Raphael que no meio dessa fase já entrou em minha vida com o propósito de me ajudar a melhorar quem sou em todas as áreas.

Aos meus amigos, tanto do Campus de Araraquara, quanto os de Jaboticabal, sem esquecer os de Brasília, pois esses Anjos que Deus nos apresenta foram cruciais para a execução do trabalho, além de me gerar memórias de companheirismo, alegria e solidariedade que levarei por toda vida.

À toda equipe dos vários laboratórios que passei pela ajuda, instrução, empréstimo de equipamentos, carona (essa foi para o Senhor Orlando do LANA e o Senhor Edson, motorista de Araraquara), etc.

E por fim, aos gestores das escolas onde trabalhei que sempre me apoiaram e permitiram o ajuste de horários para que eu conseguisse dar andamento no projeto sossegadamente.

“Eu gosto do impossível porque lá a concorrência é menor.”

Walt Disney

Resumo: O palmitero juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é endêmico do bioma conhecido por Mata Atlântica, sendo seus frutos semelhantes ao do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), porém mais ricos em antocianinas e em alguns elementos químicos, o que os tornam um importante produto para a alimentação das comunidades tradicionais. Todavia, durante o processamento, os frutos passam por diferentes etapas para a extração de sua polpa, o que podem afetar a bioacessibilidade dos micronutrientes. **Objetivos:** O objetivo geral deste trabalho foi verificar a bioacessibilidade de micronutrientes no mesocarpo dos frutos e polpa de juçara e, por objetivos específicos: *i.* verificar o efeito das diferentes etapas do processamento na bioacessibilidade dos micronutrientes presentes no mesocarpo dos frutos e polpa de juçara *ii.* determinar a bioacessibilidade *in vitro* dos micronutrientes pelo método da digestão gastrointestinal (IVG) seguida de análise por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Métodos:** Em cada etapa do processamento foi colhido o mesocarpo dos frutos e/ou polpa para a determinação da bioacessibilidade dos micronutrientes utilizando o método da digestão gastrointestinal *in vitro* (IVG). Os elementos cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) foram determinados por ICP-OES. O experimento foi conduzido segundo um delineamento em blocos casualizado (DBC), onde os blocos foram constituídos pelas origens (Ubatuba I, Ubatuba II, Jaboticabal I, Jaboticabal II e Américo Brasiliense) com quatro tratamentos (*i.* frutos frescos, *ii.* frutos depois de lavados, *iii.* frutos depois da embebição, *iv.* polpa recém processada congelada). **Resultados:** Não foi possível determinar a bioacessibilidade do Ca e Zn. A bioacessibilidade dos minerais Mg, Mn, Cu e Fe diminuiu nas diferentes etapas de processamento. **Conclusão:** O processamento dos frutos de juçara afeta o teor de minerais e a bioacessibilidade dos mesmos, tendo sido observado um aumento expressivo no teor de macro e microelementos após o despulpamento. Foi possível determinar a bioacessibilidade de alguns minerais com exceção do Ca e Zn. O consumo de 200 mL de polpa de juçara se mostrou apropriado para o fornecimento de parte da ingestão recomendada de nutrientes (RDA) dos microelementos estudados, contudo o teor de Zn mesmo estando acima deste parâmetro para crianças de 1 a 3 anos, não ultrapassou o nível de ingestão máxima tolerada (UL), deste modo não causará danos à saúde das mesmas.

Palavras-Chave: ICP-OES. Ca. Mg. Fe. Mn. Cu e Zn.

Abstract: Juçara palm tree (*Euterpe edulis* Mart.) is endemic from a biome know as Atlantic Forest, and its fruit are similar to açai (*Euterpe oleracea* Mart.), but richer in anthocyanin and chemical elements, which make them a important food produce for the local population. However, during its processing, the fruit are subjected to different unit operation to extract their pulp and it can affect the chemical elements biaccessibility. **Objectives:** The general object of this study was to verify the chemical elements bioaccessibility in fruit and juçara pulp and, the specific objectives were: i. verify if the different unit operations affect the chemical elements bioaccessibility, and ii. determine the *in vitro* chemical elements bioaccessibility using the *in vitro* gastrointestinal method (IVG) followed by ICP-OES determination. **Methods:** For each unit operation during juçara processing fruit and/or pulp were collected to determine the chemical elements bioaccessibility using the *in vitro* gastrointestinal method (IVG). It was determined the chemical elements Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn using Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). The experiment was conducted according to randomized complete blocks design (CBD), where the blocks were constituted by the origins (Ubatuba I, Ubatuba II, Jaboticabal I, Jaboticabal II and Américo Brasiliense) with four treatments (*i.* fresh harvested fruits, *ii.* fruits which were washed, *iii.* fruits after softened in water, *iv.* processed pulp). **Results:** It was not possible to determine the bioaccessibility of Ca and Zn. The chemical elements Mg, Mn, Cu, and Fe bioaccessibility reduced during processing. **Conclusion:** Juçara fruit processing affected the content and bioaccessibility of the chemical elements, and it was observed a sharp increment in the content of macro and microelements after pulp extraction. It was possible to determine the chemical elements bioaccessibility with exception of K, Ca, and Zn. The consumption of 200 mL of juçara pulp showed to be appropriate to supply part of the recommended daily allowance (RDA) of the studied microelements, however the Zn content even above the of the required for children from 1 to 3 year old, it did not surpassed the maximum tolerate ingestion (UL). Therefore, health problems will not be observed

Key-words: ICP-OES. Ca. Mg. Fe. Mn. Cu and Zn.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

°C - graus centígrados

µg - micrograma

AAS - espectrometria de absorção atômica

ANOVA - Análise de Variância

BJN - *British Journal of Nutrition*

Ca - cálcio

CaCl - cloreto de cálcio

Ce - cério

Cm - centímetros

Co - cobalto

Cu - cobre

DIN - Modelo estático gastrointestinal

DRI - ingestão diária de nutrientes (do inglês *Dietary Reference Intake*)

EUA - Estados Unidos da América

Fc - Fator de correção

FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

Fe - ferro

G - grama

Ha - hectare

HCl - ácido clorídrico

HNO₃ - Ácido nítrico

HClO₄ - Ácido perclórico

Hr - hora

ICP- MS - espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado

ICP- OES - espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IPEMA - Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica

IVG - método de digestão gastrointestinal

K - potássio

KCl - cloreto de potássio

Kg - quilograma

L - litro

La - lantânio

LANA - Laboratório de Nutrição Animal

LDL - Lipoproteína de baixa densidade (do inglês *Low Density Lipoprotein*)

M - metro

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

Min. - minutos

Mg - magnésio

mg - miligrama

ml - mililitros

mm - milímetro

MMA - Ministério do Meio Ambiente

Mmol - minimolar

Mn - manganês

MS - matéria seca

N - normal

Na - sódio

NaCl - cloreto de sódio

NaHCO₃ - bicarbonato de sódio

NaOH - hidróxido de sódio

Nd - neodímio

Nº - número

ONG - Organização Não Governamental

PBET - Teste de extração baseado na fisiologia

PH - potencial hidrogeniônico

PIQ - Padrão de Identidade e Qualidade

RDA - ingestão recomendada de nutrientes (do inglês *Recommended Dietary Allowances*)

Rpm - rotação por minuto

SBET - Teste simples de bioacessibilidade por extração

Se - Selênio

SSC - teor de sólidos solúveis do inglês "*Soluble solids content*"

Sm - Samário

SP - São Paulo

TA - acidez titulável do inglês "*Titrateable acidity*"

Th - Tório

UL- Nível de ingestão máxima (do inglês "*Tolerable Upper Intake Level*")

UNESP - Universidade do Estado de São Paulo

USP- Universidade de São Paulo

Var.- variedade

Zn - zinco

Lista de Tabelas e Quadros

Capítulo 1		Página
Tabela 1	Composição química de 100 g.mL ⁻¹ de polpa de juçara seca	14
Capítulo 2		
Table 1	Instrumental parameters used in the inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES)	62
Table 2	Physicochemical results found in the mesocarp and juçara pulp (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	63
Table 3	Macro and microelements of the mesocarp and pulp of the juçara fruit (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	64
Table 4	Contribution of the consumption of a juçara pulp 200 mL glass to the Recommended Dietary Allowances [†] of calcium (Ca), magnesium (Mg), manganese (Mn), zinc (Zn), copper (Cu) and iron (Fe)	65

Lista de Figuras

Capítulo 1	Página
Figura 1 Fluxograma das etapas de processamento de frutos de juçara (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	11
Capítulo 2	
Figure 1 Schematic representation of the <i>in vitro</i> gastrointestinal digestion method (IVG)	56
Figure 2 Calcium (Ca) (A) and magnesium (Mg) (B) contents observed in the mesocarp and juçara pulp at different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	57
Figure 3 Manganese (Mn) (A) and copper (Cu) (B) contents observed in the mesocarp and juçara pulp at different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	58
Figure 4 Zinc content (Zn) (A) and iron (Fe) (B) observed in the mesocarp and juçara pulp at the different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	59
Figure 5 Bioaccessibility in percentage (%) of the macroelement magnesium (Mg) in the mesocarp and pulp of juçara obtained in the different stages of the processing. Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	60
Figure 6 Bioaccessibility in percentage (%) of the microelements manganese (Mn), copper (Cu) and iron (Fe) in the mesocarp and juçara pulp obtained in the different stages of the	61

processing. Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)

Sumário

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 1	04
1. REVISÃO DE LITERATURA	06
1.1. Aspectos botânicos e descrição da espécie	06
1.1.1. <i>Gênero Euterpe</i>	06
1.1.2. <i>A juçara</i>	07
1.2. Vale do Ribeira e Projeto Juçara	08
1.3. Processamento dos frutos de juçara	10
1.4. Composição química e qualidade nutricional	13
1.4.1. <i>Antocianinas</i>	16
1.5. Biodisponibilidade e bioacessibilidade	17
1.5.1. <i>Determinação da bioacessibilidade</i>	18
1.5.2. <i>Determinação de minerais</i>	20
2. REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	33
Introduction	34
Experimental methods	36
<i>Reagents and solutions</i>	36
<i>Plant material</i>	36
<i>Processing and samples collection</i>	37
<i>Experimental design</i>	37
<i>Quality analysis of the mesocarp and juçara pulp</i>	37
<i>Moisture content</i>	37
<i>Hydrogenionic potential (pH)</i>	37
<i>Soluble solids content (SSC)</i>	38
<i>Titrateable acidity (TA)</i>	38
<i>Micronutrients determination</i>	38
<i>Nitroperchloric digestion</i>	38
<i>In vitro digestion</i>	38
<i>Analytical instrumentation</i>	39
<i>Determination of bioacessibility</i>	39
<i>Statistical analysis</i>	40
Results	40
<i>Analysis and quality of the mesocarp and juçara pulp</i>	40
<i>Minerals determination</i>	41
<i>Macroelements content</i>	41
<i>Microelements content</i>	42
<i>Bioacessibility: macroelements</i>	43
<i>Bioacessibility: microelements</i>	43
<i>Nutritional value</i>	43
Discussion	44
<i>Analysis and quality of the mesocarp and juçara pulp</i>	44
<i>Minerals determination</i>	45
<i>Macroelements content</i>	45
<i>Microelements content</i>	46
<i>Bioacessibility: macroelements</i>	47
<i>Bioacessibility: microelements</i>	48

Nutritional value	48
Conclusion	49
Acknowledgment	50
Financial support	50
Conflict of interest	50
Authorship	50
References	50
Figures	56
Tables	62

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior país do continente Sul americano ocupando aproximadamente metade desta área. Com grande diversidade climática, é possível encontrar diferentes zonas biogeográficas que resultam em uma multiplicidade de biomas e, conseqüentemente, uma ampla diversidade da flora e fauna. Desta forma, o Brasil abriga cerca de 20% da biodiversidade mundial, apresentando a mais diversa flora do mundo, com um número de espécies catalogadas de aproximadamente 55 mil espécies¹.

Apesar da rica biodiversidade brasileira, a maior parte da atividade agrícola nacional é baseada na utilização de espécies exóticas. Desta forma, é imperativo a disponibilização de investimentos no sentido de se buscar o melhor aproveitamento da riqueza natural que se dispõe. Neste sentido, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) desenvolveu uma iniciativa chamada “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial, de Uso Local e Regional – Plantas do Futuro”², que foi executado em parceria com diversas instituições governamentais e não governamentais. As espécies foram agrupadas de acordo com seu potencial de uso em: alimentícias, frutíferas, aromáticas, medicinais, oleaginosas, ornamentais, fibrosas, tóxicas, forrageiras, madeireiras, apícolas e ambientais, sendo as mesmas priorizadas em função de sua região de origem. De um total de 674 espécies estudadas, 41 foram priorizadas como alimentícias e 28 como frutíferas, tal iniciativa contribuiu para o aumento da segurança alimentar do Brasil, pois o país apresenta forte dependência de poucas espécies, em sua maioria exóticas¹.

Uma das espécies alimentícias priorizadas no âmbito do Projeto Plantas para o Futuro para as regiões sul e sudeste foi a *Euterpe edulis* Mart., que é conhecida popularmente por juçara, palmito, palmito-juçara, ripeiro, açai-da-mata-atlântica³. Esta espécie de palmeira monopódio foi explorada de forma contínua e ilegal por produzir um tipo de palmito que era muito apreciado em várias regiões do país, porém, para que o palmito fosse obtido era necessário o corte da planta. Desta forma, a exploração desta espécie de maneira desenfreada, ocasionou grande degradação ao meio ambiente, colocando a juçara em risco de extinção, além de gerar prejuízo também às populações tradicionais, que se utilizavam do manejo sustentável através da venda de seus frutos como meio de sobrevivência e geração de renda^{4, 5, 6}.

A exploração dos frutos da juçara na forma de polpa foi uma forma encontrada para mitigar sua extinção, já que para isso não é necessário o corte da planta. Soma-se a isso o hábito de consumo de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) que se disseminou por todo o país, resultando no aumento da demanda por frutos para atender a este segmento de mercado⁷. Os frutos de juçara se assemelham aos do açai e contém grande quantidade de antocianina, $1.340 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta⁸, apontando este fruto como um alimento com elevada capacidade antioxidante, com ação anti-inflamatória e inibidora da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL)^{9,10}. Segundo Borges *et al* (2011)¹¹, a polpa da juçara também contém elevada quantidade de lipídeos (18% a 44%), sendo os ácidos graxos insaturados oleico e o linoleico os presentes em maior proporção. Esta também é rica em outros nutrientes como as proteínas (5% a 8%), as cinzas (1,5% a 3,3%) e os minerais cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na) e ferro (Fe). Em

relação ao teor de terras raras, há grandes diferenças entre a polpa de açaí e juçara cultivadas em condições similares, sendo a de açaí mais rica em samário (Sm), tório (Th), lantânio (La), cério (Ce) e neodímio (Nd) que a de juçara¹². A polpa da juçara possui um teor de vitamina B2 (riboflavina) mais elevado quando comparada ao açaí da Amazônia, além de teores mais altos de compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C^{13, 14}.

Apesar da importância da juçara como alimento, pouco se sabe a respeito da bioacessibilidade dos micronutrientes presentes em seus frutos. Estudos de bioacessibilidade são importantes, uma vez que mostram quanto de um determinado nutriente do alimento é libertado da matriz alimentar para o fluído intestinal após o processo de digestão, se tornando aptos para serem absorvidos, mas que nem sempre serão biodisponíveis, ou seja, absorvido pelas células¹⁵. Schulz *et al* (2017)¹⁶ ao estudar a bioacessibilidade de minerais em frutos de juçara, verificou que os frutos no final da sua maturação apresentaram melhor aproveitamento nutricional em relação aos elementos cálcio (Ca), ferro (Fe), manganês (Mn), selênio (Se) e cobre (Cu). Apesar desta referência e sabendo que os processamentos dos alimentos podem influenciar a composição em micronutrientes, o objetivo deste trabalho foi verificar como as etapas do processamento tradicional dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos minerais.

CAPÍTULO 1.

Revisão de literatura acerca da palmeira *Euterpe Edulis* Martius, seus frutos, micronutrientes, processamento e bioacessibilidade

Letícia Pupin¹

Gustavo Henrique de Almeida Teixeira²

Vívian da Silva Santos³

¹Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP, Araraquara

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal

³Universidade de Brasília - UnB, Ceilândia

Resumo: As plantas conhecidas popularmente como palmeiras dividem-se no mundo em mais de 240 gêneros com 2.522 espécies descritas, sendo muito utilizadas pelo homem para diversos fins como, por exemplo: alimentação humana e animal, e projetos paisagísticos. As palmeiras do gênero *Euterpe* dividem-se no Brasil em sete espécies, sendo as mais importantes economicamente pelo fornecimento de palmito e aproveitamento dos frutos como alimento a *Euterpe precatoria* var. *precatoria*, *Euterpe oleracea* e por fim a *Euterpe edulis*, conhecida também com juçara, jiçara, içara ou ripeira. A juçara ocorre desde o estado da Bahia até o Rio Grande do Sul, podendo ser encontrada também no extrato médio da floresta ombrófila densa (Floresta Tropical Atlântica - Mata Atlântica) e, mais raramente, na floresta estacional decidual e em outros países como o Paraguai e a Argentina. O palmito da juçara foi intensamente explorado com o corte indiscriminado sem reposição, principalmente na década de 70, assim reduzindo a população desta espécie que esteve a ponto de quase ser considerada extinta. As plantas de juçara produzem frutos com cerca de 1 centímetro (cm) de diâmetro e 1 grama (g) de peso, com forma arredondada, coloração violeta púrpura, possuindo apenas um caroço e uma fina camada de polpa carnosa, agrupando-se em cachos com peso aproximado de 3 quilos (kg) contendo até 3.325 frutos maduros. O consumo dos frutos da juçara beneficia os animais que dela se alimentam, e também, os residentes das comunidades situadas nas regiões de sua ocorrência, como por exemplo, o Vale do Ribeira, região composta por 23 municípios localizada nos estados de São Paulo e Paraná que abriga uma rica biodiversidade ambiental, contendo cerca de 21% da vegetação remanescente de Mata Atlântica existente no Brasil, porém apresentando os menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH). É notável que com o manejo da Juçara ocorra melhora da segurança alimentar e nutricional desta população, uma vez que as famílias conseguem obter com a exploração deste fruto um trabalho e fonte de renda sustentável, além de uma melhor nutrição, já que o perfil nutricional da juçara é excelente. O processamento dos frutos da juçara contempla as seguintes etapas: escolha e coleta, triagem, lavagem com água potável, embebição, despulpamento e congelamento. Sendo assim apesar da riqueza dos frutos de juçara em termos nutricionais, há pouca informação em relação à biodisponibilidade e bioacessibilidade dos compostos presentes nesse fruto que são determinadas geralmente por métodos *in vitro*.

Palavras-chave: juçara, micronutrientes, processamento, bioacessibilidade.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Aspectos botânicos e descrição da espécie

As plantas conhecidas popularmente como palmeiras pertencem à família *Arecaceae*, sendo estas monocotiledôneas e em todo o mundo existem cerca de 240 gêneros com 2.522 espécies descritas. No Brasil, o número de espécies fica em torno de 270, distribuído em 37 gêneros diferentes¹⁷. Os principais gêneros encontrados no Brasil são *Syagrus*, *Astrocaryum* G. Mey e *Attalea* Kunt, já nas regiões costeiras e serras, os gêneros *Euterpe*, *Bactris*, e *Geonoma* são os mais comuns^{18, 19}.

As palmeiras são muito utilizadas pelo homem. Segundo Alves e Carvalho (2010)²⁰, essas são usadas tanto para o fornecimento de produtos alimentícios quanto para compor projetos de paisagismo, devido as suas formas e beleza que são manifestadas pela ampla variedade de folhas e caules, sem esquecer ainda da importância para a fauna e flora que podem utilizá-las também para subsistir, denotando seu valor alimentício, ambiental e socioeconômico.

1.1.1. Gênero *Euterpe*

As plantas deste gênero recebem este nome em homenagem a deusa da mitologia grega Euterpe, que significa “elegância da floresta”. No Brasil foram descritas sete espécies deste gênero, ou seja: *E. precatória* var. *precatória*, *E. oleracea* e *E. edulis*, (as mais importantes economicamente pelo fornecimento de palmito e aproveitamento dos frutos como alimento), *E. catinga* var. *catunga*, *E. catinga* var. *roraimae*, *E. longibracteata* e *E. precatória* var. *longevaginata*,²¹. A

distribuição destas espécies, segundo Martins (2012)¹⁸, ocorre em áreas de baixa altitude em florestas úmidas e pântanos, além de encosta de montanhas.

1.1.2. A juçara

A juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é uma espécie de palmácea nativa do Brasil ocorrendo do estado da Bahia ao Rio Grande do Sul²². Esta pode ser encontrada no extrato médio da floresta ombrófila densa (Floresta Tropical Atlântica - Mata Atlântica) e, mais raramente, na floresta estacional decidual⁷. Pode ser encontrada também em outros países como o Paraguai e a Argentina²³.

Conhecida também como jiçara, içara ou ripeira (devido a seu caule servir de ripas em construções), é uma planta mais bem adaptada a ambientes úmidos e com um pouco de sombra (embora cresçam em direção ao sol), demorando de 6 a 10 anos para começar a produzir seus frutos que também servem de alimento para os animais da floresta, como por exemplo: macacos e pássaros, que auxiliam na dispersão das sementes, contribuindo para sua reprodução²⁴.

Por causa de seu valor econômico, o palmito da juçara foi intensamente explorado, com corte indiscriminado e sem reposição das plantas, principalmente na década de 70. A redução na população desta espécie chegou no ponto dela quase ser considerada extinta. Atualmente, é encontrada em áreas protegidas da Mata Atlântica, como também em lugares de difícil acesso²⁵.

Diferentemente do açazeiro, a juçara é uma palmeira que possui um único caule (monopódio) que pode chegar a 15 metros de altura, sendo coberto por um tufo denso de folhas grandes (2 – 2,5 m de comprimento) que serve para proteção

do palmito de ótima qualidade. A frutificação ocorre nos meses de março a junho, quando os frutos passam a apresentar uma coloração roxa escura⁵.

Os frutos são pequenos medindo cerca de 1 centímetro (cm) de diâmetro e pesando 1 grama (g). Estes tem forma arredondada, coloração violeta-púrpura, possuindo apenas um caroço e uma fina camada de polpa carnosa (mesocarpo). Os frutos se agrupam em cachos com peso aproximado de 3 quilos (kg) que contém até 3.325 frutos maduros, que vêm sendo bastante utilizados como alimento em forma de polpa à semelhança do “açai”^{26, 27}. Mac Fadden (2005)²⁸ relatou que o cultivo de juçara em consórcio com bananeiras resultou na produção de 4.000 kg de frutos por safra em uma população de 400 palmeiras por hectare (ha). Isto é uma alternativa econômica viável ao monocultivo de bananeira no estado de Santa Catarina.

1.2. Vale do Ribeira e o Projeto Juçara

O Vale do Ribeira é uma região localizada ao Sul do estado de São Paulo e ao Leste do estado do Paraná. Seu nome se deve à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e ao Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananeia e Paranaguá. Este vale possui uma área de 1.711.533 ha, abrangendo 23 municípios onde vivem cerca de 439.199 habitantes²⁹.

Segundo Romão (2006)³⁰, o Vale do Ribeira trata-se de uma região cujos índices de desenvolvimento humano (IDH) são muito baixos quando comparados aos do estado de São Paulo, estado mais rico do país. O índice de pobreza varia de alto a médio, com esta região apresentando ainda elevado índice de

mortalidade infantil, desemprego, incidência de doenças endêmicas e a mais baixa renda *per capita* do estado de São Paulo. Somando-se a isso, cerca de 75% das terras da região são regidas por leis de proteção ambiental, sendo 58% desta área institucionalmente protegida sob a forma de parques e estações ecológicas, o que impõe a proibição de qualquer uso econômico.

As condições ambientais de solo, clima e relevo fizeram do Vale do Ribeira um território que abriga cerca de 50% da vegetação nativa remanescente do estado de São Paulo e 21% da vegetação remanescente de Mata Atlântica existente no Brasil. Apesar do rico patrimônio ambiental, é uma região em que seus residentes, a maior parte quilombolas, seguido de comunidades caiçaras e indígenas, vivem de modo precário, pois essa região durante muitos anos foi explorada em função de seus recursos naturais de baixo custo sem geração de renda à população local^{31, 32}.

Atualmente, tais comunidades sobrevivem do manejo sustentável dos recursos, como por exemplo: turismo local; produção e comercialização de mudas nativas, especialmente as que correm risco de extinção como a palmeira juçara; produção de polpa de juçara, através do aproveitamento dos frutos, o que é mais rentável que o corte para a obtenção do palmito e a maricultura (criação de mariscos, ostras e peixes em cativeiros)^{32,33}.

Como já foi citado, o consumo dos frutos da juçara beneficia os animais que dela se alimentam, mas também, os residentes das comunidades situadas nas regiões de sua ocorrência, pois podem ajudar a melhorar a segurança alimentar e nutricional, uma vez que seu perfil nutricional é excelente e com a

produção de polpa de juçara, as famílias conseguem obter um trabalho e uma fonte de renda para si³⁴. O aproveitamento integral da juçara foi possível graças ao início de projetos criados com o intuito de preservar, replantar e fazer o aproveitamento sustentável dos frutos que incluiu as comunidades locais, organizações não governamentais (ONG's) e os diferentes níveis de governo³⁵.

Dentre estes projetos, vale destacar o Programa Juçara, criado pelo Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica (IPEMA) uma ONG sediada em Ubatuba – SP. Este projeto é resultante da organização e trabalho conjunto de comunidades quilombolas, caiçaras e indígenas, para a conservação da Mata Atlântica, através do manejo sustentável da palmeira Juçara e de outras frutas nativas³⁶.

Atualmente o Programa Juçara atua em seis comunidades localizadas em Ubatuba e Paraty sendo três quilombos: Fazenda, Cambury e Campinho; duas comunidades caiçaras - Ubatumirim e Trindade e uma aldeia indígena, Aldeia Boa Vista³⁷.

1.3. Processamento dos frutos de juçara

O consumo dos frutos de juçara *in natura* não é viável em função de sua baixa porcentagem de polpa (15%), pois a semente é a maior parte nte do mesmo, e por esta razão eles são utilizados para a produção de polpa à semelhança do açaí e pode receber o nome de açaí de juçara^{38, 39}.

O processamento dos frutos ocorre principalmente em pequenas agroindústrias familiares, que podem ou não empregar a pasteurização da polpa,

já que os equipamentos utilizados são de custo elevado e não obrigatórios, uma vez que não existe uma legislação específica para garantir as características mínimas de qualidade físico – químicas para a polpa proveniente da juçara. No entanto, quando empregada, a pasteurização ajuda a reduzir a contaminação microbiana presente, inativa enzimas e preserva alguns nutrientes, ou seja, aumenta a vida útil deste produto que é altamente perecível^{40, 41}.

Devido à semelhança entre as espécies, o processamento dos frutos de juçara se parece muito com o utilizado para os frutos de açazeiro (Figura 1).

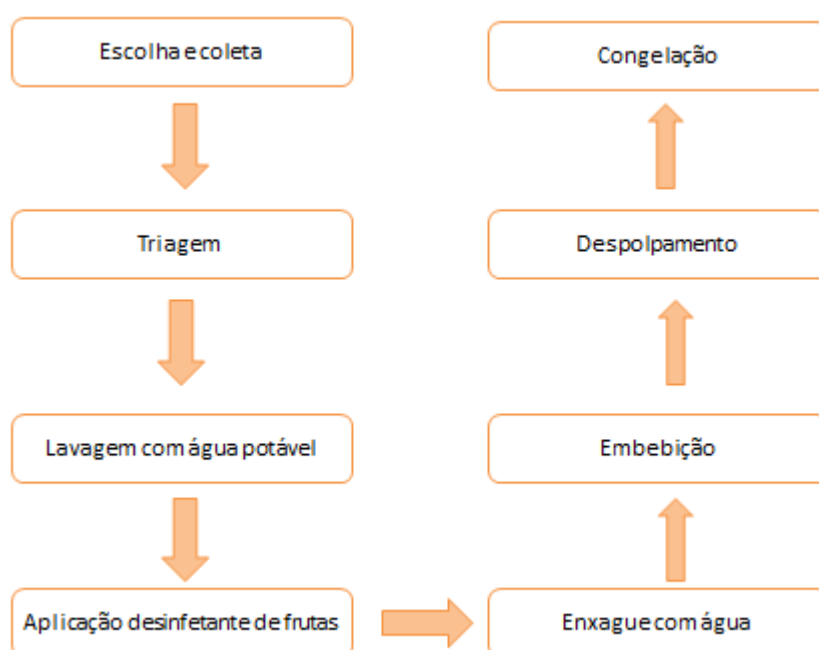


Figura 1. Fluxograma das etapas de processamento de frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.).

O processamento tradicional ocorre conforme o fluxograma apresentado na Figura 1, cujas etapas são descritas a seguir²⁸:

- Escolha e coleta: é feita com a observação das plantas que apresentam cachos inteiramente maduros, estes são derritados através do corte dos coletores que sobem nas palmeiras para cortá-los;
- Triagem: descarte dos frutos indesejáveis (imaturos);
- Lavagem: com água potável corrente;
- Aplicação de desinfetante: é opcional e serve para eliminar ou reduzir a contaminação microbiana da superfície dos frutos;
- Enxague: para a remoção do agente desinfetante, é feito com água corrente potável;
- Embebição: imersão dos frutos em água à ~40°C durante 40 minutos;
- Despulpamento: pode ser feito usando-se pano e água potável ou despulpadeiras elétricas verticais, que são feitas em aço inox e possuem um tambor principal com hélices, eixo central e suporte para fixação, além de 2 saídas na parte inferior, uma para sementes e outra para a polpa. Elas são utilizadas para a produção da polpa em escala maior, 100 a 200 L/máquina/dia;
- Congelação: é realizada visando conservar as características organolépticas da polpa e sua preservação.

Não existe legislação específica para a polpa de juçara, contudo, devido à similaridade entre as espécies, esta poderia se enquadrar na Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que trata do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) da polpa de açaí⁴².

Segundo Castro (2012)²⁶, alguns esforços vêm sendo realizados no intuito de regularizar a produção de polpa a partir da *Euterpe edulis* Mart. (juçara), seja pela inserção da espécie no PIQ (Padrão de Identidade e Qualidade) existente ou através da elaboração de um documento próprio. Esta última opção tem sido defendida pela rede de articulação socioeconômica denominada “Rede Juçara”, como uma estratégia de marketing ao diferenciar os produtos e evitar a concorrência com a indústria estabelecida na região amazônica.

1.4. Composição química e qualidade nutricional

A composição química e nutricional de 100 g.mL⁻¹ de polpa de Juçara seca está apresentada na Tabela 1:

Tabela 1. Composição química de 100 g.mL⁻¹ de polpa de juçara seca.

	Silva, Barreto e Serôdio (2004) ⁴³	Schulz (2008) ⁴⁴	Ribeiro, Mendes e Pereira (2011) ¹³	Castro (2012) ²⁶	Coletivo Catarse (2014) ⁴⁵	Garbin, Helm, Pimentel <i>et</i> <i>al</i> (2015) ⁴⁶	Barros, Costa, Ribeiro <i>et</i> <i>al</i> (2015) ⁴⁷
Valor calórico total (kcal)	-	-	-	-	63,8	10,3	-
Carboidratos totais (g)	-	-	6,27	-	5,7	-	-
Proteínas (g)	-	-	0,09	8,44	0,67	1,27	0,1363
Lipídeos (g)	-	-	4,36	-	3,5	0,58	-
Fibras alimentares (g)	-	-	-	-	3,23	-	-
Sódio (mg)	-	-	19,3	-	3,51	3,00	-
Fósforo (mg)	8,0	-	5,2	-	12,85	-	-
Potássio (mg)	121,0	-	94,8	-	101,07	5,51	-
Cálcio (mg)	43,0	-	4,3	-	33,96	16,88	-
Magnésio (mg)	15,0	-	-	-	9,42	5,25	-
Ferro (mg)	55,9	-	46,6	-	0,59	1,39	-
Zinco (mg)	1,2	-	-	-	0,23	0,25	-
Cobre (mg)	1,4	-	-	-	0,12	0,03	-
Manganês (mg)	4,34	-	-	-	0,31	0,26	-
Enxofre (mg)	-	-	-	-	11,14	8,82	-
Boro (mg)	-	-	-	-	0,08	-	-
Sólidos solúveis totais	-	-	3,03	5,14	-	2,07	6,73
Umidade (%)	-	-	88,90	-	-	97,93	88,9
Antocianinas totais (mg)	-	58,5	235,8	92,58	61,85	-	153,12
Compostos fenólicos (mg)	-	398,6	-	428,58	-	-	-

Os frutos de juçara são considerados uma ótima fonte de energia, advinda da presença de ácidos graxos de boa qualidade, tais como o palmítico, o oleico e linoleico. Além disso, estes frutos são ricos em antocianinas, como observado no trabalho de Ribeiro, Mendes e Pereira (2011)¹³ com 235,8 mg em 100 g.mL⁻¹ e outros compostos fenólicos, em que a polpa de juçara apresenta maior teor (428,58 mg em 100 g)²⁶ – Tabela1, por exemplo em comparação em folhas e frutos maduros de jambolão⁴⁸ (fruto fonte deste nutriente) com cerca de 237 mg.100 g⁻¹. Tais pigmentos, além de conferirem a coloração característica dos frutos, são responsáveis pela funcionalidade como alimento, ou seja, a capacidade de trazer benefícios à saúde. Somam-se também a estes frutos os muitos micronutrientes, elementos químicos essenciais – que se enquadram no critério de essencialidade, isto é, tanto sua ausência quanto deficiência no consumo acarretam prejuízos à saúde humana, revertidos através da ingestão destes metais^{49, 50}.

Na tabela 1 pode ser observada a composição química da polpa de juçara. Podem ser ressaltados o elevado teor do mineral potássio (K), por exemplo 101,07 mg.100 g⁴⁵, importante eletrólito envolvido na manutenção dos equilíbrios osmótico, hídrico e ácido-base, além de promover o crescimento muscular. Da mesma forma, a riqueza em ferro (Fe), componente da hemoglobina e da mioglobina; manganês (Mn), constituinte dos sistemas enzimáticos essenciais; cobre (Cu), componente das enzimas e de proteínas cúpricas do sangue; e o zinco (Zn), constituinte de muitas enzimas e da insulina⁵¹.

Em relação aos micronutrientes, estudos realizados comparando a polpa de açaí com a da juçara foram observados quantidades superiores de K (65,7%), Fe (70,3%) e Zn (20,8%) na polpa de juçara em relação à do açaí. Porém, no caso do Fe, a forma química presente na polpa de juçara não é totalmente aproveitada pelo organismo, por formar compostos insolúveis. Seu consumo com outras frutas ricas em vitamina C como o limão, a tangerina e a laranja, por exemplo é sugerido para aumentar a absorção^{52, 13}.

Em relação ao teor de terras raras, há grande diferenças entre a polpa de açaí e juçara, sendo a de açaí mais rica em samário (Sm), tório (Th), lantânio (La), cério (Ce) e neodímio (Nd) que a de juçara, como foi observado no trabalho de Santos *et al* (2014)¹² com plantas próximas.

1.4.1. Antocianinas

Em relação ao teor de antocianinas, laderoza *et al.* (1992)⁸ identificaram a cianidina-3-glucosídeo e a cianidina-3-rutinosídeo como as principais antocianinas presentes nos frutos de juçara. Além disso, estes autores verificaram que a polpa de juçara tem quatro vezes mais antocianinas do que a polpa de açaí, 1.340 e 336 mg.100g⁻¹, respectivamente. Estes dados indicam a importância da adição desse alimento na dieta habitual das pessoas, devido aos efeitos benéficos das antocianinas na prevenção de câncer e doenças cardiovasculares⁶.

Vale lembrar que as antocianinas são a forma glicosilada das antocianidinas, subgrupos dos flavonoides (grupo mais comum), que contém também flavanol, flavanona, flavanonol, flavonas, isoflavonas e outros 2 grupos

como ácidos fenólicos e cumarinas, que integram o grande grupo de compostos fenólicos – e que são encontrados em todo o reino vegetal e responsáveis por benefícios à saúde humana⁵³.

A hidrossolubilidade é uma importante característica presente nas antocianinas pois durante o processamento deste alimento se utiliza maceração em água, que depois é descartada, levando consigo até 50% das antocianinas presentes⁵³.

Outra característica que afeta sua estabilidade (com conseqüente mudança de cor e formação de produtos insolúveis) é o seu papel de corante, sendo assim, fatores como pH (com aumento do pH intensidade de cor diminui); influência da copigmentação (antocianinas que se unem a aminoácidos ou ácidos orgânicos ou flavonoides podem promover um aumento da cor); luz (juntamente com o pH podem destruí-las); temperatura (ocorre intensa degradação quando submetidos a mais de 25°C); presença de outros metais (quando ligadas a alumínio, ferro e outros metais se tornam mais estáveis ao calor, pH e oxigênio) e oxigênio (promove degradação por provocar oxidação dos constituintes do meio com as antocianinas) afetam negativamente as antocianinas⁵⁴.

1.5. Biodisponibilidade e Bioacessibilidade

Apesar da riqueza dos frutos de juçara em termos nutricionais, há pouca informação em relação à biodisponibilidade e bioacessibilidade dos compostos presentes neste fruto, pois durante o processamento podem ocorrer alterações no teor de micronutrientes e antocianinas, que são substâncias hidrossolúveis, e pela

necessidade de se macerar os frutos em água para a obtenção da polpa, o que pode extraí-la, e leva-la ao descarte com a água^{54,55}.

Para que exerça influência na saúde dos seres vivos é necessário se conhecer os níveis de ingestão indicados dos nutrientes, a denominada *Recommended Dietary Allowances* (RDA), que é a referência nutricional americana e integrante das *Dietary Reference Intake* (DRI) e que apresenta à população um valor numérico médio de ingestão diária do nutriente estimado que atende às necessidades de 97,5% da população saudável⁵⁶. Além disso, é necessário também saber como ocorre a bioacessibilidade e biodisponibilidade destes compostos, sendo que a biodisponibilidade avalia a fração do nutriente que atinge a circulação sistêmica, já o termo bioacessibilidade se refere à fração de um composto liberado da sua matriz alimentar no trato gastrointestinal que se torna disponível para a absorção intestinal^{57, 58}.

No caso da bioacessibilidade dos micronutrientes, Jesus Pereira (2014)⁵⁵, relatou que esta pode variar de menos de 1% a mais de 90% dependendo da espécie química, além disso, a bioacessibilidade sofre influência de fatores que influenciam o estado químico do nutriente, assim como sua liberação da matriz alimentar, formação de compostos estáveis que são lentamente metabolizados, interações com outros componentes dos alimentos, e presença de supressores e outros cofatores.

1.5.1. Determinação da bioacessibilidade

A determinação da bioacessibilidade geralmente é feita por meio de métodos *in vitro* que simulam a digestão gastrointestinal em função da sua rapidez e segurança, além do que se evita questões éticas relacionadas aos métodos *in vivo*⁵⁹.

Existem diversos modelos de digestão *in vitro* que podem ser escolhidos conforme o tipo de alimento a ser analisado, a natureza da matriz alimentícia e a composição dos fluídos, por exemplo, as enzimas podem ser de origem humana, animal ou vegetal. Além disso, é necessário se atentar à temperatura de 37°C e ao tempo de digestão indicado, para imitar as condições *in vivo*. Estas observações são imprescindíveis para evitar os possíveis vieses que possam ocorrer ao tentar imitar o sistema digestório natural⁶⁰.

Alguns exemplos de modelos para estudo da bioacessibilidade *in vitro*: Teste simples de bioacessibilidade por extração (SBET), Teste de extração baseado na fisiologia (PBET), Modelo Gastrointestinal *in vitro* (IVG) e Modelo estático gastrointestinal (DIN), que foram desenvolvidos e vieram sendo melhorados para utilização em estudos na área de alimentos. A maior parte deles consiste na simulação da digestão humana com aplicação das soluções encontradas nas três principais áreas: boca, estômago e intestino, sendo que a fase oral pode ser omitida, devido ao pouco tempo que o alimento fica na boca, porém quando realizada, se procede da seguinte forma: a amostra é deixada em contato com a solução salina basal com pH 6,5 por 2 minutos, depois, segue-se com as demais etapas utilizando enzimas, aminoácidos, sais orgânicos e

inorgânicos e outros reagentes, descritas a seguir: a amostra é incubada a 37°C por determinado tempo com pepsina em pH ácido (simulando digestão estomacal) e posteriormente em pH básico, com adição de extratos de bile e pancreatina (simulação da digestão intestinal)^{61, 62}. Alguns métodos *in vitro* simulando a digestão humana foram utilizados em estudos com mandioca⁶³, maçã e amaranto⁵⁸, multimistura e quinoa⁶⁴ e polpa de juçara¹⁶.

Outro método interessante para a determinação da bioacessibilidade de nutrientes em alimentos foi desenvolvido por McDougall *et al* (2005)⁶⁵ ao utilizarem membranas de diálise para simular a absorção intestinal de antocianinas em framboesa (*Rubus edaeus* cv. Glen Ample), após a digestão *in vitro*. Este método também foi testado para determinar a bioacessibilidade de polifenóis em geleia e marmelada de cenoura-negra (*Daucus carota* L.).

Para se determinar o teor total de micronutrientes da amostra, e não o quanto estará bioacessível, objeto da digestão *in vitro* simulando condições humanas, é necessário a realização de um método chamado digestão nitroperclórica, técnica tradicional que consiste em promover a oxidação de toda e qualquer matéria orgânica, disponibilizando-os em forma de sêrum, através da adição dos ácidos nítrico (HNO₃) e perclórico (HClO₄) seguido de posterior aquecimento das amostras em bloco digestor. É uma técnica muito utilizada, porém apresenta algumas limitações como a emissão de vapores tóxicos e ser um processo longo e perigoso⁶⁶.

1.5.2. Determinação de minerais

Existem diversos métodos para determinação de minerais em alimentos, sendo os mais usados: espectrometria de absorção atômica (AAS), muito utilizada para analisar de forma elementar ($\mu\text{g L}^{-1}$) metais em amostras ambientais, biológicas e de alimentos, apresentando resultados de forma rápida, fácil e confiável^{67, 68}; a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP - MS), de fácil manuseio detecta cerca de 90 % dos elementos mostrados na tabela periódica, porém apresenta limitações como interferências espectrais, interferências de matriz, limitada ionização de elementos halogênicos, etc⁶⁹; e a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)⁷⁰.

O uso do ICP-OES é muito indicado, uma vez que é uma técnica tradicional e apresenta vários benefícios como, por exemplo: análise multielementar e simultânea, sensibilidade para detecção de elementos traço, precisão e ampla faixa linear. Nele são gerados espectros eletromagnéticos nas regiões do ultravioleta visível, devido a transições eletrônicas em átomos e íons excitados⁶⁴.

2. REFERÊNCIAS

- 1 - MMA. (2016). Plantas para o futuro [Internet]; 2016 [acesso em 27 set 2016]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica/plantas-para-o-futuro>.

- 2 - Coradin L, Siminski A, Reis A. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul. 2 ed. Brasília: MMA, 2011. 936 f.
- 3 - Kinupp VF. Espécies Alimentícias Nativas da Região Sul do Brasil. In: Coradin L, Siminski A, Reis A. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul. 2 ed. Brasília: MMA, 2011. p 105- 214.
- 4 - Barroso RM, Reis A, Hanazaki N. Etnoecologia e etnobotânica da palmeira Juçara (*Euterpe Edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira. Acta bot. Bras. 2010, 24 (2):518-528.
- 5 - Lima CP, Cunico MM, Miyazaki CMS, Miguel OG, Côcco LC, Yamamoto CI *et al.* Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe Edulis* Martius). Ver. Bras. Pl. Med. Botucatu. 2012; 14 (2):321 – 326.
- 6 – Borges GSC. Determinação de Compostos bioativos e Avaliação da atividade antioxidante das diferentes frações dos frutos de Juçara (*Euterpe Edulis* Martius) cultivados no estado de Santa Catarina. [Tese]. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina; 2013. 165f.
- 7 - Bourscheid K, Siminski A, FAntini AC, FAdden JM. *Euterpe edulis*: Palmito Juçara. In: Ministério do Meio Ambiente. EsCoradin L, Siminski A, Reis A. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul. 2 ed. Brasília: MMA, 2011. P.178-183.

- 8 - Iaderoza M, Baldini VLS, Draetta SE, Bovi MLA. Anthocyanins from fruits of açai (*Euterpe oleracea*, Mart) and juçara (*Euterpe edulis*, Mart). Trop. Sci. 1992; 32:41-46.
- 9 - Lutkemeier KL, Favreto KL, Martins R, Cossio G, Corbellini RR, Guterres LM, Matzenbacher L, et al. Uso dos frutos da palmeira – juçara (*Euterpe Edulis* Mart.) no extremo sul da Mata Atlântica: perspectiva de pesquisa, manejo e conservação. [Internet]; 2008 [acesso em 05 Ago 2015]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/52153>.
- 10 - Kang J, Xie C, Li Z, Nagarajan S, Schauss AG, Wu T et al. Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and inflammatory activities. Food Chem. 2011; 128 (1):152 – 157.
- 11 - Borges GSC, Vieira FGK, Copetti C, Gonzaga LV, Zambiasi RC, Mancini Filho J. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. Food Res. Int. 2011, 44 (7):2128 – 2133.
- 12 - Santos VS, Nardini V, Cunha LC, Barbosa Júnior F, Teixeira GHA. Identification of species of the *Euterpe* genus by rare earth elements using inductively coupled plasma mass spectrometry and linear discriminant analysis. Food Chem. 2014; 153:334 - 339.
- 13 - Ribeiro LO, Mendes MF, Pereira CSS. Avaliação da composição centesimal, mineral e teor de antocianinas da polpa de juçará (*euterpe edulis martius*). Revista Eletrônica TECCEN. 2011; 4(2): 5 - 16.

- 14 - Constâncio VS. Efeito da jabuticaba (*myrciaria cauliflora*), do fruto da palmeira juçara (*euterpe edulis* mart.) e do jambolão (*syzygium cumini*) sobre o perfil lipídico, a glicemia e a endotoxemia em camundongos submetidos à dieta de cafeteria. [Dissertação]. Alegre. Universidade Federal do Espírito Santo; 2015. 84 f.
- 15 - Matos JPS. Influência da bioacessibilidade do selênio, mercúrio e metilmercúrio na identificação do benefício/perigo associado ao consumo de Tintureira crua e cozinhada. [Dissertação]. Lisboa: Universidade de Lisboa; 2014. 72 f.
- 16 - Schulz M, Biluca FC, Gonzaga LV, Borges GSC, Vitali L, Micke GA *et al.* Bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidante potential of juçara fruits (*Euterpe edulis* Martius) subjected to *in vitro* gastrointestinal digestion. Food Chem. 2017; 228 (2017): 447- 454.
- 17 - Santos Júnior HB, Batista Júnior WF, Jardim MAG. Formas tradicionais do manejo de palmeiras como alternativas de conservação ambiental. [Internet]. 2015 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/16989/10896>.
- 18 - Martins RC. A família Arecaceae (Palmae) no Estado de Goiás: florística e etnobotânica. (Tese). Brasília: Universidade de Brasília; 2012. 316 f.
- 19 - Oliveira KF, Fisch STV, Duarte JS, Danelli MF, Martins LFS, Joly CA. Estrutura e distribuição espacial de populações de palmeiras em diferentes

- altitudes na Serra do Mar, Ubatuba, SP, Brasil. *Rodriguésia*. 2014, 65 (4): 1043 - 1055.
- 20 - Alves JÁ, Carvalho DA. A família Arecaceae (Palmeiras) no município de Lavras - MG. *Cerne*. 2010; 16 (2): 163-170.
- 21 - Oliveira MSP, Carvalho JEU, Nascimento WMO. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). [Internet]. 2016 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Oliveiraetal_2000_000gbz53g9l02wx5ok01dx9lcgrwhf6k.pdf.
- 22 - Sobral M, Jarenkow JA, Brack P, Irgang B, Larocca J, Rodrigues RS. Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. São Carlos: RiMa: Novo ambiente, 2006. 350 p.
- 23 - Silva PPM, Carmo LF, Silva GM, Diniz MFS, Casemiro RC, Spoto MHF. Physical, chemical, and lipid composition of juçara (*euterpe edulis* martius) pulp*. *Alim. Nutr. = Braz J. Food Nutr.* 2013; 24 (1): 7 - 13.
- 24 - Rede Juçara. A palmeira. [Internet]. 2015 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: <http://www.redejucara.org.br/site/conteudo?pid=12&id=>.
- 25 - Cembraneli F, Fisch STV, Carvalho CP. Exploração sustentável da palmeira *Euterpe edulis* Mart. No Bioma da Mata Atlântica, Vale do Paraíba - SP. *Ceres*. 2009; 56 (3):233 - 240.

- 26 - Castro RW. Caracterização de açaí obtido de frutos de *Euterpe Edulis martius* tratados termicamente. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina; 2012. 57 f.
- 27 - Moreira AB. Mensuração da palmeira juçara (*Euterpe Edulis Martius*) como subsídio para o manejo da produção de frutos. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2013.131 f.
- 28 - Fadden J. A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmitero (*euterpe edulis martius*) na Mata Atlântica. [Dissertação]. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina; 2005. 112 f.
- 29 - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes. v.37. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 89 p.
- 30 - Romão DA. Vale do Ribeira Um ensaio para o desenvolvimento das comunidades rurais. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Núcleo de estudos agrários e Desenvolvimento Rural; 2006. 212 p.
- 31 - Resende RU. As regras do jogo: legislação florestal e desenvolvimento sustentável no Vale do Ribeira. 1 ed. São Paulo: Annablume; 2002. 198 p.
- 32 - Quilombos do Ribeira: Comunidades quilombolas do Vale do Ribeira. Vale do Ribeira. [Internet]. 2011 [acesso em 28 set 2016]. Disponível em: <http://www.quilombosdoribeira.org.br/vale-do-ribeira>.

- 33 - Pontes ANL, Carneiro DS, Oliveira Júnior NB, Silva PM, Aguiar VR. Revisão bibliográfica sobre o palmito Juçara (*Euterpe edulis*). [Internet]. 2016 [acesso em 29 set 2016]. Disponível em: www.unifia.edu.br/projetorevista/artigos/gestao/2012/palmito_jucara.pdf.
- 34 - Souza SEXF. Manejo de *Euterpe edulis* Mart. para produção de polpa de fruta: subsídios à conservação da biodiversidade e fortalecimento comunitário. [Tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2015. 153 f.
- 35 - Gonzaga L. Projeto Juçara recupera florestas e gera renda para comunidades. [Internet]. 2012 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: <http://litoralsustentavel.org.br/boas-praticas/projeto-jucara-recupera-floresta-e-gera-renda-para-comunidades/>.
- 36 - IPEMA (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica). Sobre o IPEMA [Internet]. 2016 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: <http://novo.ipemabrasil.org.br/sobre-o-ipema>.
- 37 - Projeto Juçara. Ações do Projeto Juçara [Internet]. 2015 [acesso em 17 ago 2016]. Disponível em: <http://www.projetojucara.org.br/ver/sobre-o-projeto/>.
- 38 - Costa EAD, Gonçalves C, Moreira SR, Corbellini LM. Produção de polpa e sementes de palmeira Juçara: alternativa de renda para a Mata Atlântica. [Internet]. 2008 [acesso em 18 ago 2016]. Disponível em: http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T%26IA2/T%26IAv1n2/Artigo_Palm-eira_Jucara_6.pdf.

- 39 - Cardoso AL. Efeito do consumo agudo do fruto Juçara (*Euterpe edulis*) nos biomarcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis. [Dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2013. 107 f.
- 40 - 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. Rev. Conexão UEPG. 2013; 9 (2): 244 - 253.
- 41 - Castro RW, Borges GSC, Gonzaga LV, Ribeiro DHB. Qualidade do preparado para bebida obtido a partir de polpa de Juçara submetida ao tratamento térmico. Braz. J. Food Technol. 2016; 19: 1 - 8.
- 42 - Rogez H. Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFPA, 2000. 313 p.
- 49 - Freitas R. Avaliação da concentração de elementos químicos essenciais na merenda escolar de crianças da cidade Ribeirão Preto e estimativa de suas ingestões. [Dissertação]. Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo; 2013. 66 f.
- 50 - Silva PPM. Conservação de polpa de Juçara (*Euterpe Edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização. [Tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2013. 257 f.
- 51 - Mahan LK, Stump SE, Raymond J.L. Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 1227 p.

- 43 - Silva MGPC, Barretto WS, Serôdio MH. Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açaí. [Internet]. 2004 [acesso em 01 Jul 2015]. Disponível em: http://www.inaceres.com.br/downloads/artigos/acai_jucara.pdf.
- 44 - Schultz J. Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius submetidos a tratamento para sua conservação. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 52 f.
- 45 - Coletivo Catarse. Cartilha da Juçara (*Euterpe edulis*): Informações sobre boas práticas e manejo. [Internet]. 2014 [acesso em 30 set 2016]. Disponível em:
http://www.coletivocatarse.com.br/downloads/reju/cartilha_0.99_em_baixa.pdf.
- 46 - Garbin VP, Helm CV, Pimentel IC, Dalzoto PR. Determinação da composição nutricional e sais minerais de frutos de juçara (*Euterpe edulis*) coletados na região de Curitiba, PR [Internet]. 2015 [acesso em 30 set 2016]. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/43407661.pdf>.
- 47 - Barros ECM, Costa GNS, Ribeiro LO, Mendes MF, Pereira CSS. Efeitos da pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas e teor de antocianinas da polpa de juçará (*Euterpe edulis* Martius). Revista Teccen. 2015, 6 (1): 1-32.
- 48 – Veber J, Petrini LA, Andrade LB, Siviero J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). Ver. Bras. Plantas Med. 2015, 37 (2): 267 – 273.

- 52 - Cardoso LM, Leite JPV. Palmeira Juçara: a exploração dos frutos é mais ecológica e rentável do que a do palmito. [Internet]. 2009 [acesso em 30 set 2016]. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/verArtigo.php?codigo=19&acao=exibir>.
- 53 - Silva GM. Degradação da antocianina e qualidade sensorial de polpa de Juçara (*Euterpe Edulis*) embalada e submetida à pasteurização. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2012. 99 f.
- 54- Lopes TJ, Xavier MF, Quadri MGN, Quadri MB. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. R. Bras. Agroc.. 2007; 13 (3): 291 – 297.
- 55 - Jesus Pereira E. Estudo da composição em macronutrientes, retenção e bioacessibilidade de ferro e zinco em cultivares de feijão-caupi (*vigna unguilata / wap*) em grãos crus e após o cozimento. [Tese]. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Faculdade de farmácia; 2014.115 f.
- 56 - Philippi ST. Pirâmide dos Alimentos: Fundamentos básicos da nutrição. 2 ed. São Paulo: Manole, 2015. 424 p.
- 57 - Wood RJ. Bioavailability: definition, general aspects and fortificants. In: Caballero B, Prentice A, Allen L, editors. Encyclopedia of human nutrition. 2nd ed. Oxford: Elsevier Ltd.; 2005. p. 195 – 201.

- 58- Pereira ASG. Avaliação da bioacessibilidade de compostos antioxidantes em variedades de maçã produzidas em Portugal. [Dissertação]. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia; 2014. 81 f.
- 59- Courraud J, Berger J, Cristol JP, Avallone S. Stability and bioaccessibility of different forms of carotenoids and vitamin A during *in vitro* digestion. *Food Chem.* 2013; 136 (2): 871 -877.
- 60- Antunes RB. Avaliação do efeito da digestão *in vitro* na capacidade antioxidante de infusões medicinais: Flor de Camomila e Flor de Laranjeira. [Dissertação]. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia; 2012. 79 f.
- 61 - Giori FP. Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* e determinação da bioacessibilidade *in vitro* de β - caroteno em três variedades de batata doce de polpa alaranjada. [Dissertação]. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010. 68 f.
- 62 - Siqueira JSA, Fraga JO, Santos WPC. Avaliação de métodos *in vitro* para determinação da bioacessibilidade de elementos traços em leguminosas. [Internet]. 2012 [acesso em 01 Jul 2015]. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/5281/3069>.
- 63 - Botelho SB. Avaliação da bioacessibilidade de β - caroteno em raízes de mandioca amarela (*Manihot esculenta Crantz*) melhorada *in natura* e o efeito do cozimento e da fritura. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2011. 123 f.

- 64 - Melo LS. Avaliação da bioacessibilidade “*in vitro*” de macro e microminerais em amaranto, multimistura e quinoa. [Dissertação]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2015. 87 f.
- 65 - Mcdougall GJ, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using in vitro digestion system. J. Agric. Food Chem. 2005; 53: 5896-5904.
- 66 - Souza DM, Bassinello PZ, Nóbrega LNN. Metodologia Científica: Aperfeiçoamento metodológico para digestão via micro-ondas na análise mineral de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris L.*). [Internet]. 2010 [acesso em 18 Abr 2016]. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico_196.pdf.
- 67 - Lisboa TP. Determinação de micronutrientes minerais em amostras de suplemento alimentar por Espectrometria de Absorção Atômica. [Dissertação]. Juiz de Fora. Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016. 88 f.
- 68 - Silva AS. Aplicação e desenvolvimento de estratégias analíticas para determinação de minerais em fórmulas infantis a base de cereais empregando ICP OES e HR-CS ET AAS . [Dissertação]. Salvador. Universidade Federal da Bahia; 2014. 79 f.
- 69 - Saint’Pierre TD, Tormen L, Frescura VLA, Curtius AJ. The direct analysis of fuel etanol by ICP-MS using a flow injection system coupled to an ultrasonic nebulizer for sample introduction. J. Anal. At. Spectrom. 2006, 21: 1340-1344.
- 70 - Schulz M. Influência da maturação sobre o conteúdo e bioacessibilidade de minerais e perfil de compostos fenólicos dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe*

edulis Martius). [Dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2015. 169 f.

1 **CAPÍTULO 2.**2 **How does the processing of juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.) affects the**
3 **bioaccessibility of micronutrients?**

4

5 Leticia Pupin¹, Vívian Silva Santos², João Paixão dos Santos Neto³, Deborah Oliveira De
6 Fusco¹, Gustavo Henrique de Almeida Teixeira^{3,*}

7

8 ¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF),
9 Campus de Araraquara. Rodovia Araraquara - Jaú, km1 s/n, Araraquara – SP, CEP 14.800-
10 903. E-mail: lehpupin@hotmail.com.11 ²Universidade de Brasília (UnB), Campus de Ceilândia. Campus Universitário Centro
12 Metropolitano 1, Conjunto A, Universidade de Brasília (Faculdade de Ceilândia).
13 Ceilândia Sul, Brasília – DF, CEP: 72.220-900. E-mail: vsantosfarma@gmail.com.14 ³Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
15 (FCAV), Campus de Jaboticabal. Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n,
16 Jaboticabal – SP. CEP: 14.884-900. *corresponding author: gustavo@fcav.unesp.br17 Artigo submetido à revista *British Journal of Nutrition* (BJN) em 24 de abril de 2017.18 **Abbreviated version: Micronutrients bioaccessibility of juçara fruit**

19

20 **Keywords:** Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), *in vitro*
21 digestion, micronutrients, minerals.

22

23 **Abstract:** The Atlantic Forest is considered a biodiversity hotspot and juçara palm tree
24 (*Euterpe edulis* Mart.) is a key species in this ecosystem. Juçara fruit are rich in macro and
25 micronutrients, making them an important food for traditional communities. However,

26 during processing, the fruit undergo several operation units to extract the pulp, which
27 might affect the bioaccessibility of micronutrients, especially minerals. The objective of
28 this study was to verify if the different processing steps of juçara fruit affect the
29 bioaccessibility of the minerals such as calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe),
30 manganese (Mn), copper (Cu) and zinc (Zn), as well as to determine the minerals
31 bioaccessibility by *in vitro* gastrointestinal digestion (IVG) method followed by
32 inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) analysis. Samples of
33 the fruit mesocarp and juçara pulp were collected after each processing step to determine
34 bioaccessibility using the IVG method, and the minerals were determined by ICP-OES.
35 The experiment was conducted in a randomized block design, where the blocks were
36 constituted based on the origins of the fruit and four treatments (processing steps). The
37 bioaccessibility of all minerals decreased in the last processing step (pulping), with the
38 exception of Ca and Zn that could not be determined. The processing of the juçara fruit
39 affects the mineral content and the bioaccessibility of them. It was observed an increase in
40 the content of the nutrients after the pulping and reduction of the bioaccessibility, being
41 also possible to determine the bioaccessibility with the use of the IVG method.

42

43 **Introduction**

44 The biodiversity richness of the Atlantic Forest makes this biome a hotspot⁽¹⁾.
45 However, this richness contrasts with the socioeconomic reality of the region where it is
46 located, the Ribeira Valley, in the south of São Paulo State and in the east of Paraná State,
47 Brazil. It is made up of 23 municipalities with approximately 439,199 inhabitants, and in
48 this region is observed the lowest Human Development Index (HDI) of São Paulo and
49 Paraná⁽²⁾ states and the highest rates of infant mortality and illiteracy^(3,4). The population of
50 the Ribeira Valley is composed mainly of quilombola (Afro-Brazilian people), caiçaras
51 (people native to the coast) and indigenous communities that have the lowest *per capita*
52 income in São Paulo State, the richest Brazilian state. The income of these populations
53 derives from the sustainable management of natural resources from the Atlantic Forest,
54 such as fishing, mining, tourism and agricultural activities⁽⁵⁾. Miguel and Bom⁽⁶⁾ reported
55 that the inhabitants of this region have an inadequate dietary pattern, with deficiency of
56 almost all nutrients, mainly of calcium (Ca), vitamins A, B₁₂ and C, due to the low

57 consumption of staple foods and nutrients such as milk and dairy products, fruit,
58 vegetables and meat.

59 An alternative to improve the food security of Ribeira Valley populations is the
60 consumption of foods derived from species native from the Atlantic Forest, such as juçara
61 (*Euterpe edulis* Mart.), also known as the jiçara, ripeira or palmitero^(7,8). This species is
62 distributed in the remnants of the Atlantic Forest found from the Rio Grande do Sul State
63 to the South of Bahia State. Juçara was extensively exploited in the 50 and 60 decades due
64 to its excellent palm heart quality, which led the juçara palm to be considered an
65 endangered species⁽⁹⁾. Currently, the pulp of the fruit produced by this palm is very similar
66 to that of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and juçara pulp has been consumed due to its
67 nutritional composition, and to make up the traditional Ribeira Valley population feeding,
68 besides serving as a source of income for these families^(10,11).

69 The juçara pulp contains many essential micronutrients for the homeostasis of the
70 human organism, such as potassium (K), iron (Fe), zinc (Zn), phosphorus (P), copper (Cu),
71 calcium (Ca) and magnesium (Mg). Also it has the macronutrients: carbohydrates, proteins
72 and lipids, the last two in greater quantity when compared to the açaí pulp, making the
73 consumption of this food an extremely healthy and energetic option^(12,8). Despite the
74 nutritional richness of juçara pulp, it is necessary to evaluate the bioavailability of the
75 nutrients, since the presence of them in the food or its ingestion does not guarantee its
76 utilization. Several factors interfere like chemical form of the nutrient, presence of binding
77 agents, besides homeostatics regulating absorption mechanisms in the case of the
78 micronutrients⁽¹³⁾. It is also indispensable to know the bioaccessibility of the nutrients
79 present, fraction of a certain nutrient that is released from its alimentary matrix during the
80 digestion and available for absorption, since this is a factor that also directly interferes in
81 the bioavailability⁽¹⁴⁾.

82 In order to obtain the juçara pulp, the fruit are submitted to several unit operations
83 that can cause the quantitative reduction of nutrients, similar to what was observed by
84 Correia et al.⁽¹⁵⁾, who reported reductions in vitamin content in processed foods. In the
85 same way, it was observed that the pressing of apples to obtain juice promoted the

86 reduction of the mineral content⁽¹⁴⁾. In this regard, it is important to verify the effect of the
87 processing of juçara fruit on its micronutrients bioaccessibility.

88 The objective of this study was to verify if the traditional processing of the juçara
89 fruit affects the bioaccessibility of the minerals calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe),
90 manganese (Mn), copper (Cu) and zinc (Zn), and the specific objectives were: *i.* verify the
91 effect of processing steps on the bioaccessibility of micronutrients present in the mesocarp
92 and pulp of juçara, and *ii.* determine the *in vitro* bioaccessibility of the micronutrients by
93 the gastrointestinal digestion (IVG) method followed by inductively coupled plasma
94 optical emission spectrometry (ICP-OES) analysis.

95 **Experimental methods**

96 *Reagents and solutions*

97 The reagents and solutions used had analytical purity, and to prepare them was used
98 high purity deionized water (18.2 MΩ.cm⁻¹) obtained by Milli Q water purification system
99 (Millipore, Bedford, USA). Calcium chloride (99.0-105.0%), hydrochloric acid (36.5-
100 38.0%), sodium hydroxide (97.0%) were obtained from Synth (São Paulo, Brazil), and
101 sodium bicarbonate (99.7%), potassium chloride (99.5-105.0%), sodium chloride (99.8%),
102 along with the enzymes porcine pepsin, α- amylase from (Sigma-Aldrich acquired, USA)
103 and pancreatin from the University of São Paulo (USP). Finally, nitric (65% w/w) and
104 perchloric (69-72%) acids were purchased from Dinâmica[®] (Diadema, Brazil).

105 *Plant Material*

106 500 grams of juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit were harvested in five different
107 locations: baches 1 and 2 were obtained from a cooperative of the Institute of Permaculture
108 and Ecovillage of the Atlantic Forest (IPEMA), whose property was located in the rural
109 area of the Serra do Mar in Ubatuba-SP (latitude: 23° 26 '02 "S, longitude: 45° 04' 16" W,
110 altitude of 3 m). Baches 3 and 4 were collected in Jaboticabal-SP (latitude: 21° 15 '17 "S,
111 longitude: 48° 19' 20" W and 605 m altitude), at the São Paulo State University (UNESP),
112 Faculty of Agrarian and Veterinary Science (FCAV), Jaboticabal Campus, and, finally,
113 bache 5 was obtained at the Araraquara Nautical Club located in Américo Brasiliense-SP

114 (latitude: 21° 47 '40 "S, longitude: 48° 10' 32" W and altitude 664 m)⁽¹⁶⁾. The harvests were
115 carried out between April and May 2016.

116 *Processing and samples collection*

117 The mesocarp and juçara pulp from the baches 1 and 2 were processed in a family
118 agroindustry of Ubatuba-SP, and baches 3, 4 and 5, were processed in the Laboratory of
119 Plant Production of the Department of Plant Production at FCAV-UNESP, according to the
120 practices adopted by IPEMA similar to those observed during the visit to the producer in
121 Ubatuba-SP. The fruit and pulp mesocarp samples were obtained in the following
122 processing steps: *i.* at the time of harvest (fresh ripe fruit), *ii.* after selection and washing
123 with potable water, *iii.* after immersion in hot water at ~ 100° C for 2 minutes (soaking),
124 and *iv.* after the pulping using vertical pulping equipment. Subsequently the samples were
125 frozen and stored at -20°C until further laboratory analysis.

126 *Experimental Design*

127 A randomized block design was used, where the blocks were constituted by the
128 origins (Ubatuba I - bache 1, Ubatuba II - bache 2, Jaboticabal I - bache 3, Jaboticabal II -
129 bache 4 and Américo Brasiliense - bache 5) with four treatments (i) fresh fruit, (ii) fruit
130 after washing, (iii) fruit after soaking, (iv) freshly processed pulp.

131 *Quality analysis of the mesocarp and juçara pulp*

132 The different samples were analyzed for:

133 *Moisture content*

134 The moisture content was determined by the method described in the manual of
135 Institute Adolfo Lutz⁽¹⁷⁾, which consisted of drying 10 g of the sample in an oven at 105°C
136 for 24 hours, then it was weigh in a semi-analytical scale with an accuracy of 0.01 g,
137 expressed as percentage (%).

138 *Hydrogenionic potential (pH)*

139 The hydrogenionic potential (pH) was determined using a Thermo Scientific, Orion
140 3 Star model, with the introduction of the electrode directly into the mesocarp and /or in
141 the juçara pulp, according to the method described in AOAC⁽¹⁸⁾.

142 *Soluble solids content (SSC)*

143 Soluble solids content (SSC) was determined using a digital refractometer (Alpha,
144 Atago Co, Ltd, Japan), and expressed as percentage (%), according to the method
145 described in AOAC⁽¹⁸⁾.

146 *Titrateable acidity (TA)*

147 The sample was titrated with 0.1 M sodium hydroxide solution to the equivalence
148 point (pH 8.1) with the magnetic stirrer. The following calculation was performed: $A = V \times$
149 $N \times 0.064 \times 2$, where A = sample acidity, V = volume in mL of 0.1 N NaOH solution spent
150 on sample titration, N = normal NaOH solution 0.1N, 0.064 = alkali factor 0.1 N of citric
151 acid and 2 = Fc (solution correction factor)⁽¹⁷⁾.

152 *Micronutrients determination*

153 *Nitroperchloric digestion*

154 Approximately 0.5 g of the mesocarp and/or the dehydrated pulp were weighed and
155 subjected to nitroperchloric digestion, according to the methodology described by Sarruge,
156 Haag⁽¹⁹⁾ and modified by Souza et al.⁽²⁰⁾, that is, 0.5 g of the dry and ground juçara samples
157 were added 8 mL of the 2: 1 (v/v) nitric and perchloric acid solution and these were
158 digested at a temperature of 100°C for 2.5 hours. The samples were then filtered on Unifil[®]
159 free ash filters (Germany), the extracts diluted with deionized water (Milli Q) and packed
160 in sterile plastic containers of the Prolab[®] brand and kept under refrigeration (~ 12°C) until
161 the determination of the minerals.

162 *In vitro digestion*

163 The bioaccessibility of micronutrients was analyzed as described by Garret et al.⁽²¹⁾
164 and Oomen⁽²²⁾. The fresh samples, without drying, were crushed and digested in three
165 digestive solutions: basal saline (saliva), gastric juice and duodenal (Figure 1). Briefly, the

166 *in vitro* digestion procedure consisted of weighing 3 g of sample of mesocarp and/or
167 processed pulp of juçara which were placed in 50 mL erlenmeyers containing 10 mL of the
168 basal saline solution (150 mmol.L^{-1}) which consisted of NaCl (w/v), 5 mmol.L^{-1} of KCl
169 (w/v) and 6 mmol.L^{-1} of CaCl_2 (w/v). To this solution was added 2 mL of α -amylase
170 (0.075 g.mL^{-1} - 3,000 units), the pH adjusted to 6.5 ± 0.1 with 0.1 M NaHCO_3 . The
171 erlenmeyers were then placed in a water bath with circular orbital motion at 95 rpm at
172 37°C for 10 minutes. After this time the pH was adjusted to 2.5 ± 0.1 with 0.1 M HCl and
173 2 mL of pepsin (0.04 g.mL^{-1}) was added. Then the erlenmeyers were placed in a water bath
174 with circular orbital motion at 95 rpm at 37°C for one hour. After gastric digestion, the pH
175 was adjusted to 6.5 ± 0.1 with 1.0 M NaHCO_3 and 10 mL of the solution containing the
176 pancreatin (0.0006 g.mL^{-1}) and lipase ($0.0036 \text{ g. mL}^{-1}$). Then the erlenmeyers were placed
177 in a water bath with circular orbital motion at 95 rpm at 37°C for two hours. After
178 duodenal digestion, samples were placed in an ice bath and centrifuged (Beckman
179 centrifuge, model Avanti J-25, Coulter, USA) at 20,000 g for 20 minutes at 4°C , to
180 separate the supernatant (digestive fluid) from the solid phase. After centrifugation the
181 digestive fluids were filtered on ash-free paper (Unifil, Germany) and stored at -20°C until
182 further analysis by inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES).
183 The entire digestive procedure was done in duplicate for each type of processing sample.

184 *Analytical instrumentation*

185 The determination of the content of chemical elements was performed using the
186 Optical 8000 inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES), and
187 the minerals quantified in the samples were: calcium (Ca), copper (Cu), Iron (Fe),
188 manganese (Mn), magnesium (Mg) and zinc (Zn). Argon with purity of 99.999% (White
189 Martins - Praxair) was used for plasma generation as nebulization and auxiliary gas.
190 Compressed air was used as plasma cutting gas when using the radial view and 99.999%
191 analytical grade nitrogen (White Martins - Praxair) was used as the purge gas of the optical
192 system of the spectrometer. The instrumental parameters can be observed in Table 1.

193 *Determination of bioaccessibility*

194 After determination of the micronutrient content in the samples submitted to
195 nitroperchloric and *in vitro* digestion, the bioaccessibility was calculated using the formula
196 described by Pereira et al.⁽²³⁾, that is:

197 Bioaccessibility (%) = $\frac{Y}{Z} \cdot 100$, where:

198 Y = bioaccessible micronutrient content, that is the micronutrient content
199 determined after *in vitro* digestion.

200 Z = the total content of micronutrients in the sample (nitroperchloric).

201

202 *Statistical analysis*

203 Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) according to a randomized
204 block design with four treatments. The averages were compared by the Tukey test (p
205 <0.05), using SAS software (1998) for the statistical analyzes.

206

207 **Results**

208 *Analysis and quality of the mesocarp and juçara pulp*

209 The quality parameters of the mesocarp and juçara pulp from the different origins
210 and processing steps can be observed in Table 2.

211 Regarding the fruit origin, it was observed a significant differences (p <0.05) for all
212 parameters evaluated (Table 2). The moisture content of the mesocarp and juçara pulp
213 ranged from 65.8% to 74.2%, and the fruit from Ubatuba (bache 2) presented the highest
214 moisture contents and the lowest content was observed from Jaboticabal (68.2% % - bache
215 3 and 65.8% bache 4) (Table 2). Therefore, dry matter (DM) content was lower in Ubatuba
216 fruit (25.7% - bache 2) and higher in Jaboticabal fruit, 31.7% and 34.1% for baches 3 and
217 4, respectively (Table 2). Soluble solids contents (SSC) ranged from 7.0% to 9.7%, with
218 the mesocarp and pulp of juçara from Américo Brasiliense (bache 5) with the lowest levels
219 of SSC (7.0%), and these also showed the lowest pH values (4.63), Table 2. Regarding the
220 titratable acidity, a significant difference was observed only between the samples from
221 Ubatuba (bache 2) in relation to those from Jaboticabal (bache 3), that is, 0.37 mg.100g⁻¹
222 and 0.24 mg.100g⁻¹, respectively (Table 2). These differences were reflected in the

223 SSC/AT (*ratio*), with the Jaboticabal samples (bache 3) presenting the highest values in
224 relation to Ubatuba (bache 1) and Américo Brasiliense (bache 5), Table 2.

225 Regarding the processing steps, except for the pH, significant differences ($p < 0.05$)
226 were observed for all parameters evaluated (Table 2). In relation to moisture, an increase in
227 the moisture content of the samples at the different processing steps was observed, which
228 means the mesocarp of the newly harvested fruit had a content of 61.8% and this increased
229 to 88.7% in the pulp (Table 2). On the other hand, the fresh fruit presented the highest
230 (DM) (38.16%) and pulp (11.28%) contents, Table 2. In relation to the other quality
231 parameters, a decrease was observed in the contents of SSC, AT and *ratio* in the mesocarp
232 samples of freshly harvested fruit and freshly processed pulp (Table 2).

233 *Minerals determination*

234 *Macroelements content*

235 In relation to the origin of the mesocarp and juçara pulp, no significant difference
236 was observed for the total calcium content (Ca) obtained in the different regions. The
237 contents varied from 622.8 to 1,235.1 mg.100g⁻¹ (Table 3). On the other hand, the total
238 magnesium content (Mg) varied according to the origin of the fruit, with higher Mg
239 contents observed for the baches from Ubatuba, 721.0 and 710.3 mg.100g⁻¹, baches 1 and
240 2, respectively, in relation to the other harvesting regions the Mg content ranged from
241 331.0, 403.1 and 470.6 mg.100g⁻¹ for fruit from Jaboticabal (baches 3 and 4) and Américo
242 Brasiliense (bache 5), respectively (Table 3).

243 The total Ca contents after *in vitro* digestion were higher than those obtained with
244 nitroperchloric digestion and, unlike the total content, significant differences were
245 observed as a function of fruit origin, with the fruit of Jaboticabal (bache 3) being richer in
246 this (879.8 mg.100g⁻¹) than those in bache 4 (519.9 mg.100g⁻¹) obtained in the same
247 locality (Table 3). On the other hand, the content of Mg obtained after the *in vitro* digestion
248 was lower than those obtained with nitroperchloric acid and the fruit of Ubatuba (bache 2)
249 continued to be richer in Mg (116.8 mg.100g⁻¹) than the other batches (66.8 to 93.2
250 mg.100g⁻¹), Table 3.

251 In relation to processing, a significant difference ($p < 0.05$) was observed only in the
252 last unit operation, that is, after the pulping of the fruit (Figure 2A and 2B). The total

253 content of Ca in the newly processed pulp (1,731.1 mg.100g⁻¹) was approximately five
254 times higher than the average total content found in the fruit mesocarp (343.8 mg.100g⁻¹),
255 Figure 2A. The same was observed for the total content of Mg, where the content of this
256 mineral was three times higher in the pulp (1,348.3 mg.100g⁻¹) than in the mesocarp of the
257 fruit in the other stages of processing (253.5 mg .100g⁻¹), Figure 2B. In relation to *in vitro*
258 digestion, the Ca and Mg contents also showed significant differences only in the last stage
259 of the processing, however with smaller increases that were of the order of three times for
260 Ca (490.8 and 1.410.0 mg.100g⁻¹) and twice for Mg (75.4 and 146.7 mg.100g⁻¹), Figure
261 2A and 2B.

262 *Microelementos content*

263 In general, the fruit from Ubatuba (batches 1 and 2) had higher total contents of
264 manganese (Mn), copper (Cu) and zinc (Zn) than those harvested in the other localities,
265 with maximum values of 28.3 mg.100g⁻¹, 13.3 mg.100g⁻¹ and 13.8 mg.100g⁻¹ for Mn, Cu
266 and Zn, respectively (Table 3). Only the total iron content (Fe) did not vary according to
267 the origin of the fruit, ranging from 28.4 to 127.1 mg.100g⁻¹ (Table 3).

268 With the exception of Zn, whose contents after *in vitro* digestion were higher than
269 those obtained with nitroperchloric digestion (Table 3), the other microelements presented
270 levels much lower than the totals after IVG (Table 3). In relation to the Mn, fruit from
271 Jaboticabal (batch 3) presented the highest contents (2.8 mg.100g⁻¹) in relation to the other
272 localities (Table 3). For Cu, the fruit from Ubatuba (batch 2) were the richest in this
273 element (0.62 mg.100g⁻¹) and those from Américo Brasiliense (batch 5) the poorest (0.13
274 mg.100g⁻¹) (Table 3). For Zn, fruit from Ubatuba (batch 2) had higher levels (15.4
275 mg.100g⁻¹) than those from Américo Brasiliense (batch 5 - 6.7 mg.100g⁻¹), Table 3. The
276 same occurred for Fe, with values of 1.73 and 0.51 mg.100g⁻¹ were observed for batches 2
277 and 5, respectively (Table 3).

278 Regarding processing, significant differences were observed for all microelements
279 only in the last unitary operation, pulping. Total Mn levels increased from 14.7 to 59.1
280 mg.100g⁻¹ (4 times), Cu concentrations increased from 3.6 to 20.2 mg.100g⁻¹ (5.6 times),
281 those of Zn from 5.1 to 23.3 mg.100g⁻¹ (4.5 times) and in the case of Fe from 25.2 to 254.4
282 mg.100g⁻¹ (10 times), Table 3. The same happened after *in vitro* digestion, with the

283 exception of Mn contents whose contents did not vary in the different processing steps
284 (Figures 3 and 4).

285 The Cu content after IVG increased from 0.22 mg.100g⁻¹, in the mesocarp of the
286 newly harvested fruit, to 0.83 mg.100g⁻¹, in freshly processed pulp (Figure 3B). The same
287 was observed for Zn (5.86 for 21.33 mg.100g⁻¹) and for Fe (0.40 for 2.65 mg.100g⁻¹),
288 Figure 4A and 4B.

289 *Bioaccessibility: macroelements*

290 As the Ca content after *in vitro* digestion was higher than the total Ca content
291 determined in the mesocarp and juçara pulp, it was not possible to calculate the
292 bioaccessibility of this macroelement. However, it was possible to determine the
293 bioaccessibility of Mg, and a reduction in the bioaccessibility of this macroelement was
294 observed in the last stage of the processing, that is, in the pulp extraction (Figure 5). In the
295 mesocarp of fresh fruit, after washing and soaking, the bioaccessibility of Mg was 30.8%,
296 28.6%, 26.2%, respectively, and of only 10.8% in freshly processed pulp .

297 *Bioaccessibility: microelements*

298 The bioaccessibility of the microelements analyzed ranged from 0.94% to 7.56%
299 (Figure 6), and the bioaccessibility of Mn was the only one to be significantly ($p < 0.05$)
300 affected by the different processing steps, decreasing from 6.63% in the mesocarp of the
301 newly harvested fruit, to 2.84% in the newly processed pulp (Figure 6). The
302 bioaccessibility of Cu varied from 5.91% to 4.63% (Figure 6), and Fe was the
303 microelement that presented the lowest bioaccessibility, that is, values varying from 1.58%
304 to 1.04% (Figure 6).

305 *Nutritional value*

306 Considering the values of *in vitro* digestion observed (figures 3 and 4) and the
307 Recommended Dietary Allowances (RDA) described by Mahan et al.⁽²⁴⁾, the contribution
308 percentage of a 200 ml glass of juçara pulp to the daily values of Ca, Mg, Mn, Cu, Zn and
309 Fe can be seen in table 3.

310 Regarding the macroelements, the consumption of a 200 mL glass of juçara pulp
311 served between 45.4% and 31.8 of the RDA of Ca for children of 1-3 and 4-8 years old,
312 respectively (Table 3). For adults, both men and women, this percentage ranged from 24.5
313 to 31.8%. The same amount of pulp served 41.4 to 25.5% of RDA of Mg for children aged
314 1-3 and 4-8 years, respectively (Table 3). However, for adults, this contribution was lower
315 and ranged from 13.8 to 7.9% for men and from 13.8 to 9.2% for women (Table 3).

316 Moreover, the consumption of a 200 mL glass of pulp of juçara contributed to the
317 RDA of Mn, which varied from 30.0% in children between 1 and 3 years old, and 15.7% in
318 men among 19 -70 years and over 70 years (Table 3). As for Zn, this same amount of pulp
319 exceeded the RDA for children from 1 to 3 years, that is, 4 mg Zn per day (Table 3).
320 However, the content in a 200 mL glass fit into another RDA parameter, known as the
321 tolerable upper intake level (UL), at around 68.5% (Table 3). Cu was the microelement
322 that contributed less to the RDA (0%), followed by Fe that is, its contribution varied from
323 8.0% for children between 1 and 3 years old and 3.7% for women between 14 and 18 years
324 old (Table 3).

325

326 **Discussion**

327 *Analysis of the quality of the mesocarp and juçara pulp*

328 The differences observed in relation to the quality parameters of the mesocarp and
329 pulp of juçara as a function of the origin of the samples may be related to the inherent
330 differences between the baches, however the values of the evaluated parameters are in
331 agreement with what is usually reported for this fruit^(25,26,27). According to Peirs et al.⁽²⁸⁾,
332 variability due to plant age, yield, age of reproductive buds, position and lighting, as well
333 as, variations between orchards (soil characteristics, nutrition and climate), fruit age and
334 seasonal variability, might have affected the chemical composition of the fruit from the
335 different baches. In addition, differences in fruit maturity stages may also have contributed
336 to the observed variations. The fruit of juçara are very similar to açaí and the ripening of
337 these fruit in the same bunch is quite heterogeneous⁽²⁹⁾. More mature fruit remain on the

338 bunches, dry up, and remain adhered to them, which may be related to the observed
339 differences in moisture content and DM.

340 In relation to processing, due to the similarity between juçara and açai fruit, it is
341 possible to use existing legislation for açai pulp to evaluate the juçara pulp⁽³⁰⁾. Thus,
342 according to the Normative Instruction N° 01 of January 7th, 2000⁽³⁰⁾, which established the
343 Quality and Identity Standards (PIQ) for açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.), it can be
344 observed that juçara pulp might be characterized as a thin or popular (type C) açai that has
345 8 to 11% of total solids, as it had an DM content of 11.2%. Since fruit contact with water
346 occurs during the processing, mainly in the unitary operation of fruit soaking, which is
347 carried out in order to facilitate the extraction of the pulp, there is water incorporation in
348 the mesocarp and, consequently, increase in moisture content and decrease of DM content.
349 Likewise, for the other quality parameters, reductions in their levels were also observed,
350 even though the TA content (0.21 mg.100g⁻¹) was close to the minimum required by the
351 legislation, that is 0.27 mg.100g⁻¹ for the thin açai⁽²⁴⁾. On the other hand, the pH of 5.04 in
352 the newly processed pulp was within the required by the legislation (4.0 - 6.2)⁽³⁰⁾, as well
353 as, what is normally found in juçara pulp⁽³¹⁾. In this way, the different stages of processing
354 affected the quality parameters of juçara pulp, generally promoting a reduction in the
355 content of these parameters.

356 *Minerals determination*

357 *Macroelements content*

358 The total Ca and Mg contents observed in the mesocarp of the fruit of all batches
359 were higher than those reported by Silva et al.⁽³¹⁾, that is, 430 and 150 mg.100g⁻¹,
360 respectively. Likewise, Garbin et al.⁽³²⁾ reported levels much lower than those presented in
361 Table 3, 16.88 mg.100g⁻¹ for Ca and 5.25 mg.100g⁻¹ for Mg. Again, these differences may
362 be related to the origin of the fruit, since the micronutrient composition of the fruit reflects
363 the concentration found in the soils and also its maturation stage⁽¹⁰⁾. The Ca concentrations
364 were also higher than those reported by Silva et al.⁽³¹⁾ and Garbin et al.⁽³²⁾ after *in vitro*
365 digestion, but the Mg levels were within the range presented by these authors. It is worth
366 mentioning that Ca contents *in vitro* were higher than those of total Ca, which did not
367 make it possible to calculate the bioaccessibility of this macroelement.

368 It was observed that during processing the total and *in vitro* contents of Ca and Mg
369 increased significantly after the pulping step (Figure 4). In general, an increase of
370 approximately six times in the total content of these macroelements after pulping was
371 observed. This increase may be related to the friction that occurs between the seeds of
372 juçara during the pulp, occurring the migration of Ca and Mg from the seeds to the pulp,
373 because the seeds are richer in these macroelements in relation to the pulp⁽³³⁾. On the other
374 hand, Nogueira et al.⁽¹⁴⁾ reported a decrease in Ca and Mg contents in ‘Gala’ and ‘Fuji’
375 apple processing to obtain juice by the pressing process. In this way, the fruit processing
376 method can influence the micronutrient contents.

377

378 *Microelements content*

379 The total contents of the microelements were similar to those observed by Silva et
380 al.⁽³¹⁾, who reported values of 4.3; 1.4; 1.2; and 55.9 mg.100g⁻¹ of Mn, Cu, Zn and Fe,
381 respectively. When comparing to the contents of these microelements found in açazeiro
382 fruit, the fruit of juçara are richer in minerals, which demonstrates their nutritional
383 importance, especially for the poor population of the Ribeira Valley. In relation to the rare
384 earths content, there are great differences between the pulp of açai and juçara, being that of
385 açai richest in samarium (Sm), thorium (Th), lanthanum (La), cerium (Ce) and neodymium
386 (Nd) than the juçara pulp⁽³⁴⁾.

387 Regarding *in vitro* digestion, the contents of the microminerals of all the baches
388 were much lower than those found in the nitroperchloric (total) digestion, with the
389 exception of Zn whose contents were higher, making it impossible to calculate the
390 bioaccessibility.

391 Similar to that observed for the macroelements, the total and *in vitro* contents of
392 Mn, Cu, Zn and Fe increased in freshly processed pulp (Table 3). In relation to the total
393 Mn, a significant increase was observed in the last stage of processing (59.08 mg.100g⁻¹),
394 pulp, with results much higher than those reported in Collective Catharsis⁽³⁵⁾ and Garbin et
395 al.⁽³²⁾, that is, 0.31 mg.100g⁻¹ and 0.26 mg.100g⁻¹, respectively. Cu content was also higher
396 in the freshly processed pulp in both nitroperchloric digestion (20.19 mg.100g⁻¹) and *in*
397 *vitro* digestion (0.83 mg.100g⁻¹), but after IVG the content of Cu was similar to that

398 reported by Garbin⁽³³⁾, that is, 0.68 mg.100g⁻¹. The Zn contents were higher in the last
399 stage of the processing (pulping) for both digestions, being almost twice that found by
400 Silva et al⁽³¹⁾ who reported 12.2 mg.100g⁻¹ in juçara pulp. Finally, the content of Fe was
401 also higher in freshly processed pulp, but there was a large difference between the total
402 contents (254.42 mg.100g⁻¹) and *in vitro* 2.65 mg.100g⁻¹, both diverging from result found
403 by Ribeiro et al.⁽²⁵⁾ which was 46.6 mg.100g⁻¹ of pulp.

404 The explanation for the significant increase of the micronutrient content in the
405 newly processed pulp of juçara may be related to the contamination of the pulp with
406 chemical elements coming from the metallic parts of the machine, in spite of the chemical
407 composition of the stainless steel type 302, used in equipment destined for storage is
408 composed by carbon (C), Mn, P, S, chromium (Cr), nickel (Ni) and silicon (Si)⁽³⁶⁾. The
409 increase in mineral contents during processing is common and has been observed in other
410 foods such as shrimps, crabs and oysters⁽³⁷⁾ and some types of beans⁽³⁸⁾. In some cases
411 contamination may have implications for consumers' health, as reported by Carneiro et
412 al.⁽³⁹⁾ who observed lead (Pb) contamination during the production of cassava (*Manihot*
413 *esculenta* L.) flour due to contact with the metal sheet used to dry out the flour.

414 *Bioaccessibility: macroelements*

415 As discussed previously, the *in vitro* contents of Ca were higher than those of total
416 Ca, which did not make it possible to calculate the bioaccessibility of this macroelement.
417 Thus, only the bioaccessibility results of Mg are presented.

418 The Mg was the micronutrient that presented the highest bioaccessibility in
419 comparison to the other studied minerals. However, a significant difference was observed
420 for the last stage of processing (pulping), with bioaccessibility decreasing from 30.87% to
421 9.88% (Figure 6). These results were below from what Schulz⁽¹⁰⁾ recently reported, a
422 bioaccessibility of about 32.2-55.5% in the juçara pulp obtained with ripe fruit. In relation
423 to other foods, the bioaccessibility of Mg was also lower than that described by Stelmach
424 et al.⁽⁴⁰⁾, that is, 62% obtained in coffee infusions. Possibly, with the processing, there was
425 a greater interaction between the compounds present in the pulp of juçara, such as: fibers,
426 polyphenols and phytates, with the micronutrients leading to the formation of insoluble
427 complexes, which may have negatively affected the bioaccessibility of the same⁽⁴¹⁾.

428 *Bioaccessibility: microelements*

429 It was not possible to determine the bioaccessibility of Zn, since the contents
430 obtained after *in vitro* digestion were higher than that of nitroperchloric acid, making it
431 impossible to calculate the bioaccessibility of this micromineral.

432 The average bioaccessibility of the microelements varied from 5.90% for Mn,
433 5.76% for Cu and only 1.20% for Fe (Figure 6). Mn was the only microelement to have a
434 significant reduction in the last stage of processing (pulp), from an average
435 bioaccessibility of 6.91% in the first stages of processing to 2.84% in freshly processed
436 pulp. These results are well below to those reported by Schulz et al.⁽¹²⁾ who found values of
437 22.5% in immature juçara fruit and 35.1% in mature fruit. These authors also reported that
438 the bioaccessibility of Cu increased as fruit matures, from 25.4% in immature fruit to
439 55.6% in mature fruit, both of which were much higher than those observed in Figure 6,
440 that is, 6, 07; 7.46; 5.42 and 4.11% for the different processing steps. A possible
441 explanation for the low bioaccessibility of Cu is the presence of Zn in high amounts in
442 freshly processed pulps, since the excess of Zn impairs the absorption of Cu^(42,43). In
443 relation to Fe, Schulz et al.⁽¹²⁾ only were able to determine the bioaccessibility of this
444 microelement from the third stage of maturation, which was related to the increase of the
445 protein content allowing a greater bioaccessibility of the minerals. Likewise, the presence
446 of fibers in the juçara pulp⁽³⁵⁾ may have contributed to the low bioaccessibility of Fe,
447 similarly to that reported by Marquito⁽⁴⁴⁾.

448 **Nutritional value**

449 Considering the consumption of 200 mL of freshly processed juçara pulp and the
450 RDAs of 700 to 1,300 mg for Ca, 80 to 420 mg for Mg, 1.2 to 2.3 mg for Mn of 340 900
451 mg for Cu, 3 to 11 for Zn and 7 to 18 mg for Fe, for men and women of school age (9 to 13
452 years)⁽²⁴⁾, the 200 mL of juçara pulp was able to attend 24.54% of Ca, 13.8 % of Mg, 18.9-
453 22.5% of Mn, 60% of Zn, and 7.0% of Fe. These results were similar to those reported by
454 Schulz et al.⁽¹²⁾, but for a consumption of 100 g of juçara pulp.

455 As reported by Miguel and Bom⁽⁶⁾, the populations of the Ribeira Valley have an
456 inadequate dietary pattern, that is, with deficiency of almost all nutrients, mainly Ca,

457 vitamins A, B₁₂ and C. In this way, the consumption of juçara pulp should be encouraged
458 for the population that resides in this and other places of natural occurrence of juçara palm,
459 since its use as a food in programs of feeding children of school age, according to the
460 obligation of Ministry of Education and Culture⁽⁴⁵⁾, law n° 11.947, which establishes that
461 30% of the money for school meals should be bought as local products, would improve the
462 food standard of these populations. For example, for Ca, whose requirements is one of the
463 highest, being an important constituent of bones and teeth, the consumption of 200 mL of
464 juçara pulp was a considerable contribution (24.54%), mainly for children (9 to 13 years),
465 approaching the contribution of a glass of cow's milk that is considered a source of Ca.
466 Similarly, the Mg content resembled the contribution of two bananas to the same group
467 and range age.

468 About the Zn, micronutrients whose deficiency is considered one of the most
469 determinant risk factors of the problem of growth deficits in children together with vitamin
470 A and Fe^(46,47), a glass of 200 mL of juçara pulp contributed with 60% of the RDA for men
471 and women at school age (9 to 13 years). However, for children between 1 and 3 years of
472 age the intake level is not adequate, since it was 160% of RDA and 68.5% of UL.
473 Likewise, for Fe deficiency, which is one of the major public health problems in Brazil,
474 iron deficiency anemia, the consumption of 200 mL of juçara pulp can be considered an
475 important source for the supply of this mineral to populations living in areas of natural
476 occurrence of the juçara palm, which have low *per capita* income and do not have
477 sufficient income to purchase animal products regularly.

478 **Conclusion**

479 The processing of the juçara fruit affects the content of macro and microelements,
480 and the pulping stage affects the most the content of micronutrients, mainly by increasing
481 the contents of the chemical elements and reducing the bioaccessibility of some.

482 It was possible to determine the bioaccessibility of the chemical elements with the
483 use of *in vitro* digestion.

484 The consumption of 200 mL of freshly processed juçara pulp provides
485 contributions to supply macro and microelements, allowing an improvement in the food
486 pattern of the populations that inhabit the Ribeira Valley.

487 **Acknowledgment**

488 We would like to thank Prof. Dr. Juliano Alexandre Chaker of the University of
489 Brasília (UnB), Faculty of Ceilândia, for the assistance during the analyzes by ICP-OES,
490 and Mr. João Alfredo Meirelles for providing us the samples from Ubatuba - SP.

491 **Financial support**

492 Financial support from the Postgraduate Pro-Rector's Office (PROPG) and the
493 Postgraduate Program in Food and Nutrition of the Faculty of Pharmaceutical Sciences
494 (FCFar) of the São Paulo State University (UNESP), Araraquara Campus.

495

496 **Conflict of interest**

497 There is no conflict of interest.

498

499 **Authorship**

500 **Letícia Pupin** - Analysis of the chemical elements and writing of the article.

501 **Vívian da Silva Santos** - Analysis of the chemical elements and writing of the article.

502 **João Paixão Dos Santos Neto** – Quality analysis and chemical elements experimental
503 part.

504 **Deborah Oliveira De Fusco** – Writing of the article.

505 **Gustavo Henrique De Almeida Teixeira** – Work's experimental design, orientation,
506 writing, supply of material and equipment.

507 **References**

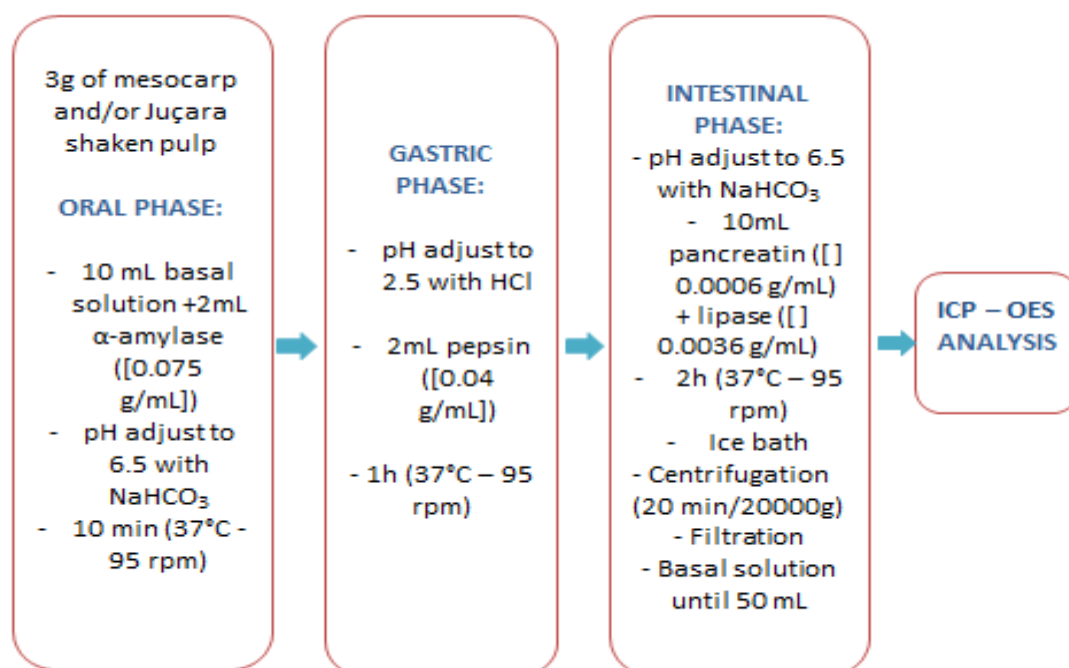
- 508 1 - Tabarelli M, Pinto LP, Silva JMC, Hirota M, Bedê L. (2005) Challenges and
509 opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. *Conservation*
510 *Biology* **19**, 695-700.
- 511 2 - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Produção Agrícola
512 Municipal: culturas temporárias e permanentes. v.37. Rio de Janeiro: IBGE.
- 513 3 - Romão DA. (2006) Vale do Ribeira Um ensaio para o desenvolvimento das
514 comunidades rurais. v 149. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Núcleo de
515 estudos agrários e Desenvolvimento Rural;
- 516 4 - Cílios do Ribeira. (2011) Patrimônio da humanidade: Conheça o Vale do Ribeira,
517 patrimônio da humanidade. www.ciliosdoribeira.org.br/vale-ribeira/patrimonio (accessed
518 in october 2016).
- 519 5 - Quilombos do Ribeira: Comunidades quilombolas do Vale do Ribeira. (2011) Vale do
520 Ribeira. www.quilombosdoribeira.org.br/vale-do-ribeira. (accessed in september 2016)
- 521 6 - Miguel M, Bom AMX. (1974) Resultados do inquérito alimentar realizado nas cidades
522 de Apiaí, Ribeira e Bara do Chapéu (São Paulo, BR). *Rev. Saúde Públ.* **8**, 75-86.
- 523 7 - Resende RU. (2002) As regras do jogo: legislação florestal e desenvolvimento
524 sustentável no Vale do Ribeira. 1ª ed. São Paulo: Annablume.
- 525 8 – Borges GSC. (2013) Determinação de Compostos bioativos e Avaliação da atividade
526 antioxidante das diferentes frações dos frutos de Juçara (*Euterpe Edulis Martius*)
527 cultivados no estado de Santa Catarina. Doctoral Thesis. Santa Catarina State University.
- 528 9 - Rede Juçara. (2015) A palmeira.
529 <http://www.redejucara.org.br/site/conteudo?pid=12&id=> (accessed in august 2016).
- 530 10 - Schulz M. (2015) Influência da maturação sobre o conteúdo e bioacessibilidade de
531 minerais e perfil de compostos fenólicos dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis*
532 *Martius*). Master Dissertation. Santa Catarina State University.

- 533 11 - Souza SEXF. (2015) Manejo de *Euterpe edulis* Mart. para produção de polpa de fruta:
534 subsídios à conservação da biodiversidade e fortalecimento comunitário. Doctoral Thesis.
535 Universidade of São Paulo.
- 536 12 - Schulz M, Biluca FC, Gonzaga LV, Borges GSC, Vitali L, Micke GA *et al* . (2017)
537 Bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidante potential of juçara fruit (*Euterpe*
538 *edulis* Martius) subjected to *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chem.* **228**, 447- 454.
- 539 13 - Cozzolino SMF. (2012) Biodisponibilidade de nutrientes. 4ª ed. Barueri: Manole.
- 540 14 - Nogueira A, Teixeira SH, Demiate IM, Wosiacki G. (2007) Influência do
541 processamento no teor de minerais em sucos de maçã. *Ciên. Technol. Aliment.* **27** (2), 259 -
542 264.
- 543 15 - Correia LFM, Faraoni AS, Sant'Ana HMP. (2008) Efeitos do processamento
544 industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alim. Nutr.* **19** (1), 83-95.
- 545 16 - Geógrafos. (2016). Geógrafos. <http://www.geografos.com.br> (Accessed in august
546 2016).
- 547 17 - Instituto Adolfo Lutz. (2005) Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos
548 químicos e físicos para análise de alimentos. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- 549 18 - AOAC. (1997) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical
550 Chemists. 16ª ed. Arlington: Ed. Patrícia Cuniff.
- 551 19 - Sarruge JR, Haag HP. (1974) Análises Químicas Em Plantas. E.S.A . "Luiz De
552 Queiroz". v 32. Piracicaba: ESALQ/USP.
- 553 20 - Souza DM, Bassinello PZ, Nóbrega LNN. (2010) Metodologia Científica:
554 Aperfeiçoamento metodológico para digestão via micro-ondas na análise mineral de
555 feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.).
556 <http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comuni>
557 [cadotecnico_196.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico_196.pdf) (accessed in april 2016).

- 558 21 - Garret DA, Failla ML, Sarama RJ. (1999) Development of *in Vitro* Digestion Method
559 To Assess Carotenoid Bioavailability from Meals. *J. Agric. Food Chem.* **47 (10)**, 4301 -
560 4309.
- 561
- 562 22 - Oomen AG, Rompelberg CJM, Bruil MA, Dobbe CJG, Pereboom DPKH, Sips
563 AJAM. (2003) Development of In Vitro Digestion Model for Estimating the
564 Bioaccessibility of Soil Contaminants. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **44 (3)**, 281-287.
- 565 23 - Pereira EJ, Carvalho LMJ, Viana DS, Miranda JT, Figueiredo REP, Freitas SC *et al.*
566 (2013) Efeito do tratamento térmico sobre a bioacessibilidade de ferro e zinco em feijão-
567 caupi. In: III CONAC – National Congress of Caupi-Bean; 23-24 abr 2013; Recife; p.1-4.
- 568 24 - Mahan LK, Stump SE, Raymond J.L. (2012) Krause: Alimentos, Nutrição e
569 Dietoterapia. 13^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- 570 25 - Ribeiro LO, Mendes MF, Pereira CSS. (2011) Avaliação da composição centesimal,
571 mineral e teor de antocianinas da polpa de juçai (*Euterpe edulis martius*). *Rev. Eletrônica*
572 *TECCEN.* **4(2)**, 5 - 16.
- 573 26 - Barros ECM, Costa GNS, Ribeiro LO, Mendes MF, Pereira CSS. (2015) Efeitos da
574 pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas e teor de antocianinas
575 da polpa de juçai (*Euterpe edulis Martius*). *Rev. Teccen.* **6 (1)**, 1-32.
- 576 27 - Castro RW. (2012) Caracterização de açaí obtido de frutos de *Euterpe Edulis Martius*
577 tratados termicamente. Graduate coursework. Santa Catarina State University.
- 578
- 579 28 - Peirs A, Tirry J, Verlinden B, Darius P, Nicolai BM. (2002) Effect Of Biological
580 Variability On The Robustness Of Nir-Models For Soluble Solids Content Of Apples.
581 *Postharv. Biol. Technol.* **28**, 269-280.
- 582 29 - Lin SS. (1988) Efeito do tamanho e maturidade sobre a viabilidade, germinação e
583 vigor do fruto de palmito. *Rev Bras Sem.* **8(1)**, 57-66.
- 584 30 - Brasil. (2000) Regulation Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de
585 identidade e qualidade para polpa de fruta. Federal District. Agriculture Ministry.

- 586 31 - Silva MGCPC, Barretto WS, Serôdio MH. (2004) Comparação nutricional da polpa
587 dos frutos de juçara e de açaí.
588 http://www.inaceres.com.br/downloads/artigos/acai_jucara.pdf (accessed in July 2015).
- 589 32 - Garbin VP, Helm CV, Pimentel IC, Dalzoto PR. (2015) Determinação da composição
590 nutricional e sais minerais de frutos de juçara (*Euterpe edulis*) coletados na região de
591 Curitiba, PR. <https://core.ac.uk/download/pdf/43407661.pdf> (accessed 30 Sep 2016).
- 592 33 - Garbin VP. (2011) Análise da atividade antimicrobiana dos extratos dos frutos, óleos
593 das sementes e fungos isolados da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius 1824). Master
594 Dissertation. Paraná State University;
- 595 34 - Santos VS, Nardini V, Cunha LC, Barbosa Júnior F, Teixeira GHA. (2014)
596 Identification of species of the *Euterpe* genus by rare earth elements using inductively
597 coupled plasma mass spectrometry and linear discriminant analysis. *Food Chem.* **153**, 334
598 - 339.
- 599
- 600 35 - Coletivo Catarse. (2014) Cartilha da Juçara (*Euterpe edulis*): Informações sobre boas
601 práticas e manejo.
602 http://www.coletivocatarse.com.br/downloads/reju/cartilha_0.99_em_baixa.pdf. (accessed
603 in September 2016).
- 604 36 - Núcleo Inox. (2016) Coletânea de Informações Técnicas - Aço inoxidável.
605 <http://www.abinox.org.br/upfiles/arquivos/biblioteca/composicao-quimica.pdf>. (accessed
606 in November 2016).
- 607
- 608 37 - Pedrosa LFC, Cozzolino SMF. (2001) Composição centesimal de mariscos crus e
609 cozidos da cidade de Natal/RN. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **21** (2), 154-157.
- 610 38 - Cardenas LR, Leonel AJ, Costa NMB. (2008) Efeito do processamento doméstico
611 sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão
612 comum. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **28** (1), 200-213.

- 613 39 - Carneiro MFH, Evangelista FSB, Barbosa Júnior F. (2013) Manioc Flour
614 Consumption as a Risk Factor for Lead Poisoning in the Brazilian Amazon. *J. Toxicol.*
615 *Environ. Health.* **76(3)**, 206-216.
- 616 40 - Stelmanch E, Pohl P, Madeja, AS. (2014) Evaluation of the bioaccessibility of Ca, Fe,
617 Mg and Mn in ground coffee infusion by in vitro gastrointestinal digestion. *J. Braz. Chem.*
618 *Soc.* **25 (11)**, 1993-1999.
- 619 41 - Sandberg AS. (2002) Bioavailability of mineral in legumes. *Brit. J. Nutr.* **88**, 281-
620 285.
- 621 42 - Melo LS. (2015) Avaliação da bioacessibilidade “*in vitro*” de macro e micromerais
622 em amaranto, multimistura e quinoa. Master Dissertation. Ceará State University.
- 623 43 - Elias C. (2015) Qualidade nutricional de rações para cães: influência de Zn na
624 absorção de Cu e prevenção de doença hepática. Doctoral thesis. Universidade of São
625 Paulo.
- 626 44 - Marquito MJG. (2014) Influência dos aditivos de panificação da bioacessibilidade dos
627 minerais do pão de trigo. Master Dissertation. New Lisbon University.
- 628 45 - Brasil. (2009) Law n° 11.947, 16th June, 2009. Dispõe sobre o atendimento da
629 alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação
630 básica. Diário Oficial da União. 17 Jun 2009.
- 631 46- Miller DD. (2007) Minerals. In: Damodara S, Parkin KL, Fennema OR. (Eds.).
632 Fennema’s Food Chemistry. Boca Raton: CRC Press. p. 523-569.
- 633 47 - Figueroa PD, Rocha ACD, Queiroz EO, Sousa CPC. (2011) Estado nutricional
634 relativo ao zinco de crianças que frequentam creches do estado da Paraíba. *Rev de Nutr.* **24**
635 **(4)**, 539-552.
- 636
637
638
639
640

641 **Figures**

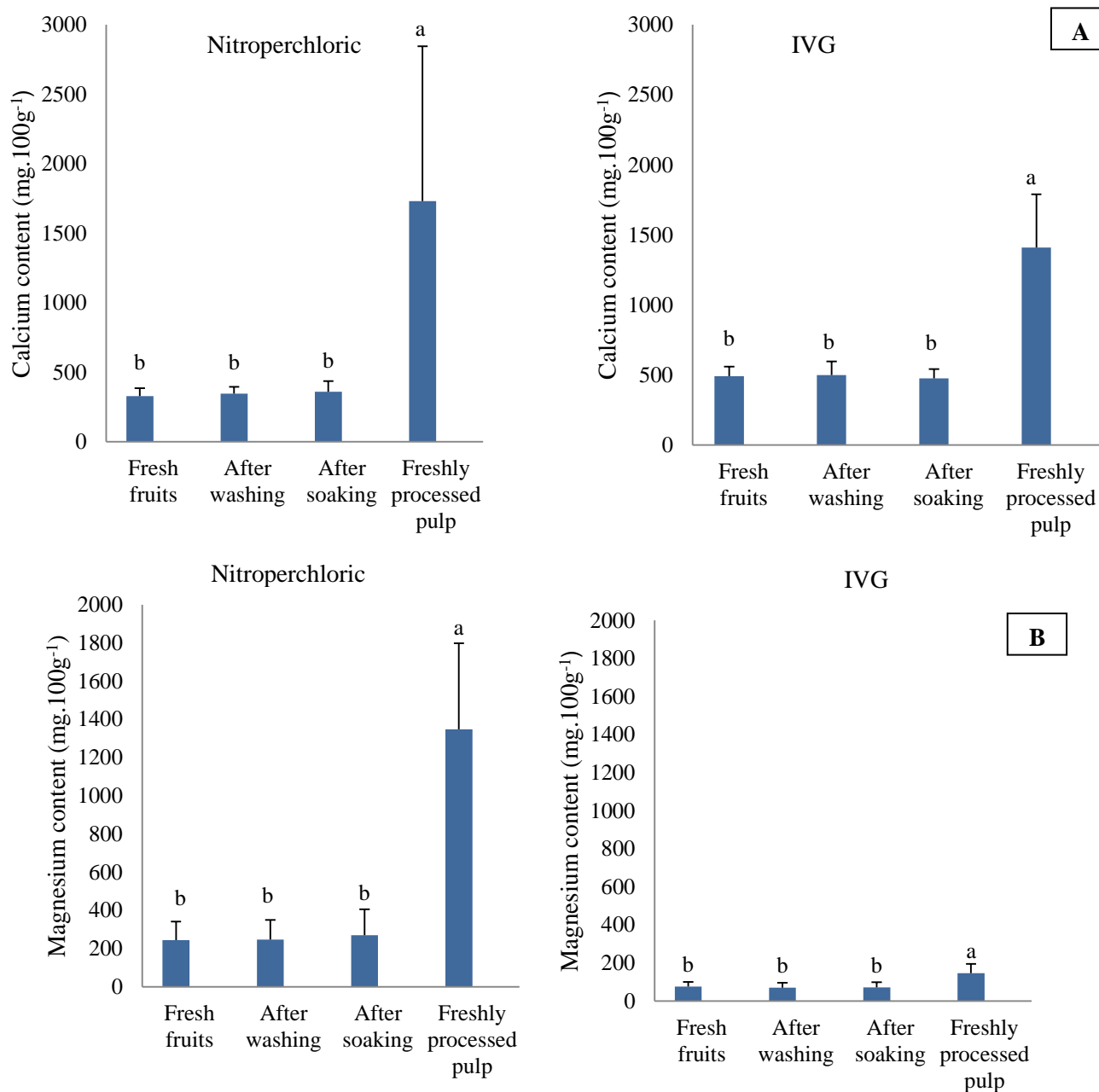
642

643 **Figure 1.** Schematic representation of the *in vitro* gastrointestinal digestion method (IVG).

644

645

646

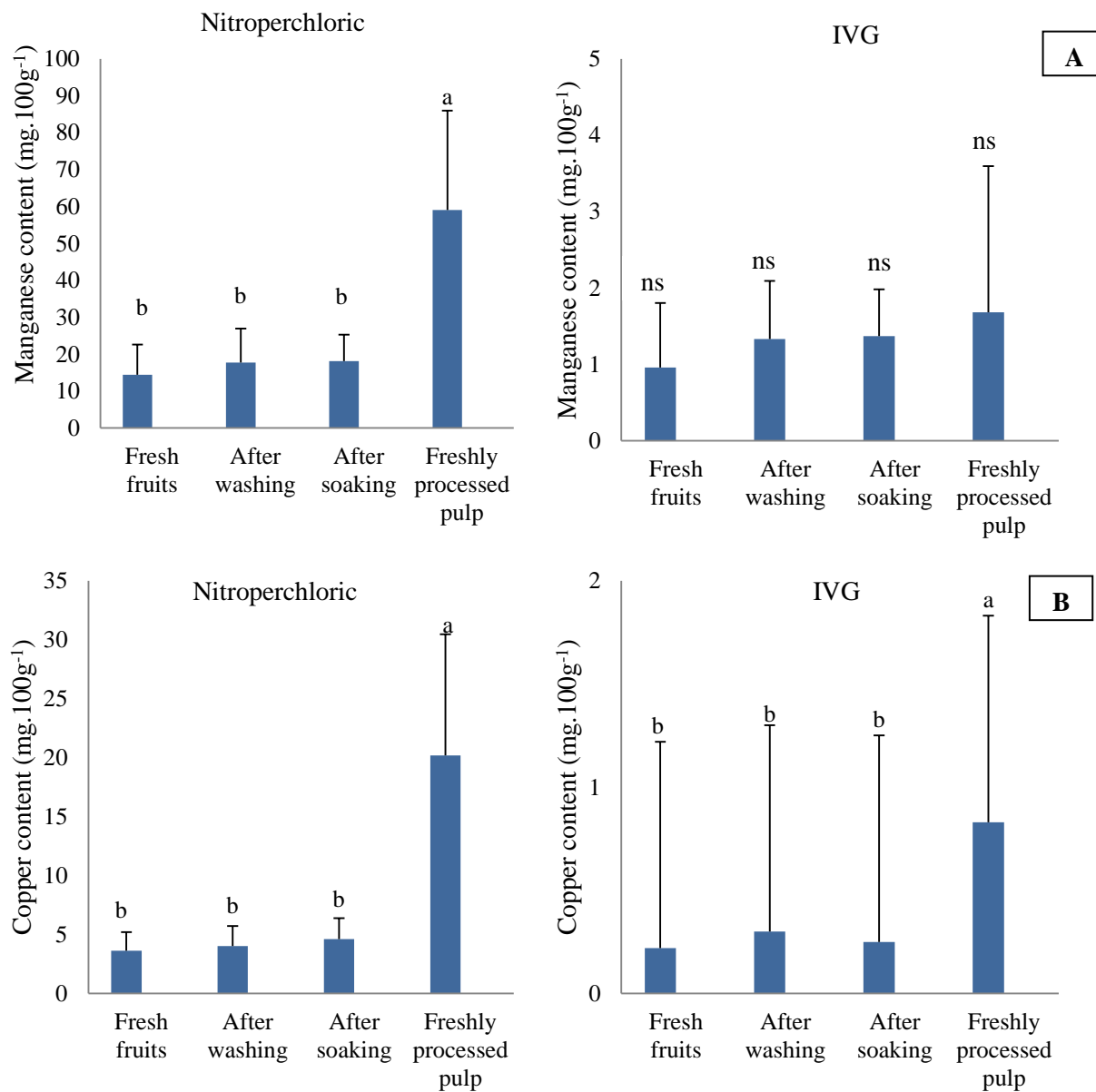


647 **Figure 2.** Calcium (Ca) (A) and magnesium (Mg) (B) contents observed in the mesocarp
 648 and juçara pulp at different processing stages. Total content, nitroperchloric content and
 649 after *in vitro* digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically
 650 from each other by Tukey test ($p > 0.05$).

651

652

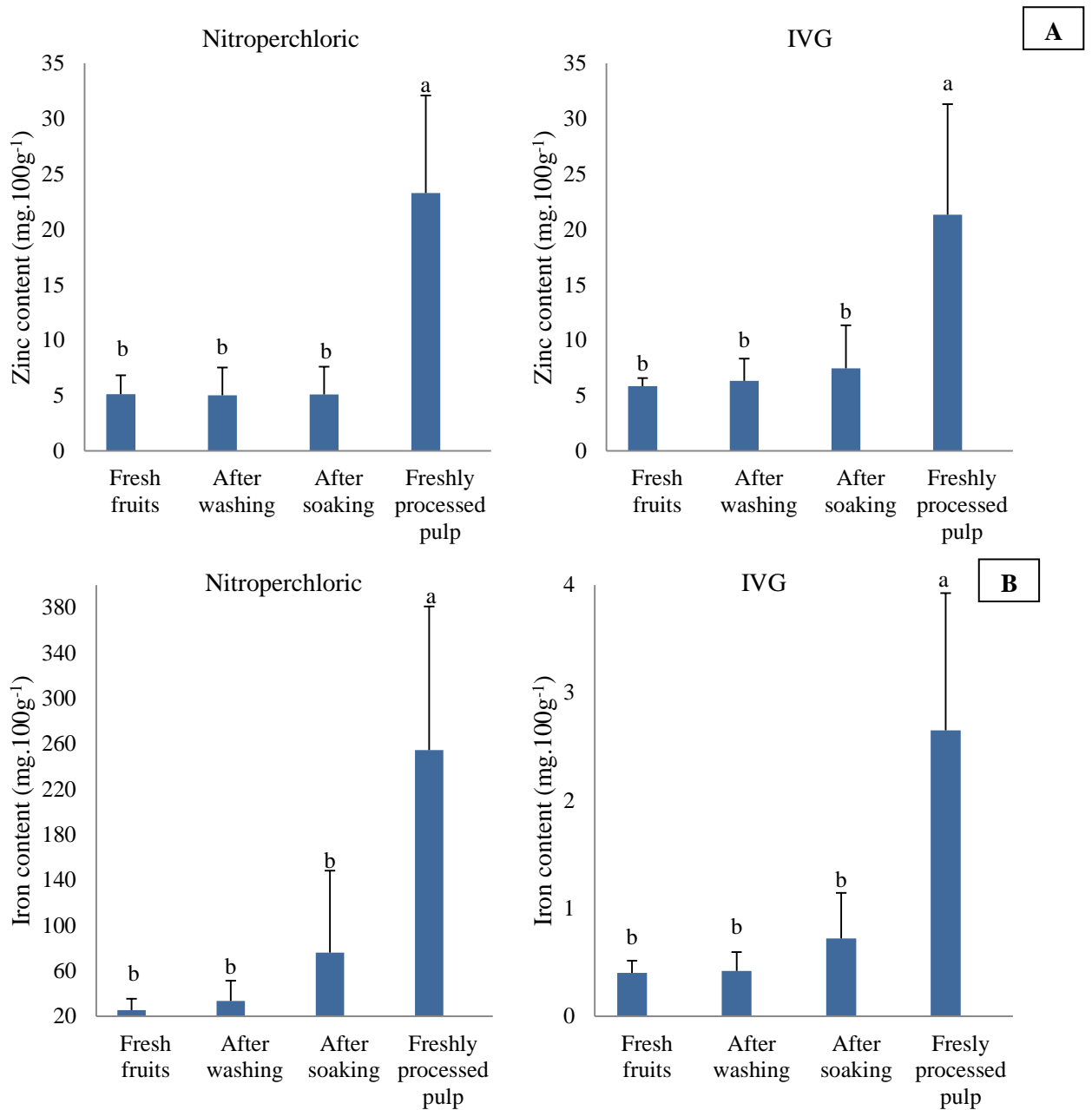
653



654 **Figure 3.** Manganese (Mn) (A) and copper (Cu) (B) contents observed in the mesocarp
 655 and juçara pulp at different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and
 656 after *in vitro* digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically
 657 from each other by Tukey test ($p > 0.05$). Ns means No Significance.

658

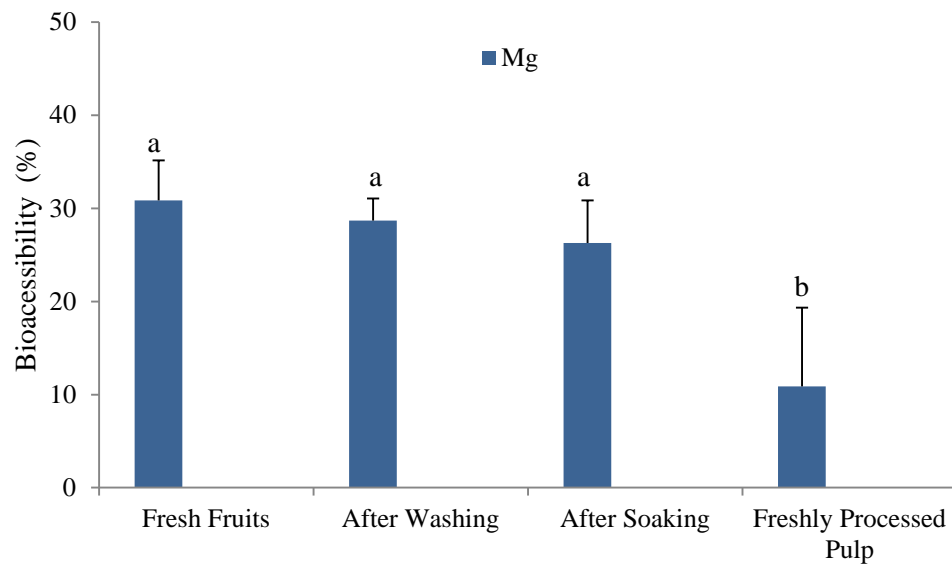
659



660 **Figure 4.** Zinc content (Zn) (A) and iron (Fe) (B) observed in the mesocarp and juçara
 661 pulp at the different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after *in*
 662 *vitro* digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from
 663 each other by Tukey test ($p > 0.05$).

664

665

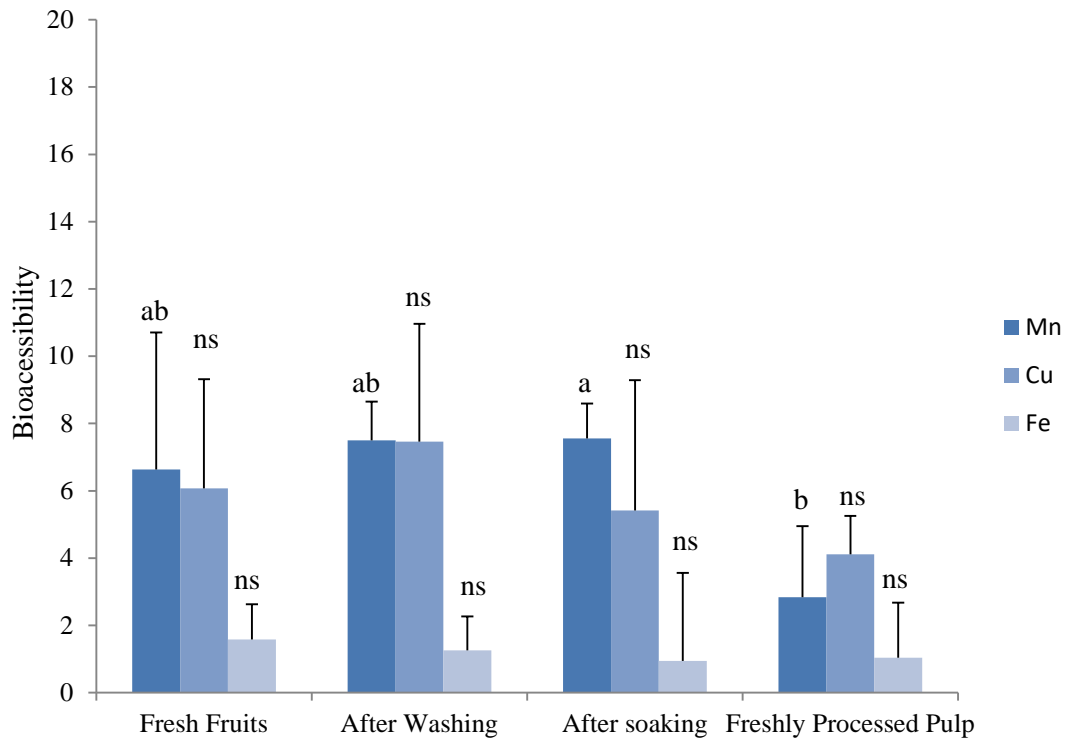


666

667 **Figure 5.** Bioaccessibility in percentage (%) of the macroelement magnesium (Mg) in the
668 mesocarp and pulp of juçara obtained in the different stages of the processing. Groups
669 followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p >$
670 0.05).

671

672



673

674 **Figure 6.** Bioaccessibility in percentage (%) of the microelements manganese (Mn),
 675 copper (Cu) and iron (Fe) in the mesocarp and juçara pulp obtained in the different stages
 676 of the processing. Groups followed by the same letter do not differ statistically from each
 677 other by Tukey test ($p > 0.05$). Ns means No Significance.

678

679 **Tables**

680 **Table 1.** Instrumental parameters used in the inductively coupled plasma optical emission
 681 spectrometer (ICP-OES).

Model and Spectrometer brand	PerkinElmer Optima 8000
Plasma power (W)	1400
Plasma gas flow (L/min)	10
Auxiliary gas flow (L/min)	0.2
Nebulization flow (L/min)	0.7
Optics Purge (nitrogen) (mL/min)	5
Injector	Alumina (2mm d.i.)
Nebulization chamber	Scott (Ryton [®]); cyclonic
Plasma orientation in relation to the optical path	Radial View
Signal processing	Area under the peak
Integration time	Automatic
Sample introduction rate (mL/min)	1.5
Replicates	2
Monitored spectral lines	calcium (Ca), 317.933 nm; copper (Cu) 327.393 nm iron (Fe), 238,204 nm; magnesium (Mg), 285.213 nm; manganese (Mn), 257.610 nm; zinc (Zn), 206.200 nm.

682

683

684

685 **Table 2.** Physicochemical results found in the mesocarp and juçara pulp (*Euterpe edulis*
686 Mart.).

Different sources	Moisture Content (%)	Dry Matter (%)	SSC (%)	pH	TA (mg.100g ⁻¹)	Ratio
Block						
Ubatuba I	70.99 ^b	29.01 ^c	8.9 ^{ab}	4.97 ^a	0.37 ^a	24.17 ^{bc}
Ubatuba II	74.21 ^a	25.79 ^d	8.8 ^{abc}	5.02 ^a	0.33 ^{ab}	26.51 ^{abc}
Jaboticabal I	68.26 ^{dc}	31.74 ^{ab}	7.4 ^{bc}	5.11 ^a	0.24 ^b	30.17 ^a
Jaboticabal II	65.88 ^d	34.12 ^a	9.7 ^a	5.03 ^a	0.32 ^{ab}	29.37 ^{ab}
Américo Brasiliense	69.60 ^{bc}	30.40 ^{bc}	7.0 ^c	4.63 ^b	0.30 ^{ab}	23.22 ^c
Test F	0.001	0.001	0.040	0.0713	0.1151	0.0713
Treatment						
Fresh fruit	61.84 ^c	38.16 ^a	10.17 ^{ab}	4.96	0.36 ^a	28.59 ^a
After washing	63.88 ^{bc}	36.12 ^{ab}	8.53 ^b	5.01	0.32 ^a	27.15 ^a
After soaking	64.72 ^b	35.28 ^b	10.27 ^a	4.80	0.35 ^a	29.58 ^a
Freshly processed pulp	88.72 ^a	11.28 ^c	4.48 ^c	5.04	0.21 ^b	21.44 ^b
Test F	0.001	0.001	0.001	0.3539	0.0062	0.0179
CV	2.40	5.54	14.40	4.43	19.59	13.64

687 ^{a,b} Averages following to the same letters in the same column do not differ statically
688 between them by Tukey Test (p>0.05).

689

690 **Table 3.** Macro and microelements (mg.100g⁻¹). of the mesocarp and pulp of the juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.)

Different sources	Calcium (Ca)		Magnesium (Mg)		Manganese (Mn)		Copper (Cu)		Zinc (Zn)		Iron (Fe)	
	Total	<i>in vitro</i>	Total	<i>in vitro</i>	Total	<i>in vitro</i>	Total	<i>in vitro</i>	Total	<i>in vitro</i>	Total	<i>in vitro</i>
Block												
Ubatuba I	622.8	726.4 ^{ab}	721.0 ^a	97.97 ^{ab}	28.30 ^{ab}	1.27 ^b	10.47 ^{ab}	0.54 ^{ab}	13.85 ^a	10.22 ^{ab}	127.12 ^a	1.09 ^{ab}
Ubatuba II	588.2	746.9 ^{ab}	710.3 ^a	116.8 ^a	26.7 ^b	1.44 ^b	1.39 ^a	0.62 ^a	13.44 ^a	15.41 ^a	112.92	1.73 ^a
Jaboticabal I	420.0	879.8 ^a	331.0 ^b	93.2 ^{ab}	43.0 ^a	2.84 ^a	6.41 ^b	0.41 ^{ab}	5.48 ^b	9.42 ^{ab}	28.48	0.91 ^{ab}
Jaboticabal II	586.8	519.9 ^b	403.1 ^b	79.4 ^{ab}	8.6 ^c	0.38 ^b	5.70 ^b	0.30 ^{bc}	7.84 ^b	9.45 ^{ab}	90.95	0.99 ^{ab}
Américo	1235, 1	723.0 ^{ab}	470.6 ^{ab}	66. 8 ^b	30.1 ^{ab}	0.72 ^b	4.57 ^b	0.13 ^c	7.52 ^b	6.74 ^b	126.58	0.51 ^b
Brasiliense												
Test F	0.2952	0.1502	0.0440	0.2684	0.0082	0.0064	0.0777	0.0082	0.0156	0.2526	0.3053	0.1254
Treatment												
Fresh Fruit	327.8 ^b	490.8 ^b	244.5 ^b	75.48 ^b	14.47	0.95 ^a	3.62 ^b	0.22 ^b	5.12 ^b	5.86 ^b	25.22 ^b	0.40 ^b
After washing	344.1 ^b	499.8 ^b	246.2 ^b	70.63 ^b	17.71	1.33	4.02 ^b	0.30 ^b	5.03 ^b	6.34 ^b	33.32 ^b	0.42 ^b
After soaking	359.4 ^b	476.1 ^b	269. 7 ^b	70.86 ^b	18.12	1.37	4.61 ^b	0.25 ^b	5.10 ^b	7.46 ^b	75.87 ^b	0.72 ^b
Freshlyprocessed pulp	1731, 1 ^a	1410, 0 ^a	1348, 3 ^a	46.75 ^a	59.08	1.68	20.19 ^a	0.83 ^a	23.27 ^a	21.33 ^a	254.42 ^a	2.65 ^a
Test F	0.0027	0.001	0.001	0.0051	0.001	0.5436	0.001	0.001	0.001	0.0011	0.0001	0.001
CV	77.24	24.98	36.77	34.18	37.69	57.29	54.90	40.77	35.99	49.92	72.61	56.85

691 ^{a,b}Averages following to the same letters in the same column do not differ statically between them by Tukey Test (p>0.05).

692 **Table 4.** Contribution of the consumption of a juçara pulp 200 mL glass to the
 693 Recommended Dietary Allowances[†] of calcium (Ca), magnesium (Mg), manganese (Mn),
 694 zinc (Zn), copper (Cu) and iron (Fe).

	Age (years)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)	Cu (%)	Fe (%)
Children					160% (RDA) 68,5 (UL)*		
	1 - 3	45.4	41.4	30.0		0	8.0
	4 - 8	31.8	25.5	24.0	96.0	0	5.6
Men	9 - 13	24.5	13.8	18.9	60.0	0	7.0
	14 - 18	24.5	8.1	16.4	43.6	0	50.1
	19 - 70	28.9	8.1	15.7	43.6	0	7.0
	≥ 70	28.9	7.9	15.7	43.6	0	7.0
Women	9 - 13	24.5	1.8	22.5	60.0	0	7.0
	14 - 18	24.5	9.2	22.5	53.3	0	3.7
	19 - 70	29.8	10.5	20.0	60.0	0	4.0
	≥ 70	26.5	10.3	20.0	60.0	0	7.0

695 *UL: Tolerable Upper Intake Level. [†] Recommended Dietary Allowances (RDA)
 696 according to the Tables of Daily Values (DV) for each nutrient.b