



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE E POTENCIAL FUNCIONAL DA PORÇÃO
COMESTÍVEL E DO ÓLEO DE FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS
ORIUNDAS DO AMAPÁ**

MARY DE FÁTIMA GUEDES DOS SANTOS

**AREIA, PB
2012**

MARY DE FÁTIMA GUEDES DOS SANTOS

**QUALIDADE E POTENCIAL FUNCIONAL DA PORÇÃO
COMESTÍVEL E DO ÓLEO DE FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS
ORIUNDAS DO AMAPÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

Orientador:

Pesq. Dr. Ricardo Elesbão Alves
Embrapa Agroindústria Tropical
Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita
Fortaleza, CE, Brasil

Orientador no exterior:

Dra. Maria Del Carmen Dobarganes García
Conselho Superior de Investigações Científicas
Instituto de la Grasa
Sevilha, Espanha

Co-Orientador:

Pesq. Dr. Edy Souza Brito
Embrapa Agroindústria Tropical
Laboratório de Análises físico-químicas
Fortaleza, CE, Brasil

AREIA, PB

2012

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial de Areia-PB, CCA/UFPB. Bibliotecária: Elisabete
Sirino da Silva CRB.4/905

S237q Santos, Mary de Fátima Guedes dos
Qualidade e potencial funcional da porção comestível e do óleo de
frutos de palmeiras nativas oriundas do Amapá/ Mary de Fátima Guedes
dos Santos. Areia-PB: UFPB/CCA, 2012.
170 f. : il

Tese (Doutorado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

Bibliografia

Orientadores: Ricardo Elesbão Alves
Maria Del Carmen Dobarganes García

1.Palmeiras oleaginosas. 2. Palmeiras nativas- Amapá-Brasil I.
Alves, Ricardo Elesbão(orientador) II. García, Maria Del Carmen
Dobarganes (orientadora) III.Título.

CDU: 633.855.34

**QUALIDADE E POTENCIAL FUNCIONAL DA PORÇÃO
COMESTÍVEL E DO ÓLEO DE FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS
ORIUNDAS DO AMAPÁ**

MARY DE FÁTIMA GUEDES DOS SANTOS

APROVADO EM 27/02/2012

BANCA EXAMINADORA

Ricardo Alves

Prof. Dr. Ricardo Elesbão Alves
Orientador
PPGA/CCA/UFPB

Almando de Melo Silveira

Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D
- 1^a Examinador -
PPGA/CCA/UFPB

Edy Souza Brito

Pesq. Dr. Edy Souza Brito
- 2^º Examinador -
Embrapa Agroindústria Tropical

Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Pesq. Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima
- 3^º Examinador -
Embrapa Semiárido

AREIA, PB

2012

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José Saramago

Ao senhor nosso DEUS ...um ser que está além do poder do entendimento humano.

OFEREÇO

Ao meu filho querido, Gabriel, uma das fontes de alegrias, sonhos e temores na minha vida.

Ao meu pai Raimundo Pereira dos Santos (in memorian) homem simples de valores e atitudes admiráveis.

À minha mãe Maria Célia Guedes, grande companheira e amiga de todos os momentos

Aos meus irmãos (Dinho, Sônia, Edu, Delsinho, Edson e Ana,) com semelhanças ou diferenças o amor familiar sempre prevalece.

A todos os meus amigos que me apoiaram e torceram por mim durante esta caminhada.

Com todo meu amor, carinho, respeito e gratidão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proteger e iluminar minha vida sempre;

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá–IEPA, pela liberação para o doutorado e apoio durante a realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por possibilitar meu aprimoramento profissional através do curso de doutorado;

À Embrapa Agroindústria Tropical, por conceder sua estrutura física para realização deste trabalho e pela assistência de seus recursos humanos;

Ao Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Instituto de La Grasa, Sevilla, Espanha, por possibilitar a realização do estágio no exterior;

Ao meu orientador prof. Ricardo Elesbão Alves, exemplo de simplicidade, competência e dedicação. Obrigado pelos ensinamentos e confiança, que foram fundamentais para vencer os desafios, assim como para o meu crescimento profissional e pessoal;

À minha orientadora no exterior, Dra. Maria Del Carmen Dobarganes Garcia, por compartilhar comigo seus valiosos conhecimentos, pelo entusiasmo e total disposição em conduzir meu estágio no exterior. Gracias pelo respeito e valiosa colaboração.

Ao meu co-orientador, Pesq. Dr. Edy Souza Brito, pela ajuda, disponibilidade sempre e contribuições prestadas no decorrer deste trabalho;

À prof^a Silvanda de Melo Silva, referência de dedicação ao ensino e pesquisa, pelo apoio, incentivo e ensinamentos repassados ao longo do mestrado e doutorado;

À Pesq. Dra. Maria Auxiliadora C. de Lima, pela participação como examinadora, correção e contribuições para valorização deste trabalho;

Ao coordenador do PPGA, Prof. Ademar Oliveira, pelo apoio sempre que solicitado.

Aos investigadores do Instituto de la Grasa, Maria Victoria Méndez , Joaquim Velasco, Maria Roca e M^a Carmen Pérez Camino, pelos ensinamentos e apoio durante meu estágio no exterior;

Ao Pesq. Dr. Fernando Aragão, pela atenção e ajuda nas análises estatísticas;

À Dra. Socorro Rufino, pela disposição, apoio e orientação nas análises de antioxidantes;

Aos meus amigos pesquisadores do IEPA, André Amaral, Vitória Lucien, Ediluci Malcher e Emilio Balieiro, pela amizade, força, estímulo e colaboração em diversas etapas deste trabalho;

Aos colegas de laboratório no Instituto de la Grasa: Marta, Irene, Jesus, Susana e Sérgio, pela acolhida e boa vontade em repassar seus conhecimentos e experiências;

Aos colegas da Embrapa-CPAF-Amapá, Antônio Leite, pelas orientações sobre as palmeiras; Raimundo Pinheiro e Adinomar, pelo apoio na coleta do buriti;

À analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Márcia Régia, pelo profissionalismo, apoio e segurança em todos os momentos durante o estágio no laboratório;

À secretária do PPGA, Eliane, pela atenção e eficiência no atendimento;

Aos bolsistas do IEPA. Ane, Renato e Suelen pelo auxílio no Laboratório de físico-química durante a seleção e caracterização física dos frutos de palmeiras;

Ao Seu Roberto e seu Jonas do IEPA, pela disponibilidade e ajuda durante o período de coleta no campo;

Aos colegas de laboratório da Pos-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, Marcelo, Norma, Ravena, Nádia, Rafaela, Carol, Livânia, Juliana, Wellington, Tárcio, Coremas e Laiane, pelo apoio nas análises e companheirismo em Fortaleza;

Aos colegas da época de UFRRJ, hoje professores do IFET Iguatu, Antonia, Djalma, Joaci e Luis, pelo reencontro e bons momentos compartilhados na pós-graduação;

A todos os meus colegas neste doutorado e companheiros em Areia-PB, em especial os amigos: Perla, Erbs, July, Wiara, Nice, Josy, Lucínio e Lucicleia, pelo apoio, força, carinho e compartilhamento em muitos momentos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estágio de doutorado no exterior.

SUMÁRIO

	Pág
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1- Geral.....	3
2.1- Específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1-Fruteiras Nativas na Amazônia Brasileira.....	4
3.1.1-Palmeiras nativas no Amapá: Ocorrência e Importância.....	5
3.1.1.1- Bacaba.....	7
3.1.1.2- Buriti.....	8
3.1.1.3- Inajá.....	9
3.1.1.4- Pupunha.....	10
3.1.1.5- Tucumã.....	11
3.1.2-Frutos de palmeiras nativas: características de qualidade.....	12
3.3- Propriedades Funcionais das frutas.....	16
3.3.1- Radicais livres: mecanismos de ação.....	17
3.3.2- Antioxidantes: mecanismos de proteção.....	19
3.3.3- Compostos bioativos.....	21
3.3.4- Principais métodos para avaliação da atividade antioxidante <i>in vitro</i>	27
3.4- Óleos vegetais de frutos de palmeiras.....	29
3.4.1-Características nutricionais dos óleos.....	31
3.4.3-Qualidade dos óleos.....	36
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
CAPÍTULO II- Qualidade dos Frutos de Palmeiras Nativas do Amapá...	51
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.2. Avaliações.....	56
2.2.1- Características físicas.....	56
2.2.2- Características físico-químicas.....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.2-Características físicas.....	61
3.3-Características físico-químicas.....	65
4. CONCLUSÕES.....	75
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
CAPÍTULO III-Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante Total dos Frutos de Palmeiras Nativas do Amapá.....	79
RESUMO.....	80
ABSTRACT.....	81
1. INTRODUÇÃO.....	82
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	83
2.1-Determinação dos compostos bioativos	83
2.2- Avaliação da atividade antioxidante total	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
3.1-Compostos bioativos.....	89
3.2-Atividade antioxidante total.....	95
3.3-Correlações.....	100
4. CONCLUSÕES.....	102
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
CAPÍTULO IV- Qualidade de Óleos do Mesocarpo de Frutos de Palmeiras Nativas Procedentes do Amapá.....	107
RESUMO.....	108
ABSTRACT.....	109
1. INTRODUÇÃO.....	110
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	112
2.2.1- Determinação da matéria graxa.....	112
2.2.2- Características físico-químicas.....	114
2.2.3- Análises de componentes majoritários.....	118

2.2.4- Análises de componentes minoritários.....	120
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	126
3.1- Matéria graxa.....	126
3.2- Características físico-químicas.....	126
3.3- Componentes majoritários.....	129
3.4- Componentes minoritários.....	136
4-CONCLUSÕES.....	144
5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXOS.....	146

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1	Espécies de palmeiras nativas, da família Arecaceae, avaliadas neste estudo.....	06
Figura 2	Estrutura química base dos flavonóides.....	22
Figura 3	Estrutura química dos principais carotenóides.....	24
Figura 4	Estrutura química do ácido ascórbico.....	26
Figura 5	Estrutura química de um triglicerídeo.....	31
Figura 6	Estrutura química do β -sitosterol.....	33
Figura 7	Estrutura química do α -tocoferol.....	34

CAPÍTULO II

Figura 1	Frutos de palmeiras nativas, avaliados neste estudo.....	56
Figura 2	Massa total média dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	61
Figura 3	Comprimento dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	62
Figura 4	Diâmetro dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	63
Figura 5	Rendimento da porção comestível dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Amapá.....	64
Figura 6	Teor de sólidos solúveis dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	65
Figura 7	Acidez titulável dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	67
Figura 8	pH dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	68
Figura 9	Relação SS/AT dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	69
Figura 10	Teor de açúcares totais dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	70
Figura 11	Teor de açúcares redutores dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	71
Figura 12	Teor de amido dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	72
Figura 13	Teor de pectina total de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	73

Figura 14	Teor de pectina solúvel dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	74
------------------	---	----

CAPÍTULO III

Figura 1	Teor de ácido ascórbico dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	89
Figura 2	Teor de antocianinas totais de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	90
Figura 3	Teor de flavonóides amarelos dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Amapá.....	92
Figura 4	Teor de carotenóides totais de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	93
Figura 5	Teor de polifenóis extraíveis totais dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Amapá.....	94
Figura 6	Atividade antioxidante total, pelo método β -caroteno/ácido linoléico, dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	96
Figura 7	Atividade antioxidante total, pelo método DPPH, dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	97
Figura 8	Atividade antioxidante total, pelo método ORAC, de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.....	99

CAPÍTULO IV

Figura 1	Amostras liofilizadas da porção comestível dos frutos de palmeiras nativas, avaliadas neste estudo.....	112
Figura 2	Perfis cromatográficos (GLC) de triglicerídeos dos óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras do Amapá....	134
Figura 3	Perfis cromatográficos de tocoferóis e tocotrienóis de óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras do Amapá....	141

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	Caracterização física dos frutos de algumas espécies de palmeiras nativas.....	13
Tabela 2	Composição dos principais ácidos graxos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas.....	32

CAPÍTULO III

Tabela 1	Correlações entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total, avaliada por diferentes métodos, de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá.....	100
-----------------	--	-----

CAPÍTULO IV

Tabela 1	Conteúdo de matéria graxa (%) de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas do Amapá.....	126
Tabela 2	Características físico-químicas de óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	127
Tabela 3	Composição em ácidos graxos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	129
Tabela 4	Composição média de triglicerídeos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá, agrupados segundo longitude equivalente de cadeia (LEC).....	131
Tabela 5	Composição media de triglicerídeos majoritários (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá, mediante cromatografia líquida de alta eficácia.....	131
Tabela 6	Composição média de triglicerídeos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá, agrupados segundo número de átomos de carbono (NAC).....	132
Tabela 7	Composição média de triglicerídeos majoritários (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá, mediante Cromatografia gás-líquido (GLC).....	133
Tabela 8	Longitude equivalente de cadeia (LEC) e número de átomos de carbono (NAC) dos ácidos graxos incluídos nas principais espécies de triglicerídeos (TG) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá...	135
Tabela 9	Composição de esteróis de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	137
	Composição de alcoóis graxos de óleos extraídos do	

Tabela 10	mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	138
Tabela 11	Composição de carotenóides ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de óleo) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	139
Tabela 12	Composição de tocoferóis ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de óleo) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	140
Tabela 13	Composição de hidrocarbonetos e ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	142
Tabela 14	Composição de compostos polares ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de óleo) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.....	143

ANEXOS

Tabela 1	Valores médios das características físicas de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).....	150
Tabela 2	Valores médios das características físico-químicas dos frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).....	151
Tabela 3	Valores médios para os compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).....	152

RESUMO

As palmeiras nativas pertencem à família Arecaceae e encontram-se entre os recursos vegetais mais úteis para o homem amazônico. Apesar da grande diversidade e de utilidades, poucas espécies podem ser consideradas importantes economicamente, sendo necessária a realização de estudos mais abrangentes sobre qualidade para espécies ainda pouco exploradas. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade, compostos bioativos e potencial funcional de frutos e óleos de palmeiras nativas oriundas do Amapá. Foram avaliados os frutos e óleos de bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã. Inicialmente, realizou-se a caracterização física e físico-química dos frutos, a seguir foram avaliados os compostos bioativos e atividade antioxidante total pelos métodos ORAC, DPPH e β -caroteno/ácido linoléico. Posteriormente, extraíram-se os óleos por Soxhlet e realizou-se a caracterização completa de seus componentes majoritários e minoritários mediante cromatografia gasosa e cromatografia líquida de alta eficiência; também foram avaliadas suas características físico-químicas, estabilidade oxidativa com o equipamento Rancimat, matéria insaponificável e compostos polares. Dentre as características físicas dos frutos, a pupunha se destacou pelo alto rendimento (76,38 %). Nas físico-químicas, foram observados, dentre outras, elevados teores de amido em pupunha e inajá (24,89 e 14,49 %, respectivamente) e pectina total (média geral de 0,81 %). Os frutos das palmeiras se destacaram pelo elevado conteúdo de PET, especialmente a bacaba e tucumã (941,56 e 158,98 mg de ácido gálico. $100g^{-1}$, respectivamente); carotenóides totais, o tucumã e buriti (7,24 e 4,67 mg. $100g^{-1}$, respectivamente) e antocianinas, na bacaba (80,76 mg. $100g^{-1}$). Quanto à capacidade antioxidante, a bacaba apresentou a maior atividade antioxidante total pelos métodos ORAC (194,67 μM Trolox. g^{-1}), DPPH (47,46 g polpa. g^{-1} dpph) e β -caroteno/ácido linoléico (92,17 % I.O). Os óleos de bacaba, inajá, buriti, tucumã e pupunha, apresentaram percentuais de matéria graxa em torno de 38, 35, 28, 26 e 17 %, respectivamente. Os óleos de buriti, tucumã e bacaba apresentaram elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados, com mais de 73, 70 e 67 %, respectivamente; para os triglicerídeos, em geral, observou-se predominância de espécies de TG com 50, 52 e 54 átomos de carbonos, identificadas como (POP, POO e OOO). No que se referem aos compostos minoritários, os esteróis estão presentes em quantidades significativas em todas as amostras, especialmente nos óleos de pupunha e tucumã (4456 e 2708 mg. kg^{-1}); os tocoferóis foram encontrados em maiores quantidades nos óleos de buriti e tucumã (1567 e 483 mg. kg^{-1}); para os carotenóides, o grupo do β -caroteno apresentou em 90% dos óleos as maiores concentrações, sendo que o tucumã apresenta a maior quantidade (1.222,33 mg. kg^{-1}) seguido pelo buriti, pupunha e inajá. Pelas características físico-químicas obtidas, como baixos índices de acidez (<2,4 %) e de peróxidos (<12,0 meq O₂. kg^{-1}), valores de matéria insaponificável inferiores a 2,0 %, grande estabilidade frente à oxidação e compostos polares entre 3,3 e 5,2 %, os óleos estudados apresentaram poucas alterações. Tanto os frutos, como os óleos apresentaram excelentes características de qualidade, assim como um comprovado potencial alimentício.

Palavras-chave: *Oenocarpus bacaba* Mart.; *Mauritia flexuosa* L.f; *Maximiliana maripa* (Aubl. Drude); *Bactris gasipaes* Kunth e *Astrocaryum vulgare* Mart.

ABSTRACT

Native palm trees belong to Arecaceae family and are among the most useful plant resources for the Amazon man. Despite the great diversity and utilities, few species can be considered economically important, being necessary to perform more comprehensive studies on quality for species not yet explored. This study aimed to evaluate the quality, bioactive compounds and functional potential of native fruit and palm oils derived from Amapá. We evaluated bacaba, buriti inajá, pupunha and tucumã fruits and oils. Initially, there was characterized both physical and physicochemical of fruit, then evaluated bioactive compounds and total antioxidant activity by ORAC methods, DPPH and β -carotene / linoleic acid. Subsequently, the oils were extracted by Soxhlet and held a full characterization of their major and minor components by gas chromatography and high performance liquid chromatography, were also evaluated their physicochemical characteristics, oxidative stability in Rancimat equipment, unsaponifiable matter and polar compounds. Among the physical characteristics of the fruits, the pupunha palm stands out for its high yield (76,38 %). In physicochemical tests, were observed, among others, high levels of starch in pupunha and inajá (24,89 and 14,49 %, respectively) and total pectin (overall mean 0,81 %). The fruits of palm trees stood out by the high content of PET, especially bacaba and tucumã (941,56 and 158,98 mg of galic acid. $100g^{-1}$, respectively), total carotenoids in tucumã and buriti (7,24 and 4,67 mg $100g^{-1}$, respectively) and anthocyanins in bacaba (80,76 mg $100g^{-1}$). As for the antioxidant capacity, bacaba had the highest total antioxidant activity by ORAC method (194,67 μM Trolox. g^{-1}), DPPH (47,46 g^{-1} pulp.g DPPH) and β -carotene / linoleic acid (92,17 % I.O). Bacaba, inajá, buriti, tucumã and pupunha oils, presented percentages of fatty matter about 38, 35, 28, 26 and 17 %, respectively. Buriti, bacaba and tucumã oils presented a high content of unsaturated fatty acids with more than 73, 70 and 67 %, respectively, for triglycerides, in general, there is a predominance of species with 50, 52 and 54 carbon atoms identified as (POP, POO and OOO). In referring to the minor compounds, sterols are present in significant amounts in all samples, particularly in pupunha and tucumã oils (4456 and 2708 mg. kg^{-1}), the tocopherols have been found in larger quantities in buriti and tucumã oils (1567 and 483 mg. kg^{-1}), for the carotenoids, the β -carotene group showed 90% higher concentrations of oil, and the tucumã has the highest concentrations (1222,33 mg. kg^{-1}) followed by buriti, pupunha and inajá. By physicochemical characteristics obtained, as low levels of acidity (<2,4 %) and peroxide (<12,0 meq $O_2.kg^{-1}$), unsaponifiable matter values below 2,0 %, great stability toward oxidation and polar compounds between 3,3 and 5,2 %, oils studied here showed little change. Both fruits and oils exhibited excellent quality characteristics, as well as proved nutritional potential.

Keywords: *Oenocarpus bacaba* Mart.; *Mauritia flexuosa* L.f; *Maximiliana maripa* (Aubl. Drude); *Bactris gasipaes* Kunth and *Astrocaryum vulgare* Mart.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

As palmeiras nativas da Amazônia têm grande importância para a região, sobretudo para o Estado do Amapá, sendo utilizadas pelas populações locais, na alimentação, habitação, ornamentação e medicina tradicional (MIRANDA et al., 2001; JARDIM et al., 2007). Entretanto, apesar da grande diversidade e de utilidades, poucas espécies podem ser consideradas importantes economicamente, estando, de maneira efetiva, inseridas no mercado local ou nacional (CLEMENT et al., 2005; FERREIRA, 2005).

Os frutos das palmeiras nativas da família Arecaceae, mencionadas como oleaginosas, são utilizadas como alimento devido à presença do amido, proteínas e vitaminas, além do conteúdo de óleo (CLEMENT et al., 2005). O manejo de espécies oleaginosas para produção de frutos, com extração tanto da polpa como do óleo para fins alimentícios, está incluída entre as atividades apontadas como economicamente viáveis para o Estado do Amapá (QUEIROZ et al., 2008). Fazem parte deste grupo de espécies com potencial promissor: bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.).

A bacaba é um fruto utilizado na região para o preparo de uma bebida popularmente denominada “vinho de bacaba”, semelhante à bebida açaí e bastante apreciada pela população local. Estudo desenvolvido por Mantúfar et al. (2010) demonstrou que a bacaba têm alto conteúdo lipídico e que o óleo extraído do mesocarpo é rico em ácido oléico (72,7 %) e palmítico (18,1 %).

O buriti é um fruto com grande potencial, porém ainda pouco valorizado em algumas regiões da Amazônia, como no caso do Amapá. Já no interior do Estado do Pará, são utilizados na culinária regional para preparo de mingaus e doces. Rodrigues et al. (2010) relataram elevado conteúdo de lipídeos na polpa, como no seu perfil de ácidos graxos grande quantidade de ácido oléico (75,50 %) e palmítico (18,75 %).

O inajá é um fruto considerado boa fonte de fósforo, magnésio e lipídeos. A polpa amarelada apresenta sabor doce e pode ser consumida fresca ou utilizada no preparo de mingaus (MIRANDA et al., 2001; BEZERRA, et al., 2006). Rodrigues et al. (2010), analisando a polpa de inajá, encontraram elevado conteúdo de óleo e, dentre os principais ácidos graxos, estão os ácidos oléico (52,40 %), palmítico (20,10 %), mirístico (7,60 %) e linoléico (8,9 %).

A pupunha é bastante apreciada na região Amazônica, especialmente cozida, que é a forma tradicional de consumo. Estudos sobre o potencial alimentar da pupunha revelam sua riqueza em proteínas, gorduras e carboidratos (MIRANDA et al., 2001). Quanto à composição de ácidos graxos do óleo extraído do mesocarpo dos frutos, Clement et al. (1998) verificaram uma grande variação no conteúdo e perfil dos principais ácidos graxos, como o ácido oléico (37 – 49 %) e ácido palmítico (39 – 47 %).

O tucumã é um fruto que contém alto teor de lipídeos, carboidratos, proteínas, fibras e principalmente pró-vitamina A (MIRANDA et al., 2001). É consumido fresco e a polpa além do elevado conteúdo de óleo, apresenta como principais ácidos graxos, o oléico (65,10 %), palmítico (24,60 %) e linoléico (2,60 %) (RODRIGUES et al., 2010).

Vale destacar, que nos últimos anos, tem aumentado o interesse por espécies nativas ainda pouco exploradas, mas que apresentam potencial alimentício. Esta tendência decorre, principalmente, da crescente busca por alimentos fontes de compostos bioativos, dos quais muitos ainda não foram suficientemente estudados, mas que proporcionam efeitos benéficos à saúde (PARRA e DUALIBI, 2002; VOLP et al., 2009).

Muitas comunidades da Amazônia, mesmo cercada de abundantes recursos naturais, infelizmente ainda não conseguiram usufruir do potencial que a região apresenta principalmente na alimentação. Assim, o aproveitamento desses recursos representa uma alternativa viável para assegurar o desenvolvimento econômico e social das populações locais (ALENCAR et al., 2007).

Estudos têm sido realizados para avaliar a potencialidade de aproveitamento das palmeiras nativas como fontes de matérias primas de interesse comercial (MIRANDA et al., 2001; CLEMENT et al., 2005). No entanto, estudos mais profundos e sistemáticos são necessários com relação à composição e qualidade, de forma a criar mercados potenciais e formas de utilização dessas espécies ainda pouco exploradas.

Desta forma, um estudo mais abrangente direcionado para avaliação da qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos de palmeiras nativas do Amapá, assim como para caracterização e qualidade do óleo do mesocarpo, permitiria avançar na identificação de seus usos potenciais.

2. OBJETIVOS

2.1- Geral

Avaliar a qualidade, o teor de compostos bioativos e o potencial funcional dos frutos e óleos de palmeiras nativas procedentes do Amapá, contribuindo para a geração de conhecimentos sobre os benefícios do consumo dessas espécies não tradicionais e para identificação de seus usos potenciais.

2.2- Específicos

Determinar características físicas e físico-químicas em frutos de palmeiras nativas (bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã) procedentes do Estado do Amapá;

Determinar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de frutos da bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã, oriundos do Amapá, com vistas à identificação de novas fontes potenciais dos mesmos para alimentação humana;

Caracterizar os óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras nativas do Amapá e estabelecer a qualidade dos mesmos através da avaliação de suas características físico-químicas, seus componentes majoritários e principais grupos de compostos minoritários.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1-Fruteiras Nativas: Aspectos Gerais

O Brasil é um dos principais centros de diversidade genética de espécies frutíferas. Existem inúmeras espécies dispersas pela flora brasileira que poderão tornar-se num futuro não muito distante, bases de novas fontes agrícolas. Todavia, muitas dessas são desconhecidas e se encontram em vias de extinção devido ao desmatamento intenso e, também pelo desenvolvimento da agricultura, embora possuam potencial para se tornarem competitivas com as espécies frutíferas tradicionais (DONADIO et al., 2004).

Na Amazônia Brasileira, as espécies frutíferas encontram-se relativamente bem conhecidas no que concerne aos aspectos botânicos, porém, pouco estudadas no que se refere às características funcionais, sobretudo com relação aos seus óleos. Foram catalogadas por Cavalcante (1996) 176 espécies com frutos comestíveis, 50 % delas representadas por fruteiras nativas. Acredita-se, no entanto, que a diversidade é bem maior, havendo estimativas que indicam que das 500 espécies de frutíferas brasileiras, aproximadamente 44 % tem como centro de origem a Amazônia (GIACOMETTI, 1993; DONADIO et al., 2002; CARVALHO e MULLER, 2005).

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque na Amazônia Brasileira e seus frutos já são comercializados em feiras livres e com grande aceitação popular. São consumidos frescos ou de diferentes formas, apresentando sabores bem característicos e elevados teores de açúcares, proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais (AVIDOS e FERREIRA, 2003). Atualmente, existem frutas nativas da Amazônia conhecidas e utilizadas pela população da região e de outros estados, destacando o açaí e o cupuaçu.

Segundo Cavalcante (2010), apesar das possibilidades de uso e do grande potencial das fruteiras nativas, muitas frutas silvestres da Amazônia guardam um razoável potencial econômico, que não deve ser desprezado, tornando-se necessária e urgente a sua domesticação para posterior estudo de melhoramento genético.

O interesse por essas frutas tem atingido diversos segmentos da sociedade, entre os quais se destacam agricultores, donas-de-casa, industriais, comerciantes, instituições de pesquisa, cooperativas, universidades, órgãos de alimentação, entre outros. Para Cavalcante (1996), as frutas, como já constatado, constituem uma das mais ricas fontes de componentes

nutritivos para a alimentação humana, razão por que o seu estudo, sob qualquer prisma, sempre é oportuno.

3.1.1. Palmeiras Nativas da Amazônia: importância e potencial de utilização

As palmeiras são plantas monocotiledôneas da família Arecaceae (Palmae), que se encontram presentes em vários ambientes naturais da Amazônia, caracterizando a paisagem da região (LORENZI et al., 2010). Estas palmeiras estão adaptadas em vários tipos de habitat, como floresta de terra firme, floresta de várzea, áreas periodicamente inundadas e em diversos ambientes alterados (MIRANDA et al., 2001). São emblemáticas dos trópicos, abundantes, produtivas e representam a terceira família mais importante para o uso humano (JOHNSON, 1998).

Na Amazônia, estudos atestam a ocorrência de 32 gêneros e 232 espécies de palmeiras neotropicais (VALOIS, 2010). Nas regiões neotropicais, a importância das palmeiras é confirmada em diversos estudos etnobotânicos, em relação aos aspectos alimentar, medicinal ou socioeconômico (BALICK, 1984; ROCHA e SILVA, 2005). A riqueza de produtos fornecidos pelas palmeiras é em parte um reflexo do alto número de espécies existentes. Os frutos e as sementes são utilizados na alimentação humana e animal, e também como fornecedores de matéria prima para a indústria de alimentos e cosméticos; as folhas, como coberturas de casas; na coroa foliar, encontra-se o palmito que tem grande valor alimentício e industrial; o estipe é usado para assoalhos e paredes de casas e as raízes possuem valor medicinal (MIRANDA et al., 2001)). Para Lorenzi et al. (2010), algumas espécies têm importância na alimentação da população local como fornecedoras de frutos, contudo, totalmente alicerçada no extrativismo.

A Amazônia brasileira, especialmente o Estado do Amapá possui inúmeras espécies de palmeiras nativas com potencial econômico, nutricional e tecnológico, dentre estas, se destacam pela grande ocorrência na região, o açaí, a bacaba, o buriti, o inajá, a pupunha e o tucumã. Entretanto, para o aproveitamento destes potenciais considera-se fundamental favorecer o uso direto pelas populações locais, associadas à produção e comercialização de produtos regionais (MIRANDA et al., 2001; CLEMENT et al., 2005).

Neste estudo, foram avaliados os frutos e óleos de cinco espécies de palmeiras tropicais nativas da família Arecaceae (bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã) (Figura 1). Com exceção da pupunha, que já está domesticada, todas as outras espécies são exploradas na forma extrativista. Porém, como já citado, todas apresentam algum potencial para utilização.



Figura 1. Espécies de palmeiras nativas, da família Arecaceae, avaliadas neste estudo.

3.1.1.1- Bacaba

A bacabeira (*Oenocarpus bacaba* Mart.) é uma palmeira nativa da Amazônia, é distribuída com maior frequência nos Estados do Pará, Amapá e Amazonas, tendo como habitat ideal a mata virgem de terra firme e de várzea; mas também pode ser encontrada em Goiás e Mato Grosso, sendo desconhecida em outras regiões brasileiras (LORENZI et al., 2010; CAVALCANTE, 2010).

A bacaba chamada pelos indígenas de **iuá Kauá**, que significa fruta gordurosa, ou em tupi **wa'kawa**, possui outras denominações no Brasil - bacaba-açu, bacaba-verdadeira, bacaba de leque, bacaba-de-azeite, bacabão e bacaba-vermelha. Em outros países, recebe os nomes de ungurauy (Peru), camou (Guiana Francesa) e manoco e punáma (Colômbia). Entretanto, nesses países a espécie é *Oenocarpus bataua*, que também é encontrada na Amazônia com o nome de patauá (DONADIO, et al., 2004; CAVALCANTE, 2010).

É uma palmeira monocaule, com 7 a 20 m de altura e 15 a 25 cm de diâmetro, com palmito curto e grosso no ápice. Apresenta de 8 a 17 folhas do tipo pinadas, agrupadas regularmente e dispostas em diferentes planos sobre a raque. Inflorescência intrafoliar na antese; raquinas em número de 105-250, finas e pêndulas como um rabo de cavalo, de 80-150 cm de comprimento (LORENZI et al., 2010). Os cachos são robustos, com frutos arredondados apresentando coloração roxo-escuro e uma semente (MIRANDA et al., 2001). A época de produção da bacabeira coincide com o período mais chuvoso, ou seja, de janeiro a março, ou abril pelo menos no Pará e Amapá (CAVALCANTE, 2010).

O fruto da bacabeira é uma drupa subglobosa, medindo de 1,4 a 2 cm de diâmetro e pesando em média 1,5 a 3 g. O epicarpo na maturação possui uma cor roxo-escura, quase preta. O mesocarpo com 1 a 1,5 mm de espessura, é brancacento, oleoso e fibroso (MIRANDA et al., 2001). Este fruto não é consumido diretamente, porém igualmente ao açaí, é utilizado para a fabricação de uma bebida de cor creme leitosa, bastante apreciada na região e habitualmente consumida pelas populações locais com farinha de mandioca e açúcar, apresentando um teor de óleo elevado (DONADIO, et al., 2004; CAVANCANTE, 2010).

O óleo obtido dos frutos desta palmeira apresenta uma cor esverdeada, é inodoro e sem sabor acentuado, podendo ser utilizado na alimentação (LORENZI et. al., 2010). Escriche et al. (1999) estudando o valor nutritivo e composição de frutos de palmeiras Amazônicas encontraram no óleo da bacaba um alto conteúdo de ácidos graxos insaturados (78 %).

3.1.1.2- Buriti

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.f) é uma palmeira nativa da família Arecaceae considerada a mais abundante do País. Encontrada em toda Amazônia, Brasil central, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Piauí e São Paulo, em florestas fechadas ou abertas, sobre solos mal drenados e francamente arenosos, com grande ocorrência nas regiões úmidas e alagadas, chegando até a Bolívia, Colômbia, Equador e Peru, onde existem grandes áreas com buritizeiros (DONADIO et al., 2004; LORENZI et al., 2010).

A origem do nome buriti vem do tupi (mburití) que quer dizer árvore que dá líquido ou água da palmeira. No Brasil, o buriti também é conhecido popularmente com os nomes de miriti, boriti, buritirana, palmeira do brejo e carandá-guasu (DONADIO et al., 2004). Em outros países, recebe os nomes de aguaje e achual (Peru), moriche (Venezuela) e palmier baché (Guiana Francesa) (CAVALCANTE, 2010).

É uma palmeira monocaule, dióica, com 3 a 25 m de altura e caule liso medindo de 23 a 50 cm de diâmetro. Folhas flabeliformes, costapalmadas em número de 10 a 20; bainha aberta com 1 a 2,1 m de comprimento. Inflorescência axilar e frutos cobertos por escamas cárneas apresentando sabor agriadoce na maturidade (MIRANDA et al., 2001). O número de cachos frutíferos por indivíduo varia de 5 a 8, sendo encontrado em média 728 frutos no cacho (CAVALCANTE, 2010). Em geral, na região Amazônica, a época de frutificação ocorre durante praticamente o ano todo, porém o pico da produção acontece nos meses de junho a setembro (LORENZI et al., 2010).

O fruto do buritizeiro é uma drupa oblongo-elipsoide ou globosa, de 5 a 7 cm de comprimento, composto pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente. O epicarpo é formado de escamas rombóides, cárneas, de cor castanho-avermelhada e lustrosa. O mesocarpo (porção comestível) tem apenas 4 a 6 mm de espessura e apresenta coloração amarelada ou alaranjada. O endocarpo é a parte fina que recobre a semente, sendo pouco diferenciado do mesocarpo (DONADIO et al., 2004; CAVALCANTE, 2010).

Inúmeros produtos úteis do buriti são aproveitados pelas populações ribeirinhas na alimentação, tais como: doces, mingaus, bebida natural ou fermentada; (CAVALCATE, 2010). Do mesocarpo, extrai-se o óleo comestível, rico em vitamina A e ácido oléico, sendo utilizado na culinária regional (TURATTI et al., 2002).

Apesar das boas características nutricionais da polpa e do óleo de buriti e, por conseguinte com tantas possibilidades econômicas, este fruto continua ainda pobemente explorado em algumas regiões da Amazônia, chegando a ser carregado pelas águas dos rios todos os anos, o que representa o desperdício de um dos frutos regionais reconhecido como um dos mais ricos em material graxo e vitamínico do mundo (TURATTI et al., 2002).

3.1.1.3- Inajá

O Inajazeiro (*Maximiliana maripa* Aubl.Drude) é uma palmeira de ocorrência em toda a Amazônia e países circunvizinhos, com grande incidência nos Estados do Amapá e Pará, chegando até o Maranhão (CAVALCANTE, 2010). É frequentemente encontrado em florestas primárias, secundárias e em áreas que passaram por um processo de queimadas. Além da resistência ao fogo, o elevado vigor de regeneração e a capacidade de fornecimento de uma grande quantidade de sementes, contribuem para que essa palmeira seja encontrada abundantemente, principalmente em áreas degradadas (MIRANDA et al., 2001; BEZERRA et al., 2006).

O inajá, também chamado popularmente na Amazônia Brasileira por anajá, é conhecido em alguns países com outros nomes populares, tais como: cucurito (Venezuela); huacava (Bolívia); maripa (Guiana Francesa); incham (Peru); aritá (ameríndios) e kokerit-palm (Guiana) (CAVALCANTE, 2010).

É uma palmeira monocaule com 3,5 a 20 m de altura, caule liso na parte de baixo e com presença de bainhas mortas na parte superior. Folhas variando de 10 a 22 do tipo pinadas, agrupadas irregularmente e dispostas em diferentes planos, quando jovens são utilizadas na construção de paredes e coberturas de maloca. Inflorescência interfoliar e frutos com sabor muito agradável quando maduros. O pico da produção ocorre nos meses de março a junho, durante este período os frutos têm presença certa em feiras da região Amazônica (MIRANDA et al., 2001).

O fruto do inajazeiro é uma drupa ovóide de 5-6 cm de comprimento com a extremidade apontada e a base protegida por cálice persistente (indúvia), apresentando na maturação o epicarpo com coloração marrom e um mesocarpo (porção comestível) amarelado, pastoso e de sabor levemente doce (CAVALCANTE et al., 2010). Os frutos são

boas fontes de ácidos graxos, fósforo e magnésio, sendo consumidos quase sempre fresco ou acompanhados com farinha de mandioca. A polpa é utilizada no preparo de mingau, com farinha de mandioca ou amido, para ser consumido por pessoas debilitadas (MIRANDA et al., 2001; BEZERRA et al., 2006).

O inajá tem potencial industrial na obtenção de óleo tanto do mesocarpo como das sementes, podendo ser utilizado como matéria-prima para as indústrias alimentícia, de cosméticos e saboarias (MIRANDA et al., 2001). Segundo Cavalcante (2010) as sementes podem fornecer 60% de óleo semelhante ao do babaçu, tanto na qualidade como na utilização.

3.1.1.4- Pupunha

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira nativa da América Tropical, domesticada pelos ameríndios provavelmente na bacia Amazônica, os quais pelas suas preferências foram responsáveis por sua grande diversidade genética. Na Amazônia, existem pelo menos 8 raças primitivas da pupunha e, ao Noroeste dos Andes, pelo menos mais 5 raças (GAZEL FILHO, 1998; CLEMENT, 2000).

A pupunha também é conhecida na região por pupunha-marajá e pirajá-pupunha. Os nomes populares em vários países de língua espanhola é pejibaye ou pijuano, mas também é chamada de cachipay e chontaduro (Colômbia), chonta (Peru), macanilla (Venezuela) (CAVALCANTE, 2010). Na língua inglesa, recebe o nome de peach palm ou pewa nut (DONADIO et al., 2004).

É uma palmeira de grande porte que pode alcançar até 20 m de altura, com caule medindo de 10 a 25 cm de diâmetro, com presença ou não de espinhos. Folhas pinadas variando de 9 a 20, regularmente agrupadas e dispostas em diferentes planos. Inflorescência intrafoliar e frutos com características muito variáveis (LORENZI et al., 2010). Um cacho pode ter mais de cem frutos, com variação entre 50 -1000 frutos (DONADIO et al., 2004). Na Região Amazônia, frutifica no período de dezembro a março (MIRANDA et al., 2001).

Os frutos da pupunheira são do tipo drupa, com forma, tamanho e coloração muito variáveis, podendo apresentar na maturação epicarpo fibroso de cor verde, amarelo, alaranjado ou vermelho e mesocarpo abundante de cor amarelo ou alaranjado-claro, variando de amiláceo a oleoso; quanto à forma, podem ser globosos, ovoides, cônicos-globosos, tendo a

base mais ou menos aplanada; tamanho entre 1 a 1,5 cm para frutos partenocápicos e alcançando até 7 cm nos outros frutos (GAZEL FILHO, 1998; CLEMENT, 2000).

A pupunha é um fruto bastante apreciado nos Estados do Norte do Brasil, sendo consumida após cozimento em água salgada por 30-60 minutos para degradação dos compostos antinutricionais e melhorar o sabor (LOPEZ et al., 2004; CARVALHO, 2005). O fruto cozido é habitualmente consumido acompanhado de café, mas também pode ser seco e moído para transformação em farinha para usos variados, constituindo-se numa excelente fonte de carboidratos, proteínas, gorduras e vitaminas, principalmente β-caroteno (METZLER et al., 1992; LEAKY, 1999). Cavalcante (2010) ressaltou que os frutos também são ricos em vários elementos minerais, como ferro, fósforo, entre outros, além de vitamina A.

Segundo Clement et al. (2000) dentre os usos atuais e potenciais da pupunha, podem ser destacados: aproveitamento do fruto para consumo humano direto, elaboração de farinha para panificação, formulação de ração animal, extração do palmito e produção de óleo vegetal.

Carvalho et al. (2005) em estudo sobre obtenção e aproveitamento da farinha de pupunha, consideraram que o processamento da farinha é um método simples, que permite a obtenção de um produto com boa qualidade nutricional e sensorial, podendo ser largamente utilizada no setor de panificação.

3.1.1.5- Tucumã

O tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare* Mart.) é uma palmeira nativa do norte da América do Sul, possivelmente do estado do Pará, onde tem o seu centro de dispersão. É uma espécie característica de terra firme alta, de cobertura vegetal baixa, ou mesmo em campo limpo (CAVALCANTE, 2010). No Brasil, possui distribuição geográfica nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Goiás e Tocantins. Também com ocorrência em outros países, como Guianas e Venezuela (LORENZI et al., 2010).

O tucumã, também chamado de tucumã-do-pará e tucum-bravo, é conhecido popularmente por aouará na Guiana Francesa e awarra no Suriname (CAVALCANTE, 2010). Esta espécie está inserida entre as palmeiras nativas da Amazônia com inúmeras utilidades para população local, desde a época pré-colombiana (CLEMENT et al., 2005). O caule é

utilizado em construções rurais, às folhas fornecem fibras que servem para fazer redes de pesca, cordas e sacolas. O fruto e palmito são comestíveis (LORENZI et al., 2010).

É uma palmeira monoica, com estipes de 10-15 cm de altura, apresentando espinhos na metade superior e formando touceiras de 4 e 8 troncos. Folhas do tipo pinadas, bastante espinhosas, de cerca de 7 m de comprimento. Inflorescência protegida por uma espata denso-espinhosa, com flores masculinas e femininas, estas em número mais elevado; frutos com mesocarpo fibro-carnoso e odor característico (CAVALCANTE, 2010). Na Amazônia o tucumanzeiro frutifica no período chuvoso, principalmente com maior frequência entre os meses de janeiro a abril (MIRANDA et al., 2001).

O tucumã é um fruto do tipo drupa, elipsóide, com 3-5 cm de comprimento, apresentando coloração alaranjada quando maduro e odor característico. A polpa com consistência pastoso-oleosa é rica em lipídeos, carboidratos, proteínas, fibras, e principalmente pró-vitamina A, o seu valor em Vitamina B₁ é bem interessante e o teor de vitamina C rivaliza com os frutos cítricos (YUYAMA et al., 2008; CAVALCANTE, 2010). Os frutos são consumidos frescos, algumas vezes como vinho e ocasionalmente empregados na fabricação sorvete e licor (MIRANDA et al., 2001), já no Estado do Amazonas a polpa da espécie *Astrocaryum aculeatum* Meyer é bastante utilizada nos recheios de tapioca e sanduíche, como também no preparo de sorvetes. O óleo extraído da polpa apresenta características nutritivas e sensoriais interessantes tanto para a indústria de alimentos, como para cosmética (YUYAMA et al., 2008).

Para Clement (2005), poucos estudos têm sido desenvolvidos visando contribuir para a domesticação e aproveitamento do potencial do tucumã, sendo sua comercialização ainda caracterizada por um mercado meramente local.

3.1.2. Qualidade de frutos de palmeiras nativas

De maneira geral, a qualidade pode ser definida como um conjunto de características que irão influenciar na aceitabilidade de um alimento (TREVISAN, et al., 2006). No fruto, se baseia na combinação de características físicas e físico-químicas com propriedades sensoriais, considerando o objetivo da utilização do mesmo. A qualidade ótima é atingida num determinado grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, em que a

combinação dessas características e atributos tem o máximo de aceitação para a finalidade a que se destina o fruto (MAIA et al., 2009)

3.1.2.1- Características físicas

A caracterização física dos frutos é de fundamental importância para definição de técnicas de manuseio pós-colheita e de acondicionamento adequado, para estudos das formas de transporte, armazenagem, beneficiamento e processamento, assim como para uma boa aceitação dos frutos quando se destinam ao mercado fresco (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As principais características físicas para frutas são: textura, peso, tamanho, forma (diâmetro: comprimento), espessura da casca e numero de sementes, rendimento em polpa, entre outras. A Tabela 1 apresenta algumas características físicas dos frutos de palmeiras nativas segundo Carvalho e Muller (2005).

Tabela 1. Caracterização física dos frutos de algumas espécies de palmeiras nativas

Frutos de palmeiras	Peso (g)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Rendimento (% polpa)
Bacaba	$2,9 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$42,2 \pm 4,7$
Buriti	$40,5 \pm 10,5$	$5,5 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,4$	$22,2 \pm 4,5$
Inajá	$24,2 \pm 5,0$	$5,4 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,3$	$38,0 \pm 4,0$
Pupunha	$21,7 \pm 7,0$	$3,5 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,3$	$75,8 \pm 4,5$
Tucumã	$34,5 \pm 10,2$	$4,3 \pm 1,0$	$3,7 \pm 0,5$	$49,6 \pm 3,7$

3.1.2.2. Características físico-químicas

A determinação de características físico-químicas da porção comestível dos frutos é importante entre outros fatores, para avaliação do estádio de maturação, estabelecimento do ponto de colheita e definição de formas de manuseio pós-colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Estas características relacionam-se com o mercado de destino do fruto (consumo fresco ou processamento).

A composição físico-química das frutas varia bastante devido às diferenças entre cultivares, grau de maturidade, estação de colheita, tratos culturais, locais de plantio e fatores climáticos (MAIA et al., 2009). Dentre as características físico-químicas estão incluídas: sólidos solúveis; acidez e pH; relação SS/AT; açúcares; pectinas e amido.

Os sólidos solúveis (SS) representam as substâncias que se encontram dissolvidas na seiva vacuolar, como açúcares, ácidos orgânicos, pectinas, vitaminas, fenólicos, etc. Entre essas substâncias, os açúcares são as mais representativas, chegando a constituir em alguns frutos até 90 % dos sólidos solúveis. Por isso, este parâmetro é utilizado para se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes. Os teores de SS são muito variados com espécies, cultivares, estádio de maturação e clima (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

No açaí, que é um dos frutos de palmeiras da Amazônia mais estudados, o teor médio de sólidos solúveis é 7,5°Brix (FREIRE et al., 2000). Para inajá, tucumã e pupunha, os teores de SS encontrados foram 21; 14,5 e 11,4 °Brix, respectivamente (BEZERRA et al., 2006; LEITÃO, 2008 e SILVEIRA et al., 2009). Canuto et al. (2010), caracterizando polpas processadas a partir de frutos coletados na Amazônia, como a bacaba e o buriti, observaram 2,0 e 4,5 °Brix, respectivamente.

A acidez titulável e pH são as principais análises utilizadas para medir a acidez dos frutos. A acidez orgânica total representa a soma de todos os ácidos orgânicos livres e os presentes sob a forma de sais (BLEINROTH, 1992). Os ácidos orgânicos mais abundantes nas frutas são o cítrico e o málico, ou outros dependendo da espécie. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), na maioria das frutas, a acidez diminui com a maturação, em decorrência da utilização dos ácidos orgânicos como substrato no processo respiratório ou de sua conversão a açúcares. A medida do pH fornece a concentração de íons hidrogênio livres em uma solução.

Os frutos de algumas espécies de palmeiras da Amazônia apresentam os seguintes valores, para acidez titulável e pH, respectivamente: açaí (0,20 % e 5,5); tucumã (0,3 % e 5,8), inajá (2,5 % e 5,26) e pupunha (0,7 % e 6,4) (FREIRE et al., 2000; YUYAMA et al., 2008; BEZERRA et al., 2006 e SILVEIRA et al., 2009). Os valores obtidos por Canuto et al. (2010), na polpa de bacaba, foram (0,1 % e 5,3) e de buriti (2,2 % e 3,5), para acidez titulável e pH, respectivamente.

A relação SS/AT representa o equilíbrio entre os dois componentes e indica o sabor do fruto, sendo considerado um dos atributos físico-químicos mais usados para

determinar a maturação do mesmo (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A acidez titulável decresce à medida que o fruto vai amadurecendo enquanto que o teor de sólidos solúveis se eleva. Quanto maior for essa relação maior será o grau de docura do fruto (SIGRIST, 1992).

Os valores da relação SS/AT encontrados na literatura em frutos de algumas espécies de palmeiras foram: 8.3, para inajá (BEZERRA et al., 2006); 15.2, para pupunha (SILVEIRA et al., 2009) e 1.7, no tucumã (LEITÃO, 2008). Canuto et al. (2010), nas polpas de bacaba e buriti, observaram valores para relação SS/AT de 20,0 e 2,0, respectivamente.

Os açúcares são outros constituintes que sofrem modificações durante a maturação das frutas. Os teores de açúcares aumentam, em geral, com o avanço da maturação, devido principalmente, à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta (SIGRIST, 1992). Os principais açúcares redutores (glicose e frutose) e os não redutores (sacarose) são responsáveis pela docura e pelo sabor, assim como exercem alguma influência na cor atrativa e na textura dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Quanto aos teores de açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR), o açaí apresentou (1,84 e 1,84 %), o tucumã (1,99 e 1,27 %) e a pupunha (3,6 e 1,3 %), respectivamente (FREIRE et al., 2000; YUYAMA et al., 2008; SILVEIRA et al., 2009). Não foram encontradas referências prévias sobre os teores de açúcares em inajá, bacaba e buriti.

O amido é o polissacarídeo de armazenamento mais importante nas células vegetais. Formado por dois tipos de polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina. A molécula de amido é extremamente hidratada, pois possui muitos grupos hidroxil expostos e disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água. A maioria dos vegetais tem a capacidade de sintetizar amido e seu armazenamento é especialmente abundante em tubérculos e sementes (NELSON e COX, 2011). Para Sigrist (1992), a conversão do amido a açúcares, pela hidrólise, é uma reação altamente desejável no amadurecimento de frutos tropicais. Vários estudos em frutas, como bananas e mangas, constataram a degradação do amido com o avanço da maturação.

No açaí e na pupunha, foram encontrados elevados teores de amido, 9,3 e 14,1 %, respectivamente (FREIRE et al., 2000; SILVEIRA et al., 2009). Não foram encontrados na literatura referências sobre os teores de amido para bacaba, buriti, inajá e tucumã.

As pectinas constituem um grupo heterogêneo de polissacarídeos mais solúveis da parede celular dos vegetais. São moléculas muito grandes e complexas, compostas de tipos diferentes de polissacarídeos pécticos (TAIZ e ZEIGER, 2004). Uma das principais mudanças observadas durante o amadurecimento dos frutos é a redução da firmeza, devido ao amaciamento causado pela progressiva solubilização de protopectinas (forma menos solúveis) em pectinas ou ácido péctico (formas mais solúveis) (SIGRIST, 1992).

Não foram encontradas referências prévias sobre o teor de pectinas em frutos de palmeiras nativas, exceto no açaí, que apresentou 0,67 % de pectina total (FREIRE et al., 2000).

3.3. Propriedades Funcionais das Frutas

Inúmeros estudos já divulgaram que uma alimentação saudável para a maioria dos adultos e jovens deve conter 5 porções diárias de frutas e hortaliças. Dados epidemiológicos já comprovaram que dentre os benefícios de uma dieta rica neste grupo de nutrientes estão: redução dos riscos de doenças cardiovasculares e diversos tipos de câncer, hipertensão, diabetes tipo 2 e controle de peso (SOUZA et., al., 2003; ANJO, 2004).

As frutas são fundamentalmente valorizadas como fontes de micronutrientes, fibras e outros componentes identificados como funcionais (CANO et al., 2005). Os alimentos funcionais se caracterizam por oferecer vários benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, são apresentados na forma de alimentos comuns e quando consumidos na dieta cotidiana podem trazer benefícios fisiológicos específicos devido à presença de ingredientes fisiologicamente saudáveis (CANDIDO E CAMPOS, 2005). De maneira geral um alimento pode ser considerado funcional se apresentar relevância tanto para o bem estar e a saúde quanto para a redução do risco de uma doença (MORAES e COLLA, 2006).

Segundo Prior e Cao (2000), as frutas são reconhecidas como um alimento funcional, pois além da função de nutrir para manutenção do bom funcionamento do organismo, seu valor é associado às substâncias que possuem propriedades protetoras, na maioria dos casos devida sua atividade antioxidante.

Na região Amazônica, embora o açaí seja bem explorado, existem várias outras espécies de frutíferas que possuem um grande potencial a ser utilizado, na forma de alimentos funcionais, dentre as quais podemos citar algumas palmeiras como bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã.

3.3.1- Radicais livres: mecanismo de ação

Um radical livre pode ser definido como qualquer substância capaz de existência independente, que contém um ou vários elétrons desemparelhados. De maneira simplificada, o termo radical livre refere-se a átomo ou molécula altamente reativa, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. O radical livre mais simples é o hidrogênio atômico. Muitos radicais livres existem em sistemas vivos (alguns benéficos, outros maléficos, e outros, ainda, ambos os papéis), embora a maioria das moléculas sejam não-radicais *in vivo* (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1999).

Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias, ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) esta relacionado com o seu sítio de formação (BIANCHI e ANTUNES, 1999). Os radicais podem ser formados por diversos mecanismos, como a adição de um único elétron a um não-radical, e também quando uma ligação covalente é quebrada e se um elétron dos pares da ligação permanecer em cada átomo (fissão homolítica) (HALLIWELL, 2006).

Na literatura, são usadas diferentes terminologias para descrever radicais de oxigênio e relativos (não radicais), dentre os quais se destaca Espécie Reativa de Oxigênio (ROS), um termo característico que inclui não somente os radicais de O₂, mas alguns derivados não radicais de O₂ (HALLIWELL, 2006). Dentre as principais ROS encontram-se o oxigênio singlete (¹O₂); o radical superóxido (O₂^{•-}); o radical hidroxila (OH[•]) e alcoxila (RO[•]). O termo ROS também tem sido estendido a espécies reativas do nitrogênio, como o peroxinitrito (ONOO[•]); do cloro, como o triclorometil (CCl₃[•]) e do bromo, como o ácido hipobromítico (HOBr[•]). O óxido nítrico (NO[•]), uma molécula importante de sinalização nos animais e plantas, é um radical livre e suas propriedades radicais explicam muitas de suas ações biológicas (HALLIWELL, 2006).

Embora certo nível de ROS esteja envolvido na regulação de processos fisiológicos, o excesso na produção destas espécies leva a superestimulação de algumas vias intracelulares, o que está associado ao aparecimento de diversas doenças. A própria natureza reativa destas espécies leva a modificações em biomoléculas, provocando alterações em suas estruturas e funções (CERQUEIRA et al., 2007).

Se dois radicais livres se encontram, podem juntar-se a seus elétrons desemparelhados para formar uma ligação covalente. Assim o NO° e $\text{O}_2^\circ-$ reagem rapidamente para formar um produto não-radical, peroxinitrito (ONOO^-), que, em pH fisiológico, é rapidamente protonado a ácido peroxinitroso (ONOOH). O ácido peroxinitroso, um agente de oxidação poderoso, pode danificar diretamente proteínas, lipídios e DNA, e igualmente causar dano biológico ao submeter-se a novas reações com formação de produtos nocivos (BECKMAN e KOPPENOL, 1996; HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1999).

Quando um radical livre reage com o um não-radical, resulta em um novo radical, e várias reações em cadeia podem ocorrer, tais como:

- 1) Um radical pode se adicionar a outra molécula e o redutor ainda apresenta um elétron desemparelhado, por exemplo, o OH° se adiciona na estrutura do anel da guanina no DNA, o produto inicial é um radical 8-hidroxi-2-desoxiguanosina, que poderá ser submetido à oxidação em uma lesão mutagênica. Igualmente, o radical hidroxila (OH°) ataca outras bases nitrogenadas e o açúcar desoxirribose no DNA, produzindo danos maciços (EVANS et al., 2004);
- 2) Um radical pode ser um agente de redução doando um único elétron, como no caso da toxicidade do paraquat (PQ^{2+}) às plantas, aos animais e às bactérias, que envolve sua redução ao cátion radical de paraquat ($\text{PQ}^\circ-$) em uma reação catalisada por enzimas celulares, com a formação de $\text{O}_2^\circ-$ (HALLIWELL, 2006).
- 3) Um radical pode ser um agente de oxidação, tomando um único elétron de um não-radical deixando um elétron desemparelhado, como por exemplo, o OH° oxida o carbonato em radical carbonato (HALLIWELL, 2006).
- 4) Um radical reativo (por exemplo, NO° ou $\text{O}_2^\circ-$) pode subtrair um átomo de hidrogênio de uma cadeia de hidrocarboneto de um resíduo de ácido graxo poliinsaturado (PUFA) da membrana. Os radicais carbonos-centrados reagem

rapidamente com O₂ para gerar os radicais peroxil que são reativos para oxidar proteínas da membrana e atacar as cadeias laterais adjacentes de PUFA, provocando uma reação em cadeia (FAM and MORROW, 2003).

Os radicais livres e espécies relacionadas (ROS) podem produzir dano oxidativo nas macromoléculas biológicas, como lipídeos, proteínas, carboidratos e ácidos nucléicos, com consequências críticas para a célula e estão associados ao processo de envelhecimento e a numerosas patologias, tais como: doenças cardiovasculares, pulmonares, determinados tipos de câncer e doenças como Alzheimer, Parkinson, etc, (WITZUM, 1994; FERREIRA e MATSUBARA, 1999; HALLIWELL, 1999).

3.3.2 – Antioxidantes: mecanismos de proteção

Antioxidante foi definido por HALLIWELL & GUTTERIDGE (1999) como alguma substância que, presente em concentrações baixas, comparadas com as do substrato oxidante, previne significativamente ou retarda a oxidação deste. Como substrato oxidável pode ser considerado grande parte das moléculas orgânicas e inorgânicas que se encontram nas células vivas, como proteínas, lipídeos, hidratos de carbono e as moléculas de DNA (GUTIÉRREZ, 2002). Os antioxidantes servem para manter baixos os níveis de radicais livres, permitindo-os executar funções biológicas úteis sem demais danos (HALLIWELL, 2006).

Se o balanço entre as espécies reativas de oxigênio (ROS) e antioxidantes for invertido, ou seja, existir mais ROS em relação aos antioxidantes disponíveis, seria um estado de estresse oxidativo (HALLIWELL, 2006). O termo “estresse oxidativo” é referido como um distúrbio no balanço pro-oxidante-antioxidante em favor do primeiro, conduzindo a danos potenciais (SIES, 1991).

Os antioxidantes agem nos organismos vivos por diferentes mecanismos, tais como: complexação com íons metálicos, captura de radicais livres, deposição de peróxidos, inibição de enzimas responsáveis pela geração ROS e modulação de vias sinalizadoras celulares (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1999; OLIVEIRA et al., 2009). Os antioxidantes são capazes de neutralizar os radicais livres produzidos durante o processo de envelhecimento

e têm uma função potencial de prevenir algumas doenças crônicas, tais como doenças cardiovasculares, desordens neurológicas e processos inflamatórios (ARRANZ et al., 2008).

Silva et al. (2009) ressaltaram que o sistema de defesa antioxidante no organismo humano é constituído por substâncias que podem ser de origem endógena, como as enzimas produzidas pelo próprio organismo exposto, o ácido úrico, entre outros, ou de origem exógena, sendo obtidas através da dieta.

Schrader & Fahimi (2004) e Halliwell (2006) relataram a atividade dos principais grupos de enzimas antioxidantes, tais como:

- 1) Superóxido dismutase (SOD): remove O_2^- catalisando sua dismutação, um O_2^- que está sendo reduzido a H_2O_2 e outro oxidado a O_2 . Os animais possuem SOD contendo manganês no sítio-ativo (MnSOD) e também cobre e zinco (CuZnSOD).
- 2) Catalases: a maioria ou toda a *catalase* das plantas e animais estão presentes nos peroxissomas, atua em substratos como o glicolato, ácido úrico e aminoácidos, transformando o H_2O_2 produzido por enzimas oxidases, em H_2O e O_2 ;
- 3) Glutationa peroxidase (GSH Px): uma família de enzimas que contém selênio e que removem H_2O_2 reduzindo a lipoperóxido, usando como agente redutor a glutationa redutase.
- 4) Glutationa redutase (GSH Rd): reduz o produto, a glutationa oxidada (GSSG) para a forma sulfidril (GSH), numa reação dependente de nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato reduzida (NADPH).

Existem também os chamados antioxidantes sacrificiais, que são agentes oxidados preferencialmente pela molécula reativa para preservar algumas biomoléculas mais importantes. Como exemplo, cita-se o ácido ascórbico, que pode limpar a maioria de ROS, incluindo O_2^- , OH° , RO_2° , e $ONOOH$. Os tocoferóis são bons limpadores de radicais peroxil e ajudam a proteger as membranas contra peroxidação de lipídeos, interrompendo a reação em cadeia. Outros exemplos destes incluem carotenóides, ácido úrico e albumina do plasma (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 2006).

Além dos efeitos protetores dos antioxidantes endógenos, a introdução de antioxidantes por meio na dieta é extremamente importante. Os antioxidantes atuam na

intercepção dos radicais livres oriundos de processos oxidativos, por isso sua reposição deve ser contínua, mediante a ingestão de alimentos que contenham nutrientes ricos nestes compostos. As frutas são constantemente indicadas como boas fontes de antioxidantes.

3.3.3- Compostos bioativos

Os vegetais, especialmente as frutas, contêm compostos bioativos que são capazes de restringir a propagação das reações em cadeia e as lesões induzidas pelos radicais livres (BIANCHI e ANTUNES, 1999; OLIVEIRA et al., 2009). Estes compostos, por apresentarem propriedade antioxidante, atuam retardando a velocidade da reação de oxidação, protegendo o organismo contra as espécies reativas de oxigênio (HALLIWELL, 2006).

Os compostos bioativos variam extensamente em estrutura química e, consequentemente, em função biológica. No entanto, possuem algumas características em comum: pertencem a alimentos do reino vegetal, são substâncias orgânicas e geralmente de baixo peso molecular, não são sintetizados pelo organismo humano e apresentam ação protetora para a saúde quando presentes na alimentação em quantidades significativas (HORST e LAJOLO, 2007). Fazem parte deste grupo de compostos, polifenóis, carotenóides, ácido ascórbico e fitoesteróis.

Melo et al. (2009) relataram que a eficiência da ação antioxidante dos compostos bioativos depende de sua estrutura química e da concentração no alimento, cujo conteúdo é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, grau de maturação, variedade da planta, entre outros.

3.3.3.1- Polifenóis

Os polifenóis ou compostos fenólicos são um grupo diversificado de metabólitos secundários das plantas, derivados da fenilalanina e tirosina, com mais de 8000 estruturas conhecidas, sendo considerados os antioxidantes mais abundantes da dieta. Sua atividade antioxidante é devida principalmente as suas propriedades de óxido-redução (BRAVO, 1998; OU et al., 2002; MELO et al., 2008).

Dentre as principais fontes de compostos fenólicos estão incluídas as frutas cítricas, cereja, uva, maçã, ameixa, etc., além da pimenta verde, brócolis, repolho roxo,

cebola, alho e tomate, que também podem ser consideradas boas fontes (PIMENTEL et al., 2005). Nos alimentos, estes compostos são responsáveis, pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (NACZK & SHAHIDI, 2004).

O grupo de compostos fenólicos se encontra dividido em várias classes, conforme o esqueleto carbônico dos fitoquímicos, dentre as quais se destacam aquelas que são largamente distribuídas na natureza, como os flavonóides, ácidos fenólicos e cumarinas (BRAVO, 1998; ANGELO e JORGE, 2007).

Os flavonóides são os compostos mais estudados como antioxidantes. A estrutura química (Figura 2) consiste em dois anéis aromáticos (A e B) unidos por 3 carbonos que formam um anel heterocíclico (C) (ANGELO e JORGE, 2007). Existem aproximadamente 4000 flavonóides já descritos, sendo que as maiores subclasses são flavonóis, catequinas ou flavonas, antocianidinas e isoflavonas, com grandes variações estruturais dependendo do nível de hidrogenação, hidroxilação, metilação e sulfonação das moléculas. Os flavonóides também podem formar complexos com açúcar, lipídeos, aminas e ácidos carboxílicos (SUN et al., 2002; CERQUEIRA et al., 2007).

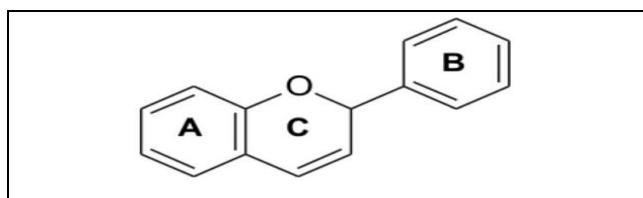


Figura 2. Estrutura química base dos flavonóides.
Fonte: Angelo e Jorge (2007).

Por seus inúmeros efeitos biológicos, como seqüestro de espécies reativas de oxigênio (ROS), modulação da atividade de algumas enzimas específicas, inibição da proliferação celular, além do seu potencial como agente antibiótico, antialergênico e antiinflamatório, os polifenóis tem sido alvo de muitos trabalhos científicos (KNEKT et al., 1997; MANACH et al., 2004; HORST e LAJOLLO, 2007).

Os flavonóides são os polifenóis mais comuns na dieta, correspondendo a aproximadamente 1/3 da ingestão diária. Seu consumo dietético pela população brasileira foi estimado entre 60 a 106 mg/dia (ARABBI et al., 2004), enquanto que um estudo citado por Horst e Lajolo (2007) sugeriu que a ingestão mínima total de polifenóis por dia seja de 1 g.

É importante ressaltar alguns requisitos na estrutura química dos flavonóides que são provavelmente responsáveis pela atividade de neutralização dos radicais livres, como, por exemplo, a presença do grupo orto-dihidroxil ou grupo catecol no anel B. Assim, a miricitina é considerada um dos compostos que apresenta uma melhor relação estrutura/atividade antioxidante, seguida pela quercetina (SILVA, 2002).

De uma maneira geral, os polifenóis e em particular os flavonóides apresentam estrutura ideal para o seqüestro de radicais, sendo considerados antioxidantes bastante efetivos. Sabe-se que sua atividade antioxidante depende da estrutura e pode ser determinada por 5 fatores: reatividade como agente doador de H e elétrons, estabilidade do radical flavanoil formado, reatividade frente a outros compostos antioxidantes, capacidade de quelar metais de transição e solubilidade e interação com as membranas (BARREIROS et al., 2006).

Grande parte das ações biológicas dos flavonóides pode ser atribuída às suas propriedades antioxidantes, seja através de sua capacidade redutora, seja por meio da influência que exercem no estado redox do meio intracelular (WILLIANS et al., 2004). Jardini e Mancini-Filho (2007), determinando o potencial antioxidante na polpa e nas sementes de romã, observaram uma relação com a presença de compostos com capacidade redutora, identificados por cromatografia em camada delgada como compostos fenólicos.

Nos últimos anos, a busca por alimentos que são boas fontes de antioxidantes naturais impulsionou os estudos para determinação de compostos presentes em espécies vegetais que poderiam estar relacionados à atividade antioxidante. Lima et al. (2004) evidenciaram que a atividade antioxidante encontrada no broto de feijão-mungo está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos, assim como ocorreu com a canela e o germe de trigo. Ismail et al. (2004) e Liu et al. (2007), analisando uma larga variedade de vegetais, também observaram a relação entre o potencial antioxidante e a presença de compostos de natureza fenólica.

Kuskoski et al. (2006), avaliando frutas tropicais silvestres e polpas congeladas, também observaram uma correlação direta entre os valores polifenóis totais e antocianinas e os valores de atividade antioxidante. O mesmo foi verificado por Rufino et al. (2010) no estudo que avaliou os compostos bioativos e capacidade antioxidante de dezoito espécies de frutas tropicais não-tradicionais do Brasil.

Roesler et al. (2007), estudando frutas do cerrado brasileiro, relataram que embora algumas espécies possuam excelente capacidade antioxidante, faz-se necessário a realização de estudos adicionais para isolamento e caracterização dos constituintes fenólicos responsáveis por essa atividade e, finalmente, a elucidação do mecanismo de ação dos compostos encontrados, incluindo o possível sinergismo entre eles.

3.3.3.2- Carotenóides

Os carotenóides são compostos tetraterpenóides que formam um dos grupos de pigmentos mais difundidos na natureza, sendo responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de um grande número de vegetais (RODRIGUES-AMAYA, 1999; BOBBIO & BOBBIO, 2001).

A importância dos carotenóides não é somente atribuída à coloração que conferem a determinadas frutas e hortaliças, mas também aos benefícios à saúde, tanto pela atividade pró-vitamínica A que alguns destes compostos apresentam, como pela ação antioxidante e imunoduladora (DAVISON et al., 1993).

Já foram identificados cerca de 600 tipos de carotenóides, mas somente 30 a 40 estão presentes na alimentação, e 13 compostos e 8 metabólitos são encontrados em tecidos humanos, variando conforme as dietas individuais (HORST e LAJOLO, 2007). Entre estes, estão incluídos como principais, o β -caroteno, licopeno e a luteína, cuja estrutura química pode ser observada na Figura 3.

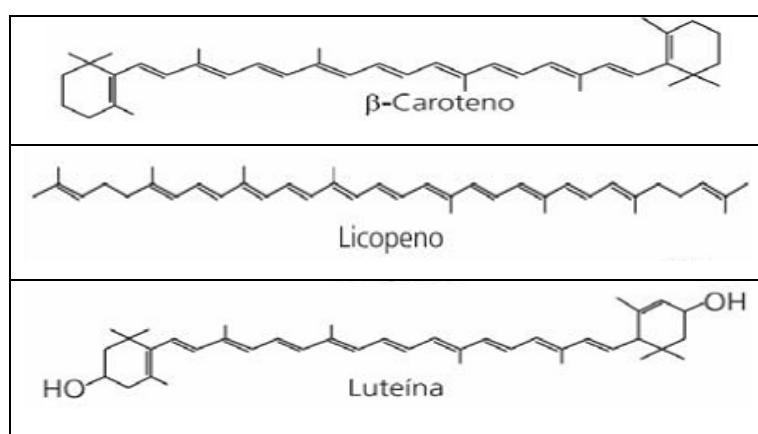


Figura 3. Estrutura química dos principais carotenóides.
Fonte: Moraes e Colla (2006).

A partir da década de 90, surgiu o interesse na função antioxidante dos carotenóides, que constantemente vem sendo relacionado à proteção contra doenças crônicas-degenerativas não transmissíveis (CERQUEIRA et al., 2007). Em geral, a capacidade antioxidante destes compostos está relacionada à desativação de radicais livres e ao seqüestro do oxigênio singlete. Os carotenóides removem os radicais peróxidos, modulam o metabolismo carcinogênico, inibem a proliferação celular, estimulam a comunicação entre células e elevam a resposta imune (SHAMI e MOREIRA 2004; UENOJO et al., 2007). Para Moraes e Colla (2006), devido à sua estrutura, atuam protegendo as estruturas lipídicas da oxidação ou por seqüestro dos radicais livres gerados no processo foto-oxidativo. Entre as reações *in vitro* bem estabelecidas dos carotenóides como antioxidantes, encontram-se as reações com o radical alquilperoxila (ROO^\bullet) (El-AGAMEY et al., 2004).

É importante destacar que a atividade dos carotenóides pode ser influenciada pelos seguintes fatores: estrutura, forma física, concentração, localização ou sítio de ação da molécula no interior da célula, potencial de interação com outros compostos antioxidantes (especialmente vitaminas C e E) e pressão parcial do oxigênio (YOUNG e LOWE, 2001; CERQUEIRA et al., 2007).

Entre os alimentos fontes de carotenóides estão, a abóbora, cenoura, manga, entre outros. No entanto, o buriti e dendê, que são frutos de palmeiras, destacam-se como as fontes mais ricas de provitamina A encontradas no Brasil (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996). Rosso e Mercadante (2007), estudando os carotenóides em algumas espécies de palmeiras da Amazônia, entre as quais buriti, pupunha e tucumã, encontraram valores de 513, 197 e 62 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Oboh (2009) analisando a polpa de tucumã obteve 1350 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno, enquanto Mambrim e Barrera-Arellano (1997) caracterizando frutos de palmeiras da região Amazônia, como bacaba e tucumã, encontraram valores para carotenóides totais de 2,9 e 24,2 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

3.3.3.3. Ácido ascórbico

A vitamina C ou ácido ascórbico é um composto hidrossolúvel, cristalino e muito instável, podendo ser facilmente oxidada pelo calor, alcalinidade, presença de luz UV, oxigênio, metais (Fe e Cu), etc. Apresenta uma grande variedade de funções em processos

vitais, tais como: formação do colágeno, metabolismo de aminoácidos, absorção do ferro e principalmente como antioxidante (PELÚZIO e OLIVEIRA, 2006).

Halliwell & Gutteridge (1999) ressaltaram que além da importante função nutricional, a vitamina C é um potente agente redutor, capaz de reduzir a maioria das espécies reativas de oxigênio (ROS) que chegam ou são formadas nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos. É comumente encontrada no nosso organismo na forma de ascorbato. A Figura 4 apresenta a estrutura química do ácido ascórbico.

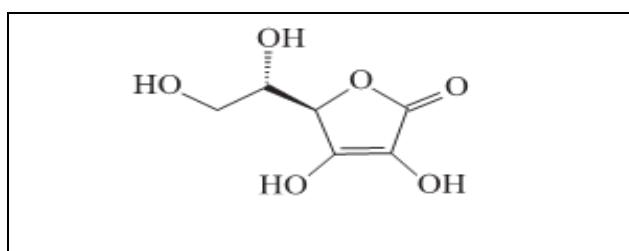


Figura 4. Estrutura química do ácido ascórbico.

Fonte: Cerqueira et al. (2007)

Em ensaios biológicos com animais, os benefícios obtidos na utilização terapêutica da Vitamina C incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos. Alguns estudos epidemiológicos também atribuem a esta vitamina uma possível função de proteção no desenvolvimento de tumores nos seres humanos (BIANCHI e ANTUNES 1999).

Devido a estas propriedades, recomenda-se a ingestão diária de doses maiores de ácido ascórbico, para proteção contra o desenvolvimento de doenças crônicas, cardiovasculares e de alguns tipos de câncer (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1999; BARREIROS et al., 2006). A Organização mundial de Saúde (OMS) recomenda o consumo entre 15 a 60 mg/dia para pessoas adultas sadias.

Dentre as frutas tropicais já estudadas, duas merecem destaque como fontes promissoras de vitamina C, o camu-camu, que apresentou valores entre 1410 a 2994 mg/100g (VILLACHICA, 1996; JUST et al., 2000; ALVES et al., 2000; RODRIGUES & MARX, 2002) e a acerola, com valores entre 1021 a 1836 mg/100g (ALVES et al., 1995; MOURA et al., 2008). Para o açaí, que é um fruto pertencente à família Arecaceae, Rufino et al. (2010) relataram conteúdo de vitamina C de 80 mg/100g de matéria fresca. Matos et al. (2010), observaram na pupunha teores de 16,5 mg/100g.

3.3.4- Principais métodos para avaliação da atividade antioxidante *in vitro*

A atividade antioxidante *in vitro* de substâncias biologicamente ativas pode ser avaliada por vários métodos, porém estas determinações possibilitam apenas obter uma idéia aproximada do que ocorreria em situações complexas *in vivo*. A capacidade antioxidante de um alimento não é dada somente pelo somatório das atividades antioxidantes de cada um de seus constituintes, mas também depende do microambiente em que se encontra o composto, uma vez que estes interagem entre si podendo produzir efeitos sinergéticos ou inibitórios (KUSKOSKI et al., 2005).

Dentre os métodos utilizados para determinação da capacidade antioxidante *in vitro* destacam-se: β-caroteno/ácido linoléico; Radical DPPH, ORAC, ABTS, FRAP, etc. Nesse trabalho abordaremos três deles:

3.3.3.1- Sistema modelo β-caroteno/ácido linoléico

O método β-caroteno/ácido linoléico permite avaliar a capacidade de um composto prevenir a oxidação do β-caroteno, protegendo-o dos radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoléico. Este método foi originalmente desenvolvido por Marco (1968) e modificado por Miller (1971) e consiste em um ensaio espectrofotométrico a 470 nm que se baseia no monitoramento da perda da coloração do β-caroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoléico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). A atividade antioxidante é expressa como percentual de inibição da oxidação e o resultado é comparado com a ação do antioxidante sintético Trolox (RUFINO et al., 2006).

O sistema β-caroteno/ácido linoléico tem sido amplamente utilizado para avaliar a capacidade antioxidante tanto de substâncias isoladas de extratos vegetais, quanto de frutas e bebidas (ALVES et al., 2010).

Rufino et al. (2010), avaliando a atividade antioxidante de 18 frutas tropicais brasileiras, dentre as quais duas palmeiras, açaí e juçara, observaram percentuais de Inibição de Oxidação (IO) de 31,9 e 70,8%, respectivamente. Matos et al. (2010) encontraram percentuais de IO de 79,81 e 64,64% para as concentrações 5,0 g.L⁻¹ e 2,5 g.L⁻¹, respectivamente, em pupunha.

3.3.3.2-Capacidade de seqüestrar o radical estável DPPH

O radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) é estável e tem sido amplamente usado para avaliar a capacidade de antioxidantes naturais em seqüestrar radicais livres (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Este método se baseia na medida da atividade antioxidante de um composto em seqüestrar o radical DPPH, reduzindo-o a hidrazina, com mudança simultânea na cor de violeta para amarelo pálido (ALVES et al., 2010).

A atividade do radical DPPH é acompanhada pelo monitoramento do decréscimo da absorbância a 515 nm, que ocorre devido à reação com algum antioxidante ou radical livre (MILIAUSKAS, et al., 2004; LUZIA et al., 2010). Para ALVES et al. (2010), do ponto de vista metodológico, o método DPPH é considerado um dos mais simples, precisos e reproduutivos na avaliação da atividade antioxidante de sucos de frutas, extratos vegetais e substâncias puras, tais como terpenóides.

Sanchez-Moreno et al. (1998) propuseram uma metodologia para avaliação da atividade antioxidante levando em conta não somente a concentração do antioxidante, mas também o tempo da reação necessário para seqüestrar este radical. A partir daí foram introduzidos os seguintes parâmetros cinéticos: o EC₅₀, que é a quantidade de antioxidante necessária para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical; t_{EC50}, que corresponde ao tempo que essa concentração necessita para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical; além da eficiência anti radical (AE) – 1/(EC₅₀ x t_{EC50}), que leva em consideração os outros dois fatores (RUFINO et al., 2007).

Rufino et al. (2010), estudando a atividade antioxidante de dezoito espécies de frutas tropicais, incluindo as palmeiras açaí e juçara, encontraram valores de EC₅₀ de 598 e 70 g.g⁻¹ DPPH , respectivamente.

3.3.3.3- Capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC)

O método ORAC originalmente desenvolvido por Cao et al. (1993) se baseia na propriedade fluorescente de proteínas como a β-ficoeritrina (B-PE). O radical peroxil, gerado pela reação do AAPH [dicloreto de 2,2 azobis-(2-amidinopropano)] com o oxigênio atmosférico reage com o indicador fluorescente formando um produto não fluorescente que pode ser medido por espectrofotometria. (ALVES et al., 2010).

O antioxidante adicionado ao meio reage com os radicais, doando átomos de hidrogênio e inibindo a perda da intensidade da fluoresceína, sendo que esta inibição é proporcional a atividade antioxidant (WU et al., 2004).

Para quantificação da perda da fluoresceína, utiliza-se a técnica da área sob a curva de decréscimo (AUC), uma vez que a perda da FL segue uma cinética exponencial com o tempo. O Trolox é usado em concentrações conhecidas para obtenção de uma curva padrão e o resultado final é expresso em micro molar de trolox / grama de fruta (PEREIRA, 2009).

Há uma tendência mundial em adotar o ORAC como padrão para medir capacidade antioxidante em alimentos (DUXBURY, 2005). Entre as razões, podemos citar algumas vantagens do ORAC em relação aos demais métodos que usam a absorbância, pois utiliza a fluoresceína como medida do dano oxidativo, ocorrendo assim menor interferência de compostos coloridos presentes nas amostras. Também o uso do radical peroxila como pró-oxidante confere maior significado biológico em relação a ensaios que utilizam antioxidantes que não são pró-oxidantes fisiológicos (LIMA, 2008).

Segundo Ou et al. (2001) o ORAC possibilita a determinação da capacidade antioxidante de compostos hidrofílicos e lipofílicos versus radicais peroxila. Tem sido empregado para avaliar a atividade antioxidante de uma variedade de alimentos, como frutas, chás, vinhos, etc. (OU et al., 2002). Kang et al. (2010) utilizando o ORAC para avaliar a atividade antioxidante na polpa de açaí, encontraram valores variando de 1420 a 1480 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$ de matéria seca .

3.4. Óleos vegetais de frutos de palmeiras

Na última década, verificou-se um aumento do total do consumo brasileiro de óleos vegetais, estimado em torno de quatro milhões de toneladas (TURATTI et al., 2002). No Brasil, embora o óleo mais consumido seja o óleo de soja a demanda por óleos com uma composição especial vem aumentando.

Palmeiras pertencente à família botânica Arecaceae (açaí, murumuru, pupunha, tucumã, etc.) têm merecido atenção especial pelo seu potencial oleaginoso (CLEMENT, 2000). Os frutos dessas espécies fornecem elevados percentuais de óleo no mesocarpo, alguns na amêndoia, e outros, em ambos, podendo constituir-se em matéria-prima valiosa para

produção de óleos com características físico-químicas e nutritivas de alto valor para a indústria de alimentos e/ou cosmética (CLEMENT et al., 2005).

Para GIOIELLI (1996), as matérias-primas a serem utilizadas para o processamento industrial visando à obtenção de óleos e gorduras devem atender determinadas exigências. O teor de óleo mínimo na matéria prima deve ser em torno de 15% e o subproduto da extração, comumente chamado de torta ou farelo, também deve ter aplicação comercial. Os óleos e gorduras vegetais geralmente ocorrem em sementes oleaginosas (18-70%) e polpa de frutos (30-58%), já o resíduo da extração, normalmente é aproveitado na formulação de ração animal.

Segundo Rodrigues et al. (2010), os frutos de palmeiras como buriti, inajá e tucumã apresentam um percentual de óleo em torno de 38,4; 35,5 e 38,4%, respectivamente. Na bacaba, Mambrin e Barrera-Arellano (1997) encontraram um valor de 24,8%. Yuyama et al. (2003), estudando diferentes populações de pupunha, observaram uma variação no teor de óleo entre 7,7 – 11,1%.

Os óleos extraídos das amêndoas, em geral, apresentam invariavelmente cadeias carbônicas curtas (12 a 16 átomos de carbono) e saturadas. São mais estáveis, o que garante uma maior preservação e menor possibilidade de degradação oxidativa (CASTRO et a., 2006). Estes óleos podem ser utilizados com fins alimentares e industriais (ácido lúrico). Para Albiero et al. (2007), o uso para fins comestíveis tem sofrido declínio constante devido a duas razões: substituição por óleos mais acessíveis e a tendência dos consumidores de optarem por óleos e gorduras não saturadas.

Os óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras, como tucumã, buriti, bacaba, etc., apresentam uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados (ácido oléico), possuindo uma melhor qualidade nutricional. Além disso, podem representar uma boa fonte de compostos funcionais como fitoesteróis, carotenóides e tocoferóis que podem ser aproveitados na dieta ou utilizados no preparo de diversos produtos direcionados ao mercado de alimentos.

Segundo Remédios et al. (2006), a valorização econômica de óleos vegetais extraídos dos frutos de algumas palmeiras da região Amazônica passa pelo melhoramento tecnológico de uma cadeia produtiva que envolve: o cultivo, a extração dos óleos e a

caracterização de suas propriedades que favoreçam aos interesses das indústrias que trabalham com estes produtos.

3.4.1-Características nutricionais dos óleos

Os óleos vegetais são formados principalmente por triglicerídeos, ésteres de ácidos graxos com glicerol (NELSON e COX, 2010). Os triglicerídeos, devido às diferentes funcionalidades presentes em sua estrutura química, éster e insaturações, apresentam uma grande versatilidade reacional (SUAREZ et al., 2007). A Figura 5 apresenta a estrutura de um triglycerídeo.

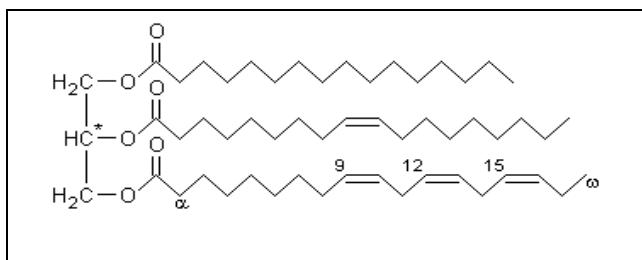


Figura 5. Estrutura química de um triglycerídeo.

Fonte: Adaptado de (NELSON e COX, 2010).

Os triglycerídeos constituem o grupo de composto majoritário, chegando a representar normalmente 95-97% do total em óleos brutos (MORETTO e FETT, 1998). Os mono e diglycerídeos ainda que se encontrem na forma natural em pequena quantidade nos óleos, podem ser resultado da hidrólise dos triglycerídeos. Dentro de cada espécie de triglycerídeo também se pode estabelecer outra classificação em função do tipo de ácido graxo e a posição do mesmo dentro da molécula (MARTÍNEZ, 2007).

No azeite de oliva, os principais triglycerídeos são a trinoleína (OOO) e a dioleilpalmitina (OOP), com percentuais de 40 e 24%, respectivamente (MATAIX e MARTÍNEZ, 1988). Estudos sobre a composição de triglycerídeos nos óleos de bacaba (ANTONIOSI FILHO et al., 1995) e buriti (SARAIVA et al., 2009) também identificaram OOO e OOP como as espécies de triglycerídeos majoritárias em ambos os óleos.

Os ácidos graxos têm uma participação muito importante na constituição das moléculas de triglycerídeos, chegando a representar até 96 % do peso total dessas moléculas (MORETTO e FETT, 1998). São ácidos carboxílicos com cadeia hidrocarbonada, os de ocorrência mais comum apresentam um número par de átomos de carbono em uma cadeia não

ramificada de 12 a 24 carbonos. Em alguns ácidos graxos, essa cadeia é totalmente saturada (não contém ligações duplas) e em outros contém uma ou mais ligações duplas (NELSON e COX, 2010).

A biossíntese de ácidos graxos é a principal via metabólica, essencial para a função de todas as células vegetais. Seus produtos servem como principais constituintes das membranas celulares e nas células especializadas, os ácidos graxos e seus derivados podem atuar como moléculas de sinalização e como armazenamento de carbono e energia. Nos vegetais, os ácidos graxos são sintetizados exclusivamente nos plastídios (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A determinação dos ácidos graxos é fundamental para conhecimento da qualidade dos óleos, verificação do efeito do processamento, adequação nutricional do lipídeo ou do alimento que o contém (MACHADO et al., 2006). Para Costa Neto et al. (2000), a análise da composição de ácidos graxos constitui o primeiro passo para uma avaliação preliminar da qualidade do óleo bruto e/ou de seus produtos de transformação.

Dependendo da espécie oleaginosa, podem ocorrer variações na composição química do óleo vegetal. A Tabela 2 apresenta a composição dos principais ácidos graxos de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de algumas espécies de palmeiras, segundo os respectivos autores.

Tabela 2. Composição dos principais ácidos graxos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas, segundo os respectivos autores.

Ácidos graxos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
	Mambrín e Barrera-Arellano (1997)	Vásquez-Ocmín et al. (2010)	Rodrigues et al. (2010)	Yuyama et al. (2003)	Mambrín e Barrera-Arellano (1997)
Láurico (C ₁₂ :0)	-	-	3,7	-	-
Mirístico (C ₁₄ :0)	-	-	7,6	-	-
Palmítico (C ₁₆ :0)	23,4	19,6 – 21,6	20,1	24,1 – 42,3	22,6
Esteárico (C ₁₈ :0)	3,2	1,4 – 1,8	3,5	0,8 – 3,5	3,0
Oléico (C ₁₈ :1)	57,1	71,6 – 75,6	52,4	42,8 – 60,8	64,7
Linoléico (C ₁₈ :2)	14,0	2,1 – 3,7	8,9	2,5 – 5,4	4,7

Os óleos extraídos da polpa dos frutos de palmeiras podem ser considerados boas fontes de ácidos graxos insaturados. Estudos mostram que o consumo de dietas ricas em

ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados reduz a incidência de doenças coronarianas, enquanto que a ingestão de ácidos graxos saturados aumenta a concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) na corrente sanguínea, elevando o risco de doenças cardiovasculares (BINKOSKI et al., 2005).

Nos óleos vegetais, além dos ácidos graxos, os principais componentes nutricionais de interesse são os tocoferóis, fitoesteróis e os carotenóides. Provavelmente graças à presença desses constituintes, alguns tipos de óleos vegetais são caracterizados como alimentos funcionais.

3.4.1.1. Fitoesteróis

Os fitoesteróis conhecidos como esteróis vegetais são componentes naturais dos óleos vegetais (LOTTENBERG, 2009). São sintetizados em plantas e se assemelham em termos de estrutura e função ao colesterol nos animais (HOUNSOME et al., 2008).

Os fitoesteróis foram reconhecidos como substâncias biológicas preventivas contra o câncer junto com outros produtos do metabolismo secundário das plantas (HARRABI et al., 2008). Mais de 200 tipos diferentes de fitoesteróis já foram relatados em plantas e 40 aproximadamente identificados, o sitosterol e campesterol são os mais abundantes e em média compreendem 65 e 30%, respectivamente, da ingestão dietética de esteróis vegetais (ROS, 2006; COSTA et al., 2010). A Figura 6 mostra a estrutura química do β -sitosterol, que é o composto majoritário em plantas.

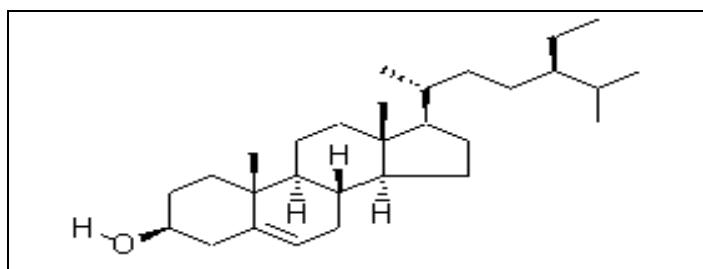


Figura 6. Estrutura química do β -sitosterol.

Fonte: Riveros e Barrita (2006).

Em função da sua estrutura molecular, podem contribuir de forma seletiva para a diminuição da absorção do colesterol no intestino, reduzindo assim os níveis de LDL e de colesterol total no organismo (ANJO et al., 2004; LAGARDA et al., 2006; COSTA et al.,

2010). Existem numerosos estudos clínicos controlados que indicam que o consumo de fitoesteróis em doses de 1,5-4g/dia diminui a colesterolemia em média 10% (KATAN et al., 2003; ROS, 2006).

No ano de 2004, a Comissão das Comunidades Européias permitiu o uso de fitoesteróis em alimentos, restringindo o consumo máximo a 3 g/dia, devendo ser declarados na lista de ingredientes do produto (RIVEROS e BARRITA, 2006). A ingestão média diária de fitoesteróis varia entre 200 e 400 mg, mas apenas 1% é absorvido (THOMPSON & GRUNDY, 2005). As fontes onde se encontram de fitoesteróis são variadas e em geral podemos mencionar algumas frutas, grãos e óleos vegetais (WHITAKER & LUSBY, 1989).

Os óleos vegetais de milho, girassol, soja e canola encontram-se entre as principais fontes de fitoesteróis (WHITAKER & LUSBY, 1989). Óleos vegetais extraídos das sementes de frutos de palmeiras, como inajá, pupunha e tucumã, também apresentaram grandes quantidades de fitoesteróis, com valores variando entre 1088–1356; 2001–2037 e 3383–3719 mg kg⁻¹, respectivamente (BEREAU et al., 2003).

3.4.1.2- Tocoferóis

Os tocoferóis são encontrados na natureza em quatro formas distintas (α , β , δ , γ), sendo o α -tocoferol a forma que apresenta maior atividade biológica e que está amplamente distribuída nos tecidos e no plasma (BIANCHI e ANTUNES, 1999; MORAES e COLLA, 2006). Tanto os tocoferóis como tocotrienóis ocorrem em uma variedade de isômeros que diferem na estrutura de acordo com o número e a localização de grupos substituintes no anel comanol (GUINAZI et al., 2009). A Figura 7 apresenta a estrutura química do α -tocoferol.

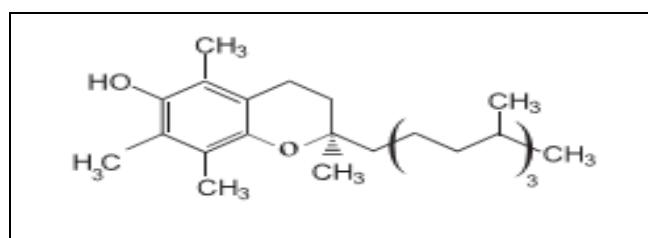


Figura 7. Estrutura química do α -tocoferol.
Fonte: Rodrigues et al. (2010).

O potencial antioxidante dos tocoferóis em meio biológico se diferencia na seguinte ordem: $\alpha > \gamma > \delta > \beta$ (MUNTEANU et al., 2004). A capacidade superior do α -

tocoferol em prevenir a peroxidação lipídica de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) foi demonstrada através de alguns estudos *in vitro*. O mecanismo de ação envolve a reação do α-tocoferol com o radical alquilperoxila, interrompendo a reação em cadeia pelo seqüestro dos radicais ROO[•] (CERQUEIRA et al., 2007). É permitido a adição de 300 mg/kg de tocoferóis em óleos e gorduras, como aditivos intencionais com função antioxidante (ABIA, 1999).

Os tocoferóis estão presentes na forma natural na maioria dos óleos vegetais. Por ser um importante antioxidante natural é amplamente aplicado como meio para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados (RODRIGUES et al., 2010) A atividade antioxidante dos tocoferóis é devido principalmente à capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres interrompendo a propagação em cadeia (RAMALHO e JORGE, 2005).

O óleo de girassol parece ser o mais rico em tocoferóis, seguido pelo de algodão, canola, amendoim, oliva, palma, milho, soja e coco (GUINAZI et al., 2009). Dentre os óleos de palmeiras, o óleo de buriti pode ser considerado uma excelente fonte de tocoferóis chegando a apresentar valores entre 1661 a 1890 mg kg⁻¹ (SILVA et al., 2009), o mesmo ocorre com o óleo de bacaba, que apresenta cerca de 1704 mg kg⁻¹ (MONTÚFAR et al., 2010), já nos óleos de inajá e tucumã (RODRIGUES et al., 2010) e pupunha (BEREAU et al., 2003) foram encontrados baixos conteúdos de tocoferóis.

Outro grupo de interesse também presente nos óleos vegetais são os carotenóides. São compostos lipofílicos que possuem atividade antioxidante e anticancerígena (ANJO, 2004). O potencial antioxidante dos carotenóides pode ser útil na inibição de outras doenças provocadas pela ação dos radicais livres (UENOJO et al., 2007). Segundo Ambrósio et al. (2006), o β-caroteno é um potente antioxidante com ação protetora contra as doenças cardiovasculares, uma vez que atua inibindo o processo de oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL), conhecida como mau colesterol.

Dentre os óleos vegetais que já foram estudados e que tiveram comprovadas as suas potencialidades como fontes de carotenóides, estão os óleos de dendê (MANORAMA et al., 1991) e de buriti (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996). O enriquecimento de alimentos com fontes naturais de β-caroteno, como os óleos de buriti e dendê, poderia ser uma alternativa eficiente para reverter o problema da hipovitaminose A no Brasil (AMBROSIO et al., 2006).

Segundo Kamal-Eldin (2006), os óleos vegetais apresentam diferenças na composição em ácidos graxos e no grau de insaturação, como também na concentração e qualidade dos compostos presentes na matéria insaponificável, como os tocoferóis, fitoesteróis e carotenóides. Estas características podem influenciar a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais e tecnológicas de cada tipo de óleo.

Outros constituintes menores, como os alcoóis, hidrocarbonetos e ceras também são encontrados nos óleos vegetais. Esses compostos podem ser utilizados para diferenciar distintos tipos de óleos. Segundo Frega et al.(1992), no azeite de oliva os principais alcoóis lineares presentes são Docosanol, Tetracosanol, Hexacosanol e Octacosanol.

3.4.2- Qualidade dos óleos

Os atributos de qualidade dos óleos vegetais podem ser agrupados em 3 categorias: analíticas, de pureza e sensoriais. Dentre essas, destacaremos parâmetros analíticos que, embora não sejam detectáveis pelo consumidor, são mensuráveis e permitem avaliar determinadas características dos óleos vegetais, como o índice de peróxidos e acidez.

O índice de peróxidos é definido como a quantidade de peróxidos na amostra que ocasiona a oxidação do iodeto de potássio a iodo, sendo expresso em milequivalentes de oxigênio ativo por quilograma de gordura (AENOR, 1991). Os peróxidos são produtos primários da oxidação de lipídeos, assim a degradação oxidativa e a estabilidade à oxidação de um óleo podem se avaliadas com o aumento do índice de peróxidos (FERRARI et al., 2005; MACHADO et al., 2006). Segundo Cecchi (2003), o índice de peróxidos é um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras.

No caso do azeite de oliva, a legislação estabelece índices de peróxidos inferiores a 20 meq O₂/kg para azeite virgem de qualidade. Vásquez-Ocmín et al. (2010) encontraram, no óleo de buriti, valores para índices de peróxidos entre (10,0 – 12,5 meq O₂/kg). Mambrin e Barrera-Arellano (1997) obtiveram índices de peróxidos considerados elevados (76 e 73 meq O₂/kg) em óleos de bacaba e tucumã, respectivamente. Já Ferreira et al. (2005) relataram, para os óleos de tucumã e inajá, índices de 2,990 e 16,255 meq O₂/kg, respectivamente.

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo. A acidez livre decorre da hidrólise de triglicerídeos, sendo que a variação do valor está diretamente relacionada com

a natureza, qualidade da matéria-prima, processamento e condições de conservação do óleo (MORETTO e FETTI, 1998). Para Machado et al. (2006), a acidez em óleos e gorduras brutas é decorrente da hidrólise enzimática que ocorre na semente ou no fruto em condições de elevada umidade.

Ferreira et al. (2008) analisando o óleo de tucumã encontraram índice de acidez ao redor de 5,5 mg KOH g⁻¹. Mambrin e Barrera-Arellano (1997), em óleos de bacaba e tucumã, observaram valores de índices de acidez muito variáveis (63,0 e 0,7 %), respectivamente. No óleo de buriti, Vásquez-Ocmín et al. (2010) encontraram valores de índices de acidez entre (2,1 – 3,5 %) e Bereau et al. (2003) encontrou, nos óleos de inajá e pupunha, índices de acidez (2,6 e 12,2 %), respectivamente.

Outra característica importante na avaliação da qualidade dos óleos é a determinação de sua estabilidade oxidativa. O equipamento Rancimat tem sido utilizado como um método para determinar à resistência do óleo a oxidação. Baseia-se no registro das variações da condutividade da água destilada, onde é feita a coleta de ácidos de baixo peso molecular obtidos após a iniciação forçada da oxidação a temperatura elevada, normalmente de 100 a 140°C (HASENHUETTI & WAN, 1992). A partir dos resultados, obtém-se como parâmetro o período de indução ou índice de estabilidade oxidativa, que é definido como tempo necessário para o óleo atingir nível de rancidez detectável ou surpreendente mudança na taxa de oxidação (SOUZA et al., 2007).

Para Hill (1994), a estabilidade constitui parâmetro global para avaliação da qualidade de óleos e gorduras que não depende somente da sua composição química e da qualidade da matéria-prima. Também reflete as condições de processamento e armazenamento até o momento de se realizar a determinação do período de indução. Ocmín-Vásquez et al. (2010) estudando a estabilidade oxidativa do óleo de três morfotipos de buriti encontraram um tempo de indução inferior a 7 horas.

De maneira geral, considera-se que um estudo referente à qualidade e potencial funcional da porção comestível e do óleo de frutos de palmeiras nativas oriundas do Amapá, gera conhecimentos sobre os benefícios do consumo deste tipo de frutas nativas ricas em lipídeos, permitindo avançar na identificação de seus usos potenciais e criar possibilidades de acesso a novos mercados com produtos diferenciados do ponto de vista nutricional e funcional.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação; **Compêndio da Legislação de Alimentos: Consolidação das Normas e padrões de Alimentos**, 7^a ver., vol 1. São Paulo, 1999.

AENOR (1991e) Norma UNE 55-023-73 para la determinación del índice de peróxidos. **Catálogo de Normas UNE**, Madrid.

ALBIERO, D. et al. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart) para a agricultura familiar. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 337-346, 2007.

ALENCAR, F. H.; YUYAMA, L. K. O.; VAREJÃO, M. J C. e MARINHO, H. A. Determinantes e consequências da insegurança alimentar no Amazonas: a influência dos ecossistemas. **Acta Amazônica**, v.37, n. 3, p. 413-418, 2007.

ALVES, R. E.; CHITARRA, A. B. and CHITARRA, M. I. F. Postharvest physiology of acerola fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 223-230, 1995.

ALVES, R. E.; BORGES, M. F. e MOURA, C. F. H. **Caracterização de frutas nativas da América Latina: Camu-camu (*Myrciaria dubia*(H.B.K.) Mc Vaugh**. Jaboticabal: Funep. (Série Frutas Nativas). p. 23-26, 2000.

ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v.33, n.10, p.2202-2210, 2010.

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S. e FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista Nutrição**, v.19, n.2, p. 233-243, 2006.

ANGELO, P. M. e JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos- uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p.232-240, 2007.

ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**. v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ANTONIOSI FILHO, N. R.; MENDES, O. L.; LANÇAS, F. M. Computer prediction of triacylglycerol composition of vegetable oils by HRGC. **Chromatographia**. v.40, n. 9/10, p.557-562, 1995.

ARABBI, P. R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Flavonoids in vegetable commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.1124-1131, 2004.

ARRANZ, A. M. et al. Functional glutamate transport in rodent optic nerve axons and glia. **Glia** 56, p.1353-1367, 2008.

AVIDOS, M. F. D. e FERREIRA, L. T. Frutos dos cerrados. Preservação gera muitos frutos. 2003. Disponível em: <<http://www.bioteecnologia.com.br/bio/15/frutos.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2010.

BALICK, M. Ethnobotany of palms in the neotropics. **Advances in Economic Botany**, n.1, p. 9-23, 1984.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. e DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, p. 113-123, 2006.

BECKMAN, J. S. e KOPPENOL, W. H. Nitric oxide, superoxide and peroxy-nitrite: the good, the bad, and ugly. **Am J Physiol**, 271, p. 1424-1437, 1996.

BEREAU, D. et al. *Maximiliana maripa* Drude mesocarp and kernel oils: fatty acid and total tocopherol compositions. **JAOCs**, v.78, n.2, p.213-214, 2001.

BEREAU, D. et al. FA and unsaponifiable composition of five Amazonian palm kernel oils. **JAOCs**. v.80, n. 1, p.49-53, 2003.

BEZERRA, V. S.; FERREIRA, L. A. M.; PEREIRA, S. S. C.; CARIM, M. J. C. O inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) como potencial alimentar e oleaginoso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3, 2006, Varginha. **Artigos**....Varginha: UFLA, 2006.

BIANCHI, M. L. P. e ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista Nutrição**, v. 12, n. 2, p.123-130, 1999.

BINKOSKI, A. E. et al. Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol-lowering diet: comparison of mild-oleic sunflower oil and olive oil on cardiovascular disease risk factors. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 105, n. 7, p. 1080-1086, 2005.

BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita das frutas. In: BLEINROT, E. W. (Coord.) et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**, 2 ed. Revista Campinas: ITAL, 1992, cap. 4, p. 1-18 (Manual Técnico, 9).

BOBBIO, P. A. e BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001, 143 p.

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

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutr. Rev.** Washington, v.56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTA, E. R. S.; SILVA, A. M. O.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E. e MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do

pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.902-908, 2007.

CANDIDO, L. M. B. e CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. **Boletim da SBCTA**, v.29, n.2, p. 193-203, 2005.

CANO, M. P.; SANCHEZ-MORENO, C.; PASCUAL-TERESA, S. y ANCOS, B. **Processado mínimo y valor nutricional**. In: Gonzalez-Aguilar, G.; Gardea, A.A.; Cuamea-Navarro, F. (ed.): Nuevas Tecnologias de conservacion de productos vegetales frescos cortados. CIAD, Mexico. Cap. 7, p. 119-152. 2005.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C. e B. M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online]. v.32, n.4, p. 1196-1205, 2010.

CAO, G.; ALESSIO, H. M.; CUTLER, R. G. Oxigen-rarical absorbance capacity assay for antioxidants. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 14, p. 303-311, 1993.

CAO, G.; SOFIC, E. and PRIOR, R. L. Antioxidant activity of tea and common vegetables. . **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p. 3426-3431, 1996.

CAO, G.; SOFIC, E. and PRIOR, R. L. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: Struture-activity relations ships. **Free Rad. Biol. Med.** v.22, n.5, p. 749-760, 1997.

CARVALHO, J. E. U. e MULLER, C. H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 3p, (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 139).

CASTRO, J. C. et al. Produção sustentável de biodiesel a partir de oleaginosas amazônicas em comunidades isoladas. **Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. MCT/ABIPTI. v.2, 285-289, 2006.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6 ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996, 279 p.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis na Amazônia**. 7 ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 2010, 282 p.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. e AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Revista Química Nova**, v.30, n.2, p.441-449, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: UNICAMP, 2003, 207 p.

CHITARRA, M. I. F. e CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005, 783 p.

CLEMENT, C. R. et al. Composição química do óleo de três populações de pupunha do rio Solimões, Amazonas, Brasil. **Rev.Bras. de Fruticultura**, 20 (1): p.115-118, 1998.

CLEMENT, C. R. Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). Jaboticabal: Funep, 2000, 48p (Série Frutas Nativas, 8).

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E e VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**. Montevideo, 9 (1-2): 67-71, 2005.

COSTA, P. A.; BALLUS, C. A.; TEIXEIRA-FILHO, J.; GODOY, H. T. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. **Food Research International**, 43: 1603-1606, 2010.

COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, p. 531-537, 2000.

DAVISON, A.; ROESSEAU, E. and DUNN, B. P. Putative anticarcinogenic actions of carotenoids: nutritional implications. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 71, p. 732-745, 1993.

DONADIO, L. C., MÔRO, F. V. e SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002, 288 p.

DONADIO, L. C., MÔRO, F. V. e SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004, 248 p.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p. 446-452, 2006.

DUXBURY, D. Antioxidant analysis: measuring disease fighters. **Food Technology**, v.59,n.3, p. 56-58. 2005.

EL-AGAMEY, A. et al. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/prooxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.430, p.37-48, 2004.

EVANS, M. D.; DIZDAROGLU, M. e COOKE, M. S. Oxidative DNA damage and disease: induction, repair and significance. **Mutat. Res.** 567, p.1-61, 2004.

FAM, S. S. e MORROW, J. D. The isoprostanes: unique products of arachidonic acid oxidation - a review. **Curr. Med. Chem.** 10, p.1723-1740, 2003.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Oxidative stability of biodiesel from soybean oil fatty acid ethyl esters. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 3, p. 291-295, 2005.

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

FERREIRA, E. J. L. Diversidade e importância econômica das palmeiras da Amazônia brasileira. **56º Congresso Nacional de Botânica**. Paraná, 2005.

FERREIRA, E. de S.; LUCIEN, V. G.; SILVEIRA. C. da S. Caracterização física do fruto. análise físico-química do óleo extraído do mesocarpo do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e inajá (*Maximiliana regia* Aubl.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2. 2005, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005, p. 497-500.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S e SILVEIRA, C. S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Alimentos Nutrição**, v.19, n.4, p. 427-433, 2008.

FREGA N., BOCCI, F. e LECKER, J. Direct gas chromatographic analysis of the unsaponifiable fractions of differences oils with polar capillary column. **JAOCs**, 69: 447-450, 1992.

FREIRE, E. S.; SOUZA, S. M. M. e MENCONÇA, M. A. S. **Caracterização de frutas nativas da América Latina: Açaí** (*Euterpe oleracea* Mart.). Jaboticabal: Funep. (Série Frutas Nativas). p. 3-6, 2000.

GAZEL FILHO, A. B. **Pupunha** (*Bactris gasipaes*. H. B, K). In: Curso de Palmaceas, 1, 1998, Macapá: Embrapa-CPAF-Amapá, 1998.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1993. p.13-27.

GIOIELLI, L. A.. Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia** [online]. v. 5, n.2, pp. 211-232, 1996.

GUINAZI, M.; MILAGRES, R. C. R. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. e CHAVES, J. P. B. Tocoferois e tocotrienois em óleos. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2098-2103, 2009.

GUTIÉRREZ, J. R. V. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. **Rev. Cubana Med. Milit.** v.31, n. 2, p.126-133, 2002.

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LOLIGER, J. and AROUMA, O. I. The characterization of antioxidants. **Food and Chemistry Toxicology**, v. 33, p. 601-617, 1995.

HALLIWELL, B. Establishing the significance and optimal intake of dietary antioxidants: the biomarker concert. **Nutr Rev**, v.57, p.104-113, 1999.

HALLIWELL, B. & GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**, 3 ed. New York: Oxford, 1999.

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

HARRABI, S. et al. Phytostanols and phytosterols distributions in corn kernel. **Food Chemistry**, 111:115-120, 2008.

HASENHUETTI, G. L.; WAN, P. J. Temperature effects on the determination os oxidative stability with the metrohm rancimat. **Journal of the American oil chemists' Society**, v. 69, n. 6, p. 525-527, 1992.

HILL, S. E. A. Comparison of modern instruments for the analysis of the oxidation stability of fats, oils and foods. **Inform.** v.5, n. 1, p.104-109, 1994.

HORST, M. A. e LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Silvia Maria Franciscato Cozzolino. (Org.). **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2 ed. São Paulo: Manole, v.1, p.697-731, 2007.

HOUNSOME, N.; HOUNSOME, B.; TOMOS, D. & EDWARD-JONES, G. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. **Journal of Food Science**, 73:R48-R65, 2008.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z. M. and FOONG, C. W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**, v.87, p.581-586, 2004.

JARDIM, M. A. G.; SANTOS, G. C.; MEDEIROS, T. D. S. e FRANCEZ, D. C. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. **Amazônia: Ci. & Desenv.** Belém, v. 2, n.4, p. 67-84, 2007.

JARDINI, F. A. e MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e semente de romã (*Punica granatum, L.*). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n. 1, p. 137-147, 2007.

JOHNSON, D. Worldwide endangerment of useful palms. **Advances in Economic Botany**, v.6, p. 268-273, 1988.

JUST, K. C.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E. and MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 50, p. 405-408, 2000.

KABORI, C. N. e JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotecnologia**, v.29, p.1008-1014, 2005.

KAMAL-ELDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 108, n. 12, p. 1051-1061, 2006.

KANG, J.; LI, Z.; WU, T.; JENSEN, G. S.; SCHAUSS, A. G. and WU, X. Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from acai pulp (*Euterpe oleracea Mart.*). **Food Chemistry**, v.122, p. 610-617, 2010.

KATAN, M. B. et al. Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. **Mayo Clinic Proceedings**, 78(8):965-978, 2003.

KNEKT P. et al. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. American **Journal of Epidemiology**, Baltimore, v.146, n.3, p.223-230, 1997.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidant em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.726-732, 2005.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1283-1287, 2006.

LAGARDA, M. J.; GARCÍA-LLATAS, G. & FARRÉ, R. Analysis of phytosterols in foods. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 41:1486-1496, 2006.

LEAKEY, R. R. B. Potencial for novel food products from agroforestry tress: a reviw. **J. Food Chemistry**, V.66, p.1-14, 1999.

LEITÃO, A. C. **Caracterização morfológica e físico-química de frutos e sementes de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae), de uma floresta secundária**. Tese- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil, 2008, 104 p.

LIU, X.; ARDO, S.; BUNNING, M.; PARRY, J.; ZHOU, K.; STUSHNOFF, C.; STONIKER, F.; YU, L.; KENDALL, P. Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa L.*) grown in Colorado. **LWT-Food Science and Technology**, v. 40, p. 552-557, 2007.

LIMA, V. L. A. G. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata L.*). **Revista Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p.53-57, 2004.

LIMA, A de. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.).** 2008. Tese (Doutorado em Ciência dos alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo- São Paulo, 182 p.

LOTTERBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v.53, n. 5, p.595-607, 2009.

LOPEZ, C.; SHANLEY, P. e FANTINI, A. **Riches of the forest: fruits, oils, remedies and handicrafts in Latin America**. CIFOR/DFID/EC/Overbrook Foundation. Indonésia, 2004.

LORENZI, H. et al. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010, 368p.

LUZIA, D. M. M.; BERTANHA, B. J. e JORGE, N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.69, n.2, p. 175-180, 2010.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P. e ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Ceres**, 53(308): 463-470, 2006.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.79, p.727-742, 2004.

MAIA, G. A. et al. **Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 277p.

MAMBRIN, M. C. T. y BARRERA-ARELLANO. Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazonica del Brasil. **Grasas y Aceites**, v.48, n.3: 154-158, 1997.

MANORAMA, R and RUKMINI, C. Effect of processing on β-carotene retention in crude palm oil and its products. **Food Chemistry**, v. 42, n. 3, p. 253-264, 1991.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **J. Am. Oil Society**, v, 45, p. 594-598, 1968.

MARTÍNEZ, J. A. M. **Estudio de los índices de calidad em aceites de oliva de la provincia de Granada**. 2007. Tesis (Doctorado em Farmacia) – Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada – Granada, 222 p.

MATAIX, J.; MARTÍNEZ, V. E. **El aceite de oliva. Bases para el futuro**. Diputación provincial. Jaén, 1988.

MATOS, N. M. S. et al. Quality, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Fruits of a Seedless Peach Palm Selection from Acre, Brazil. In: 28th **International Horticultural Congress - IHC 2010**, Lisboa. Science and Horticulture for People. Lisboa: Editorial Staff, p. 363-363, 2010.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I S.; LIMA, V. L. A. G. e NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n.2, p. 193-201, 2008.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. e SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. **Nutrire: Rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J.Brazilian Soc. Food Nutr.**, São Paulo, v.34, n. 1, p. 85-95, 2009.

METZLER, A. B.; CAMPOS, M. M.; PIEDRA, M. F e URPI-MORA J. Pejibaye palm fruit contribution to human nutrition. **Principes**, v. 36, n. 2, p.66-69, 1992.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, v.85, p. 231-237, 2004.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **J. Am. Oil Society**, v.48, p. 91, 1971.

MIRANDA, I. P. A et al. **Frutos de palmeiras da Amazônia I**. Manaus: MCT INPA, 2001, 120 p.

MONTÚFAR, R. et al. *Oenocarpus bataua Mart.*(Arecaceae): rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. **J. Am. oil Chem. Soc.**, 87: 167-172, 2010.

MORAES, F. P. e COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n.2, p.109-122, 2006.

MOREAU, R. A.; WHITAKERB, B. D.; HICKSA, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. **Progr Lipid Res**, 41: 457-500, 2002.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998, 150 p.

MOURA, C. F. H. et al. Avaliações física e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malgiphia emarginata* D. C.). **Revista Ciência Agronômica**, 38, p. 52-57, 2008.

MUNTEANU, A.; ZINGG, J. M.; AZZI, A. Anti-atherosclerotic effects of vitamin E-myth or reality? **J Cell Mol Med.**, 8(1): 59-76, 2004.

NACZK M. and SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **J Chromatogr**. 1054(1-2), p. 95-111, 2004.

NELSON, D. L. e COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 1274 p.

OBOH, F. O. J. The food potential of tucum (*Astrocaryum vulgare*) fruit pulp. **Journal of Biomedical and Health Sciences**. v.5, n.2, p.57-64, 2009.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B. e GOULART, M. O. F. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of a improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, n.10, p.4619-4626, 2001.

OU, B. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p. 3122-3128, 2002.

PARRA, R. G. C. e DUALIBI, S. R. Uso de alimentos funcionais. In: TORRES, E. A. F. S. **Alimentos do Milênio: a importância dos transgênicos, funcionais e fitoterápicos para a saúde**. São Paulo: Ed. Signus, p. 1-14, 2002.

PELÚZIO, M. do C. G. e OLIVEIRA, V. P. Vitaminas antioxidantes. In: COSTA, N. M. B. e ROSA, C. de O. B. **Alimentos funcionais**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2006, 202p.

PEREIRA, A. C. S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**, 2009, 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo:Varela, 2005, 95 p

PRIOR, R. L. and CAO, G. Antioxydant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. **HortScience**, v. 35, p. 588-592, 2000.

PRIOR, R. L.; WU, X. and SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 4290-4302, 2005.

QUEIROZ, J. A. L de; BEZERRA, V. S.; MOCHIUTTI, S. A palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru Mart*) no estuário do rio Amazonas no estado do Amapá. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURS E BIODIESEL**. Lavras, 2008.

RAMALHO, V. C. e JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. XY, n. 00, p. 1-6, 2005.

REMÉDIOS, C. M. R. et al. Estudo espectroscópico de óleos derivados de frutos da palma. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIENCIA DOS MATERIAIS**. Foz do Iguaçu, PR, 2006.

RIBEIRO, E. P e SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 194p.

RIVEIROS, M. M. y BARRITA, J. L. S. Fitoesteroles. **Nutrición Clínica**, v. 9, n. 1, p.49-56, 2006.

ROCHA, A. E. S. e SILVA, M. F. F. Aspectos fitossociológicos, florísticos e etnobotânicos das palmeiras (Arecaceae) de floresta secundária no município de Bragança, Pará, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.19, p.657-667, 2005.

RODRIGUES, A. M.; DARNET, S. and SILVA, L. H. M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Paraqueiba paraensis*) and najá (*Maximiliana maripa*) fruits. **J. Braz. Chem. Soc.** v. 21, n.10, p.2000-2004, 2010.

RODRIGUES, R. B. and MARX, F. Camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh]: a promising fruit from the Amazon Basin. **Ernährung/Nutrition**, v. 30, p. 376-381, 2006.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Assessment of the provitamin A contents of foods - the Brazilian Experience. **Journal of food composition and analysis**, n. 9, p. 196-230, 1996.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Latin american food sources of carotenoids. **Arch Latinoam Nutr.**, v. 49, n.3, p. 745-845, 1999.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p. 53-60, 2007.

ROS, E. Efecto hipcolesterolemiantre de los esteroles vegetales. **Jano: Medicina y humanidades**, n. 1628, p. 76-78, 2006.

ROSSO, V. V. and MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoides, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **J. Agric. Food Chem.** v. 55, p.5062-5072, 2007.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β-caroteno/ácido linoléico**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4f. (Comunicado Técnico, 126).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4f. (Comunicado Técnico, 127).

RUFINO, M. S. M. et. al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v.76, n. 10, p. 270-276, 1998.

SARAIVA, S. A. et al. Amazonian vegetable oils and fats: fast typification and quality control via triacylglycerol (TAG) profiles from dry matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry fingerprinting. **J. Agric. Food Chem.** v.57, p. 4030-4034, 2009.

SCHRADER, M. e FAHIMI, H. D. Mammalian peroxisomes and reactive oxygen species. **Histochem. Cell. Biol.** v.122, p. 383-393, 2004.

SHAMI, N. J. I. E. e MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17, n.2, p. 227-236, 2004.

SIES, H. Oxidative stress: introduction. In *Oxidative Stress: Oxidants and Antioxidants*, ed. SIES, H., pp. xv-xxii. Academic Press, London, 1991.

SIGRIST, J. M. M. Transformações bioquímicas. In: BLEINROTH, E. W (Coord.) et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**, 2 ed. Revista Campinas: ITAL, 1992, cap. 4, p. 33-40 (Manual Técnico, 9).

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M. e FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n.1, p. 94-103, 1999.

SILVA, M. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids: a re-examination. **Free Radical Research**, v. 36, n. 11, p. 1219-1227, 2002.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. e MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v.38, p.1790-1793, 2008

SILVA, A. M.; SCHNEIDER, V. C. e PEREIRA, C. A. M. Propriedades químicas e farmacológicas do licopeno. **Revista Eletrônica de Farmácia**. v.6, n. 2, p. 36-61, 2009.

SILVA, S. M. et al. Characterization of oil extracted from buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) grown in the Brazilian Amazon region. **J Am Oil Chem Soc**. v.86, p. 611-616, 2009.

SILVEIRA, M. R. S. et. al. Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de pupunheira sem semente. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL**. Fortaleza, CE, 2009.

SOUZA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais dos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n.2, p. 127-135, 2003.

SOUZA, D. F. S. et al. Estabilidade oxidativa dos óleos de macadâmia e de pistache. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 25, n.1, p. 141-156, 2007.

SUAREZ, P. A. Z. e MENEGHETTI, S. M. P. 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071, 2007.

SUN, J. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **J Agric Food Chem.**, v. 50, p.7449-7454, 2002.

TAIZ. L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura** [online], v.26, n.1, p. 17-23, 2004.

THOMPSON, G. R.; GRUNDY, S. M. History and development of plant sterol and stanol esters for cholesterol-lowering purposes. **Am J Cardiol**, 96:3-9. 2005.

TURATTI, J. M; GOMES, R. A. R; ATHIÉ, I. **Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, 2002, 78 p.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. e PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

VALOIS, A. C. C. **Recursos genéticos de palmeiras**. 1^a ed. Brasília-DF: Proctropicos, 2010, v. 1. 8 p.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G. et al. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L. f, from the Peruvian Amazon. **Grasas y Aceites**, v. 61, n. 4, p. 390-397, 2010.

VILLACHICA, H. El cultivo del camu-camu en la Amazonia Peruana. Lima: Secretaria Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica, 1996.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T. e STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n.1, p. 129-138, 2009.

VON GADOW. A.; JOUBERT, E. and HANSMANN, C. F. Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*), α-tocoferol, BHT and BHA. **J. Agric. Food Chem.**, v.51, n 3, p. 632-638, 1997.

WILLIAMS, R. J. et. al. Flavonoids: antioxidants or signaling molecules? **Free Radical Biology & Medicine**, v.36 (7), p. 838-849, 2004.

WHITAKER, B. D.; LUSBY, W. R. Steryl lipid content and composition in bell pepper fruit at three stages of ripening. **J Am. Soc. Hort. Sci.** 114:4648-4651, 1989.

WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E.; PRIOR, R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.12, p.4026-4037, 2004.

YOUNG, A. and LOWE, G. M. Antioxidant prooxidant properties of carotenóides. **Arch. Biochem. Biophys.**, v. 385, p. 20-27, 2001.

YUYAMA, L. K. O. et al. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central amazonia, Brasil. International **Journal of food Sciences and Nutrition**, 54, n.1, p. 49-56, 2003.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L e MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida de prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum Meyer*) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.2, p. 408-412, 2008.

WITZUM, J. L. The oxidation hypothesis of atherosclerosis. **The Lancet** 344, p.793-795 1994.

CAPÍTULO II

QUALIDADE DE FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS

PROCEDENTES DO AMAPÁ

RESUMO

Os frutos das palmeiras nativas têm grande importância para Amazônia uma vez que representam valor alimentar e econômico no cotidiano da região. Tradicionalmente são consumidos in natura, cozidos ou como bebida, embora se acredite que possam ser mais bem aproveitados de acordo com o potencial de cada espécie. O objetivo deste estudo foi determinar características físicas e físico-químicas em frutos de palmeiras nativas, procedentes do Estado do Amapá, destacando aquelas mais promissoras para mercados específicos. Foram analisados frutos de cinco espécies de palmeiras, bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), quanto as características físicas (peso, comprimento, diâmetro e rendimento) e físico-químicas: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, relação SS/AT, açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR), pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e amido. Dentre as características físicas, os frutos apresentaram baixo rendimento da porção comestível, exceto a pupunha que se destacou das demais (76,38%). Para as físico-químicas, observaram-se valores de SS na faixa entre 7,5 e 14,3°Brix; baixa acidez titulável (média geral de 0,30 %), pH elevado (4,2 a 6,3); maiores teores de amido em pupunha e inajá (24,89 e 14,49 %, respectivamente), conteúdo de açúcares totais mais elevado no tucumã, assim como açúcares redutores na bacaba, buriti e tucumã, para pectina total valores considerados elevados com média geral de 0,81%. Considerando as características de qualidade avaliadas, os frutos das palmeiras nativas se destacaram pelos elevados teores de amido e pectina, sinalizando seu potencial na elaboração de farinhas, que podem ser utilizadas na panificação, mingaus e molhos.

Palavras-chave: caracterização dos frutos, pos-colheita e frutas nativas.

ABSTRACT

Native palms fruits have great importance to Amazon as they represent value for food and economic development in the region daily. Traditionally they are consumed raw, cooked or as a beverage, although it is believed that could be better used in accordance with the potential of each species. The objective of this study was to determine the physical and physicochemical palm fruits native from the state of Amapá, highlighting the most promising ones for specific markets. We analyzed the fruits of five species of palms, bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) Buriti (*Mauritia flexuosa* Lf), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) and tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), and the physical characteristics (weight, length, diameter and yield) and physicochemical properties: soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH, SS/TA ratio, total sugars (TS), reducing sugars (RS), total pectin (TP), soluble pectin (SP) and starch. Among the physical characteristics, the fruits showed low yield of edible portion, except for the pupunha that stood out from the others (76,38%). For the physicochemical values SS range from 7,5 to 14,3 Brix, low acidity (overall mean 0,30%), high pH (4,2 to 6,3), higher starch levels in both pupunha and inajá (24,89 and 14,49%, respectively), total sugars higher in tucumã, as well as reducing sugars in bacaba, buriti and tucumã for total pectin values considered high general mean 0, 81 %. Considering the quality characteristics evaluated, the fruit of the native palms stood out by high levels of starch and pectin, indicating its potential in the preparation of flour, which can be used in baking, sauces and porridges.

Keywords: fruits characterization, post harvest and native fruits.

1. INTRODUÇÃO

As palmeiras nativas encontram-se entre os recursos vegetais mais úteis para o homem amazônico. Em razão de sua ampla distribuição e diversidades de usos, são consideradas uma das famílias botânicas mais importantes da Amazônia (LORENZI et al., 2010). Almeida e Silva (1997) mencionaram que 40 % das palmeiras amazônicas representam valor econômico e alimentar no cotidiano da região. Entretanto, para aproveitamento desse potencial e incorporação à lista de cultivos comerciais, faz-se necessário à ampliação de estudos básicos e aplicados (MIRANDA et al., 2001; JARDIM et al., 2007), entre os quais está a avaliação da qualidade.

Os estudos de caracterização de frutas amazônicas ainda são raros e, muitas das vezes, têm sido direcionados às espécies que tem expressão econômica na região, como o açaí e o cupuaçu (CARVALHO e MULLER, 2005), embora existam outras espécies potenciais, entre as quais se destacam: bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã.

Na região Amazônica, tradicionalmente os frutos das palmeiras são consumidos frescos ou processados artesanalmente para elaboração de diversos produtos, tais como: doces, sorvetes, licores, farinhas, mingaus, etc. Adicionalmente, alguns frutos de palmeiras nativas mencionadas como oleaginosos também são utilizadas como alimentos devido à presença do amido, proteínas e vitaminas, além do óleo (CLEMENT et al., 2005).

Determinadas espécies de palmeiras, como bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã são abundantes, produtivas, foram importantes para subsistência de povos primitivos e podem representar atualmente uma boa fonte de nutrientes para populações tradicionais da região Amazônica (MIRANDA et al. 2001).

Assim, considera-se que um estudo direcionado à qualidade dos frutos dessas cinco espécies de palmeiras tropicais poderá contribuir para a valorização de seus potenciais, favorecendo o uso direto pelas populações locais, associadas à produção e comercialização de produtos regionais. O objetivo do referido estudo foi determinar características físicas e físico-químicas em frutos de palmeiras nativas, procedentes do Estado do Amapá, destacando aquelas mais promissoras para mercados específicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material

Frutos de cinco espécies de palmeiras nativas (bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã), foram colhidos manualmente no estádio “maduro”, ou seja, quando inicia a abscisão dos frutos do cacho, conforme práticas tradicionais das populações. Os frutos, provenientes de diferentes regiões do Estado do Amapá, apresentavam as seguintes características de maturação (Tabela 1).

Tabela 1. Características de maturação dos frutos de palmeiras nativas, colhidos em diferentes localidades do Estado do Amapá.

Frutos	Características de maturação da porção comestível	Local de coleta
Bacaba	Casca roxa escura e polpa brancacentra a marrom	Porto Grande
Buriti	Polpa de cor amarela alaranjado	Mazagão
Inajá	Polpa de cor creme amarelada	São Joaquim do Pacuí
Pupunha	Polpa levemente alaranjada	Porto Grande
Tucumã	Casca e polpa de cor laranja intenso	Curiaú

Os frutos colhidos foram primeiramente transportados ao Laboratório de Análises Físico-Química do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá-IEPA, em Macapá-AP, para seleção e análises físicas (Figura 1). A seguir, foram acondicionados e transportados por via aérea para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE, para realização das avaliações de qualidade.

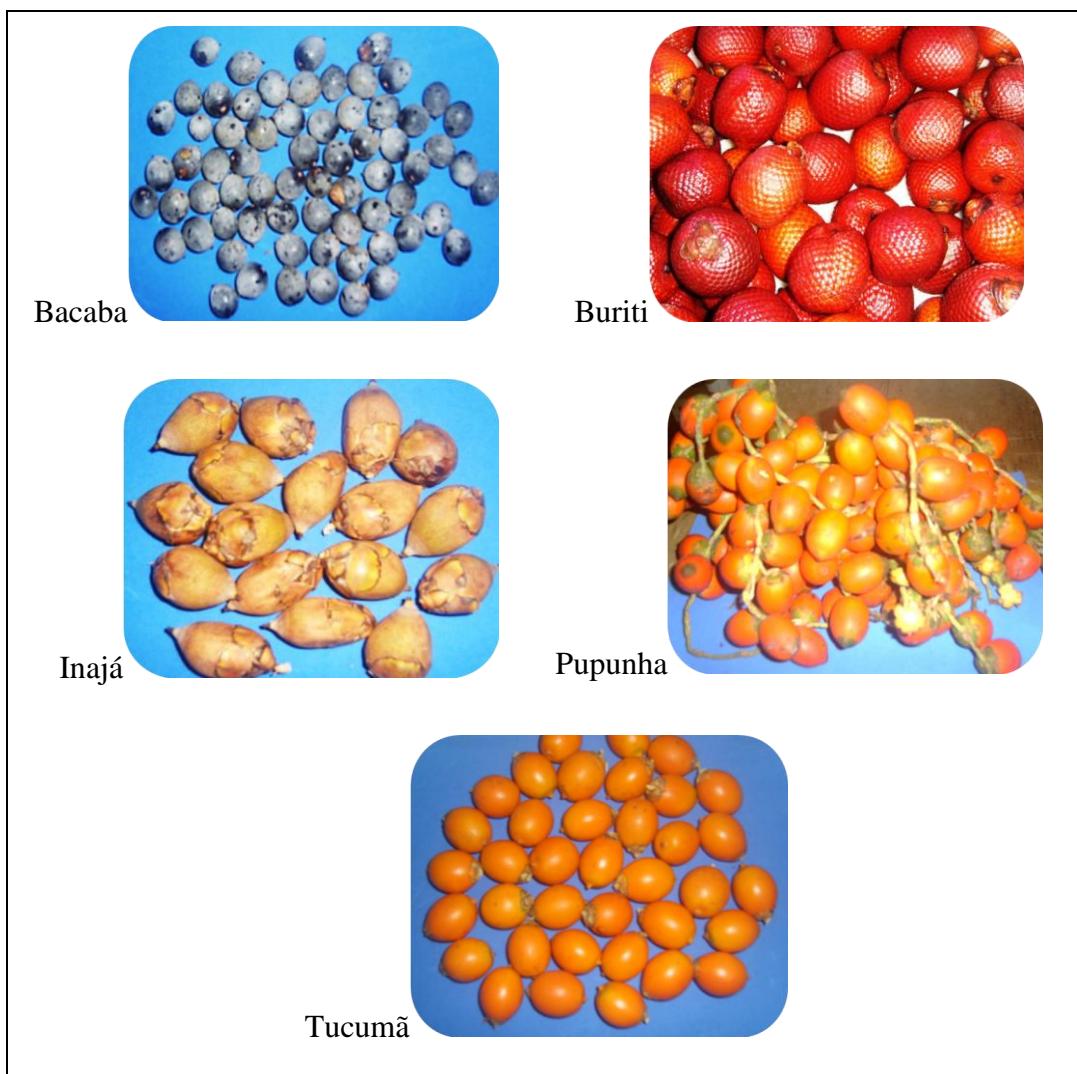


Figura 1. Frutos de palmeiras nativas, avaliados neste estudo.

2.2- Avaliações

2.2.1- Características físicas

Na avaliação das características físicas foram utilizados 30 frutos íntegros, no caso do buriti, inajá, pupunha e tucumã, já para bacaba utilizaram-se 50 frutos devido à massa/dimensão dos frutos. Os frutos foram avaliados quanto a: massa total (M) e rendimento da porção comestível, através de balança semi-analítica; e comprimento e diâmetro, com auxílio de paquímetro digital.

2.2.2- Características físico-químicas

Na avaliação das características físico-químicas utilizaram-se amostragens com 27 frutos para buriti, inajá, pupunha e tucumã e 50 frutos para bacaba, devido o menor tamanho dos frutos. Foram utilizadas três repetições com frutos provenientes de uma mesma planta.

Na bacaba, a porção casca é inseparável da polpa, por isso foi considerada como seu componente. No tucumã, a porção comestível incluiu tanto o mesocarpo como o epicarpo, já que tradicionalmente esta é a forma de consumo deste fruto na região. Para buriti, inajá e pupunha, a porção avaliada foi o mesocarpo.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

2.2.2.1. Teor de sólidos solúveis (SS)

Medidos utilizando refratômetro digital seguindo o IAL (2005);

2.2.2.2. Acidez titulável (AT)

Determinada por titulometria com NaOH 0,1 M, tendo como indicador fenolftaleína, conforme metodologia do IAL (2005). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico;

2.2.2.3. pH:

Medido através de potenciômetro digital, após calibração com soluções de pH 4,0 e 7,0, de acordo com IAL (2005);

2.2.2.4. Relação SS/AT

Calculada pelo quociente entre sólidos solúveis e acidez titulável;

2.2.2.5. Teor de açúcares totais (AT)

Determinados pelo método da antrona seguindo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Pesou-se 1 g da amostra e dissolveu-se em 50 mL de solução de etanol a 80 %,

permanecendo em repouso por aproximadamente 15 minutos. Foi realizada a filtração e uma nova diluição do extrato (5mL do extrato para 50 mL de água destilada), posteriormente foram determinadas as respectivas alíquotas dependendo de cada espécie de palmeiras, adicionados 2 mL de antrona e as amostras mantidas em banho-maria a temperatura de 100°C por 8 minutos, seguidamente resfriadas em banho de gelo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados expressos em %;

2.2.2.6. Teor de açúcares redutores (AR)

Determinados de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959). Pesou-se 1 g da amostra em um Becker, adicionou-se um pouco de água destilada e homogeneizou-se com auxílio de um bastão de vidro. A seguir foi realizada a filtração e diluição com água destilada para um balão de 50 mL. As amostras foram preparadas utilizando diferentes alíquotas, dependendo da espécie, completando-se com água destilada até atingir o volume de 1,5 mL. A seguir se adicionou 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS), submeteu-se em banho-maria durante 5 minutos a 100°C, resfriando em banho de gelo e logo após acrescentou-se mais 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em %;

2.2.2.7. Teor de amido

Determinado seguindo a metodologia da AOAC (1992), conforme a seguir. Foram pesados 5 gramas de amostras em tubo de centrífuga, acrescentado 30 mL de água destilada e centrifugado a 15.000 rpm durante 15 minutos, com descarte do sobrenadante, por três vezes consecutivas. O resíduo foi transferido para Erlenmeyer de 250 mL, adicionado 50 mL de água destilada e em seguida realizada hidrólise ácida, utilizando 5 mL de HCl (P.A) associado à temperatura, com refluxo por duas horas em ebulição. Após estabilização até temperatura ambiente, realizou-se neutralização com solução de Na₂CO₃ a 20 %, e filtração, com o volume sendo completado para um balão de 100 mL. Os extratos obtidos foram preparados para determinação do conteúdo de amido pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS), com leitura no espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram multiplicados pelo fator 0,90 para cálculo do amido em percentagem.

2.2.2.8. Pectina Total (PT)

Determinada de acordo com Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973) através do reagente m-hidroxidifenil, sendo a extração realizada seguindo o procedimento descrito por Mccready e Mccomb (1952) conforme descrito a seguir. Pesou-se 2,5 g de amostra, acrescentou-se 12,5 mL de etanol a 95 %, homogeneizando-se mecanicamente (Turrax) e manteve-se em repouso sob-refrigeração por 30 minutos. A seguir centrifugou-se durante 10 minutos a 15.000 rpm, realizando-se a lavagem por duas vezes com 5 mL da solução de etanol a 75%, em cada uma, desprezando-se o filtrado. O resíduo obtido foi transferido para um Becker com aproximadamente 20 mL de água destilada, adicionado solução de NaOH 0,1N para aumento do pH até 11.50 e a seguir mantido em repouso sob refrigeração por 30 minutos. Passado este tempo, foi ajustado o pH para 5,0 – 5,5 utilizando uma solução de ácido acético glacial (15mL/50mL). Acrescentou-se 0,1 g da enzima pectinase de *Aspergillus Níger*, mantendo-se sob agitação (Shaker) por 1 hora e centrifugando-se nas mesmas condições anteriores. Finalmente, realizou-se a filtração do sobrenadante e diluição para um balão de 50 mL No preparo das amostras, foram utilizadas diluições diferentes dependendo da espécie, 3,6 mL de solução de tetraborato de sódio em ácido sulfúrico (0,0125 M) e, posteriormente, para a promoção da reação, 0,06 mL de m-hidroxidifenil (0,15%). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 520 nm e os resultados expressos em %;

2.2.2.9. Teor de pectina solúvel (PS)

Determinada de acordo com Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973), com o reagente m-hidroxidifenil, sendo a extração realizada seguindo o procedimento descrito por McCready e Mccomb (1952), conforme descrito a seguir. Pesou-se 2,5 g de amostra, a seguir adicionou-se 12,5 mL de etanol a 95% e homogeneizou-se (Turrax). Manteve-se em repouso sob-refrigeração por 30 minutos e posteriormente centrifugou-se a 15.000 rpm por 10 minutos, sendo utilizado 5 mL da solução de etanol a 75 % para lavagem por duas vezes, desprezando o filtrado. O resíduo obtido foi transferido para um Erlenmeyer de 125 mL contendo 40 mL de água destilada, mantido sob agitação por uma hora e centrifugado a 15.000 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi diluído com água destilada em um balão volumétrico de 50 mL e o resíduo desprezado. As amostras foram preparadas utilizando diferentes alíquotas do extrato, dependendo de cada espécie, completando com água destilada

até o volume de 1 mL, adicionado 3,6 mL de solução de tetraborato de sódio em ácido sulfúrico (0,0125 M) e, posteriormente, para promoção da reação, 0,06 mL de m-hidroxidifenil (0,15 %). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 520 nm e os resultados expressos em %.

2.2.3 – Análise estatística

Os resultados das avaliações físicas e físico-químicas foram submetidos a uma análise estatística descritiva, com obtenção de valores médios e desvio padrão para cada espécie de fruto analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características Físicas

3.1.1. Massa do fruto

Os resultados da massa dos frutos das diferentes espécies de palmeiras nativas são mostrados na Figura 2. Para o tucumã, o valor médio encontrado (23,9 g) foi inferior ao observado por Carvalho e Muller (2005), que foi de 34,5 g, enquanto para as demais espécies os valores foram superiores aos dos referidos autores.

A massa encontrada para o inajá (31,1 g) está dentro da faixa de variação relatada por Bezerra et al. (2006), que citaram como valor médio e maior para massa dos frutos, 26,6 g e 32,9 g, respectivamente. Para pupunha, o valor obtido foi inferior ao encontrado por Ferreira e Pena (2003), que, estudando frutos adquiridos em Belém-PA, observaram peso médio de 30,6 g.

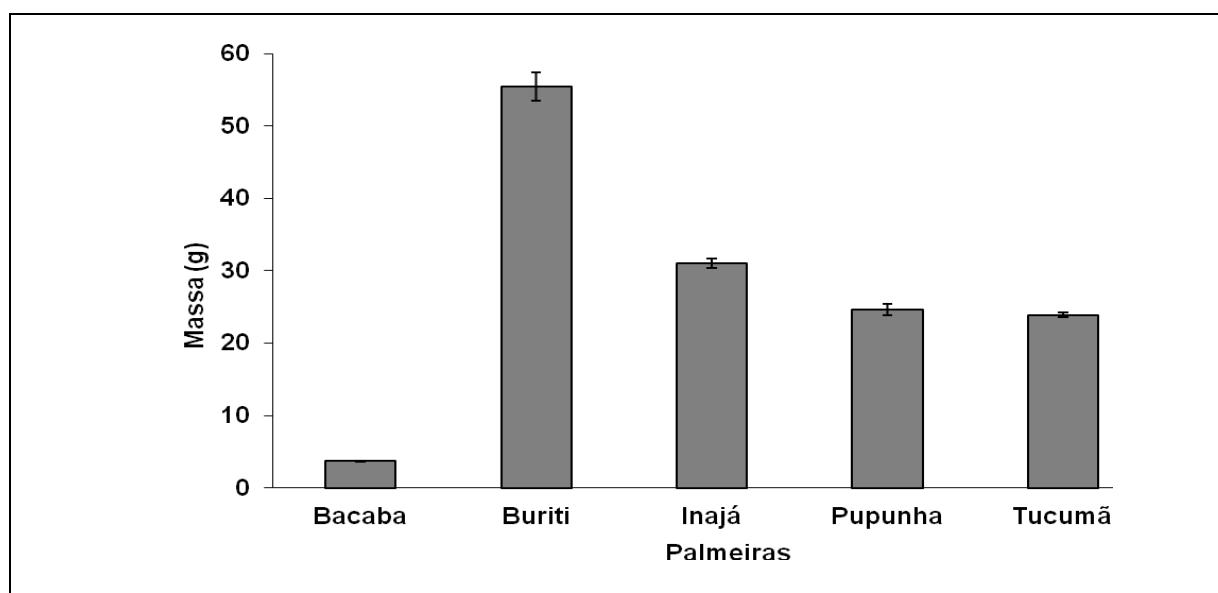


Figura 2. Massa média dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá (média ±DP, n=30 para buriti, inajá, pupunha e tucumã; n=50 para bacaba).

Com exceção da bacaba, a massa dos frutos das palmeiras estudadas pode ser considerada elevada, se comparado como outras espécies de palmeiras da família Arecaceae como o açaí (*Euterpe Oleracea* Mart) e licuri (*Syagrus coronata* Mart), com destaque para o buriti que apresentou a maior massa média (55,5 g).

3.1.2. Comprimento e Diâmetro

Com relação ao comprimento de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas, os resultados podem ser observados na Figura 3. No inajá e na pupunha o comprimento dos frutos foram superiores aos obtidos por Carvalho e Muller (2005) que encontraram valores de 54 mm e 35 mm, respectivamente, enquanto que para bacaba, buriti e tucumã os resultados foram próximos.

Para o inajá, Bezerra et al. (2006) encontraram frutos de comprimento médio de 55,1 mm e valor máximo de 65,8 mm, já neste trabalho o valor médio foi 59 mm. Na pupunha, o comprimento médio obtido (24,6 mm) foi inferior ao relatado por Ferreira e Pena (2003), que relataram 31 mm.

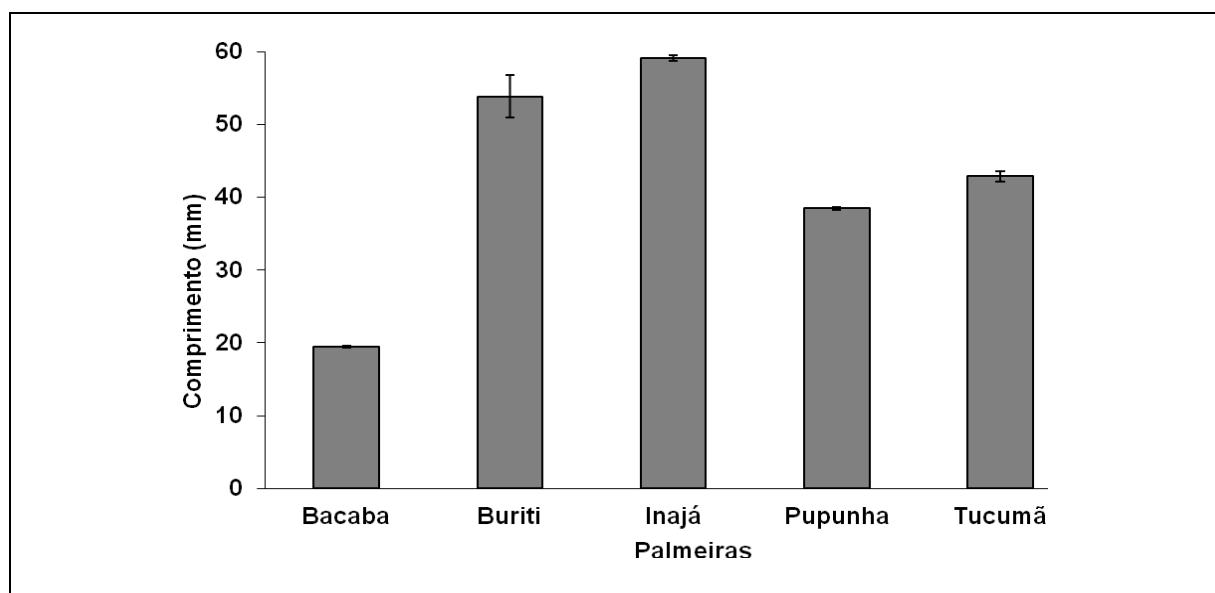


Figura 3. Comprimento dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá (média ±DP, n=30 para buriti, inajá, pupunha e tucumã; n=50 para bacaba).

No que se refere ao diâmetro dos frutos, a bacaba, a pupunha e o inajá apresentaram respectivamente, valores médios de 17,2; 32,9 e 30,8 mm (Figura 4), próximos aos obtidos por Carvalho e Muller (2005), enquanto que o buriti apresentou valor superior (48,5 mm) e o tucumã inferior (31,7 mm) ao encontrado pelos referidos autores.

Bezerra et al. (2006) avaliando características físicas do inajá, dentre as quais, o diâmetro, registraram valor médio em torno de 28,7 mm e valor superior de 38,2 mm. Neste estudo, o resultado médio encontrado (30,8 mm), está dentro desta variação.

Para pupunha, o diâmetro médio obtido, 32,9 mm, foi inferior ao apresentado por Ferreira e Pena (2003), que relataram valor de 34 mm.

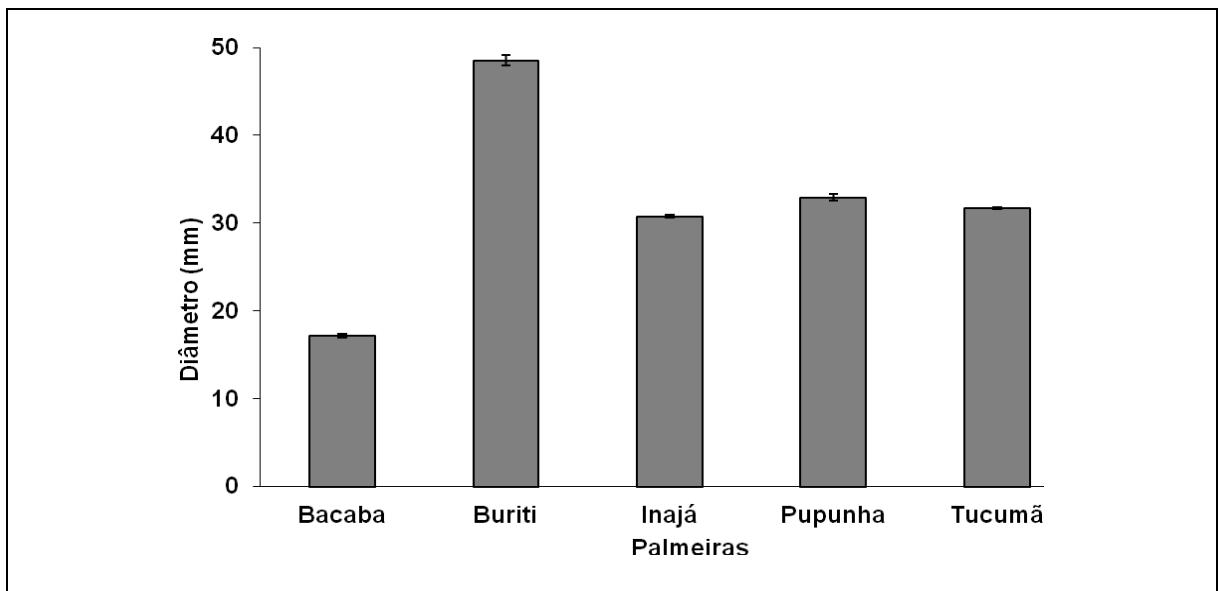


Figura 4. Diâmetro dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá (média ±DP, n=30 para buriti, inajá, pupunha e tucumã; n=50 para bacaba).

As diferenças encontradas nas características físicas das espécies de palmeiras estudadas comparando com outros estudos, especialmente no caso da pupunha, podem ser devido à alta variabilidade das espécies, que é manifestada no tamanho, no formato e na cor do fruto (CLEMENT, 2000).

Para Gusmão et al. (2006), a diferença observada nas características físicas pode estar associada às influências edafoclimáticas, já que as frutíferas mesmo pertencendo a uma só espécie, dependendo da região estão sujeitas a variação de temperatura, pluviosidade, solo e outros fatores que podem influenciar certos aspectos da sua composição.

3.1.3- Rendimento da porção comestível

Ocorreu grande diferença no rendimento da porção comestível entre os frutos, com uma faixa de variação entre 20,48 a 76,38 %, (Figura 5). Para bacaba e tucumã, a porção comestível composta pelo mesocarpo+epicarpo, representou, respectivamente, cerca de 37,05 e 32,66 % da massa dos frutos, sendo o restante constituído pelo caroço. No buriti, inajá e

pupunha, a porção comestível (mesocarpo) representou 20,48; 31,79 e 76,38 %, respectivamente, da massa dos frutos.

De acordo com os resultados obtidos, a pupunha apresentou elevado rendimento (cerca de 80 %) comparado aos demais frutos avaliados. Já Ferreira e Pena (2003) relataram para pupunha percentual de rendimento de 72,3 %.

O rendimento médio em polpa para o inajá foi similar ao encontrado por Bezerra et al. (2006), que reportaram percentual de 29,90 da massa do fruto.

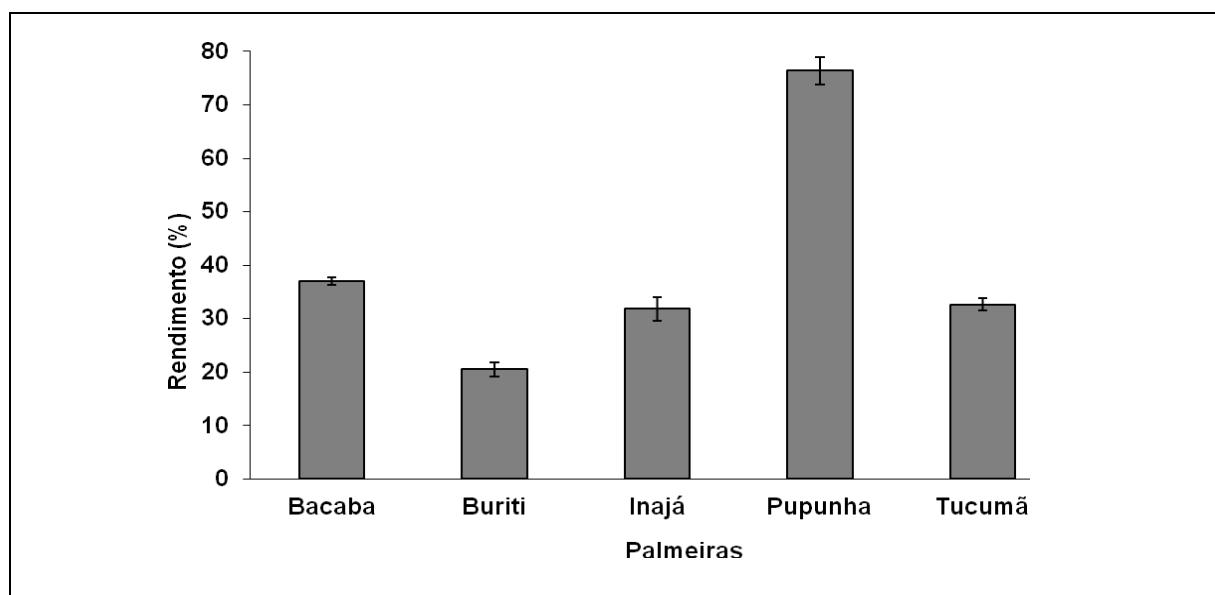


Figura 5. Rendimento da porção comestível dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Em estudo sobre a biometria e o rendimento de frutas da Amazônia, entre as quais se encontram algumas espécies de palmeiras, Carvalho e Muller (2005) enquadram as frutas com relação ao rendimento percentual da polpa em 5 categorias: muito baixo (inferior a 20 %); baixo (entre 21 e 40 %); médio (entre 41 e 60 %); alto (entre 61 e 80 %) e muito alto (acima de 81%). Assim, pelos resultados obtidos neste estudo, o buriti encontra-se no grupo de espécies que apresentam muito baixo rendimento; a bacaba, inajá e tucumã fazem parte da categoria de baixo rendimento e a pupunha encontra-se no grupo que apresenta alto rendimento. Por sua vez, comparando os resultados de rendimento aos encontrados por esses autores, com exceção da pupunha que apresentou valores superiores, as demais espécies de palmeiras apresentaram percentuais de rendimento inferiores. Entre os fatores que podem ter

interferido no baixo rendimento, especialmente no caso do buriti, está a dificuldade de extração manual da polpa.

Entretanto, Carvalho e Muller (2005) complementaram que não consideram o baixo rendimento como uma característica que inviabilize a utilização de algumas espécies nativas da Amazônia, seja como fruta fresca ou para aproveitamento industrial, uma vez que determinadas espécies tem grande importância sócio-econômica, ampla utilização, além de potencial de mercado.

A qualidade do fruto refere-se ao conjunto de características físicas, sensoriais e a sua composição química. Assim, as informações, incluindo aquelas relacionadas às características físicas, são importantes não apenas para satisfazer as exigências do consumidor, mas também, por possibilitar a seleção genética de novas variedades e de práticas adequadas ao manuseio pós-colheita (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

3.2- Características Físico-químicas

3.2.1-Teor de sólidos solúveis (SS)

Dentre os frutos estudados, o buriti apresentou o maior teor médio ($14,3^{\circ}\text{Brix}$) e a bacaba o menor ($7,50^{\circ}\text{Brix}$) (Figura 6). A pupunha, o inajá e o tucumã apresentaram valores médios aproximados para os teores de SS, sendo de $10,8$; $9,8$ e $11,6^{\circ}\text{Brix}$, respectivamente.

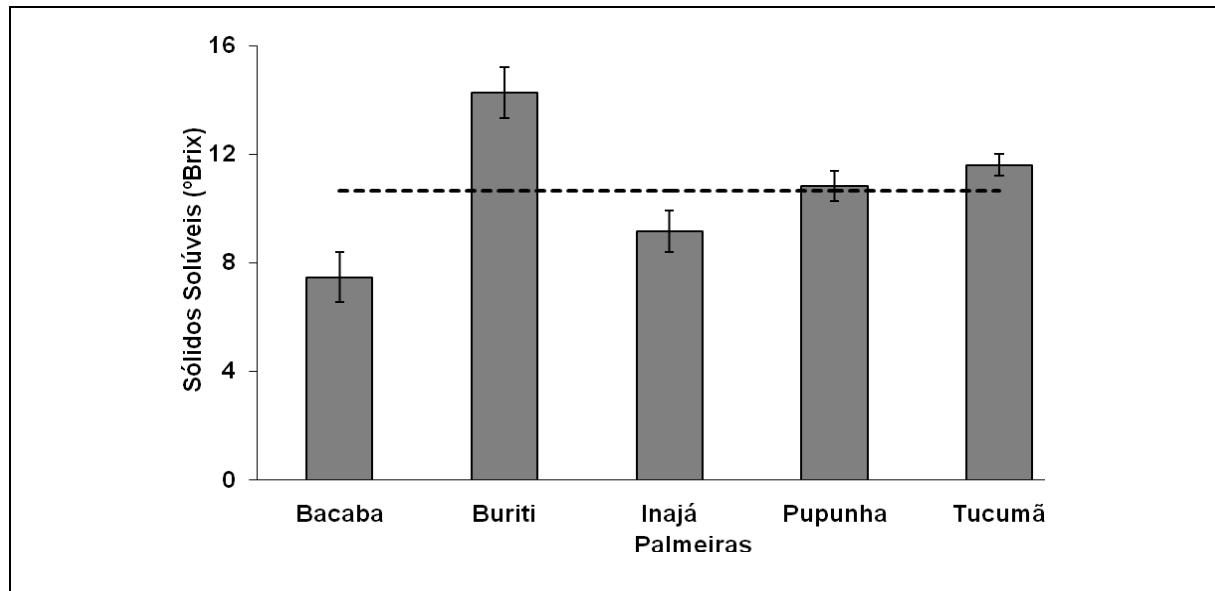


Figura 6. Teor de sólidos solúveis dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Os resultados encontrados para o inajá foram muito inferiores aos reportados por Bezerra et al. (2006), que obtiveram 21,0 °Brix para os SS. Já para a pupunha, o resultado obtido foi próximo ao relatado por Silveira et al. (2009), que encontraram valor médio de 11,4 °Brix.

Leitão (2008) estudando o tucumã proveniente do Estado do Amazonas, observaram o teor de SS valor de 14,5 °Brix, sendo pouco superior à média encontrada neste trabalho, em frutos colhidos no Estado do Amapá.

Os teores de SS encontrados nos frutos de bacaba e buriti foram bem superiores aos obtidos nas polpas dos referidos frutos, conforme relatado por Canuto et al. (2010), que apresentaram valores de 2,0 e 4,5 °Brix, respectivamente. Por outro lado, comparando o teor médio de SS obtido no fruto da bacabeira com o do açaí (7,5 °Brix) relatado por Freire et al. (2000) pode-se constatar que o resultado foi próximo.

Em muitos frutos tropicais, o teor de sólidos solúveis é usado como índice de maturidade, cujo conteúdo aumenta decorrência da evolução da maturação e amadurecimento, devido, entre outros fatores, à hidrólise dos carboidratos de reserva armazenados durante o crescimento do fruto na planta (CHITARRA & CHITARRA, 2005; LUCENA et al., 2007).

Além do estádio de maturação, o teor de sólidos solúveis pode ser influenciado por fatores, como suprimento de nutrientes para a planta, temperatura, regime de irrigação, posição do fruto na planta, variedades, etc. (CARROL, 1985).

3.2.2-Acidez Titulável (AT) e pH

A variação da acidez titulável foi de 0,14 a 0,56 % ácido cítrico (Figura 7). Dentre os frutos avaliados, o inajá e tucumã, foram os que apresentaram os menores valores de acidez titulável, com médias de 0,14 % e 0,16 %, respectivamente, sendo que para o inajá o resultado foi muito inferior ao reportado por Bezerra et al. (2006), que obtiveram acidez de 2,50 %. Para o tucumã, a acidez titulável foi inferior ao encontrado por Yuyama et al., (2008), que relataram acidez em torno de 0,30 % .

A bacaba e pupunha apresentaram acidez aproximadas, 0,36 % e 0,31 %, respectivamente. Na pupunha, os resultados foram inferiores aos encontrados por Silveira et

al. (2009) em frutos sem sementes. Já na bacaba, a acidez foi superior à obtida por Canuto et al. (2010), na polpa.

Dos frutos avaliados, o buriti foi o de maior acidez titulável, com média de 0,56 %. Valor bem inferior ao relatado por Canuto et al. (2010) na polpa de buriti, com 2,2 % de acidez.

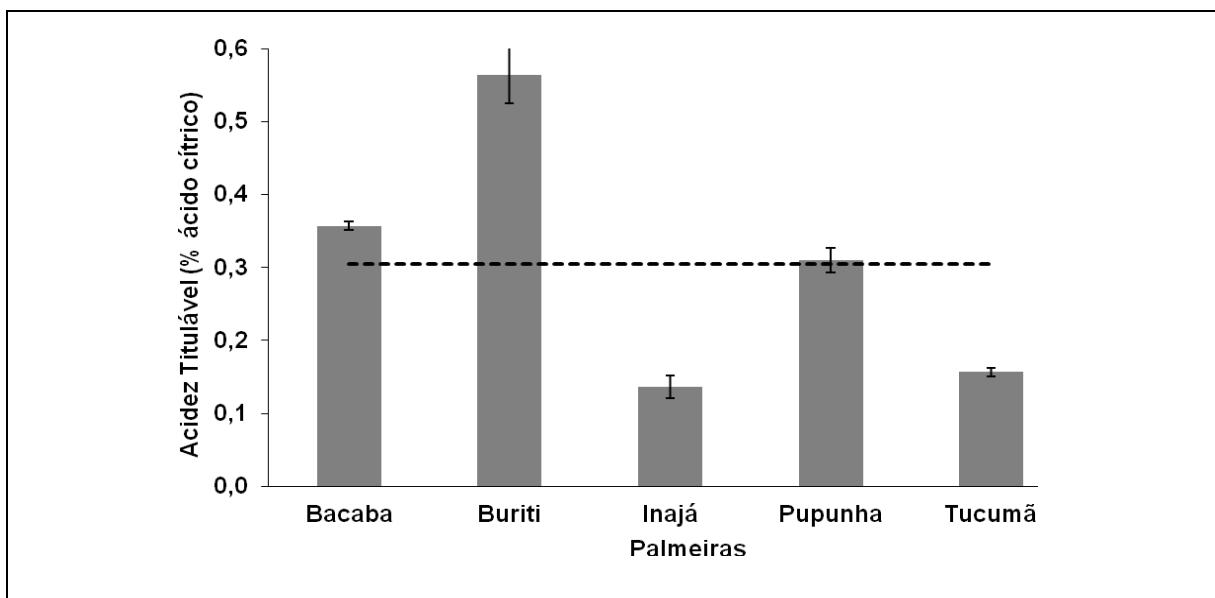


Figura 7. Acidez titulável de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

No que se refere ao pH, o inajá, a pupunha e o tucumã, apresentaram valores mais elevados 6,35; 6,15 e 6,12, respectivamente (Figura 8). Esses valores são superiores aos reportados por Bezerra et al. (2006), para o inajá (5,2), e Yuyama et al. (2003), para o tucumã (5,8); já na pupunha os valores coincidem com os de Silveira et al. (2009).

Os valores de pH encontrados na bacaba e buriti foram 4,61 e 4,16, respectivamente. Comparando estes resultados com os relatados por Canuto et al. (2010) que obtiveram valores de 5,3 e 3,5, respectivamente, verifica-se que o fruto da bacaba apresentou pH inferior, já no fruto do buriti os valores foram bem superiores.

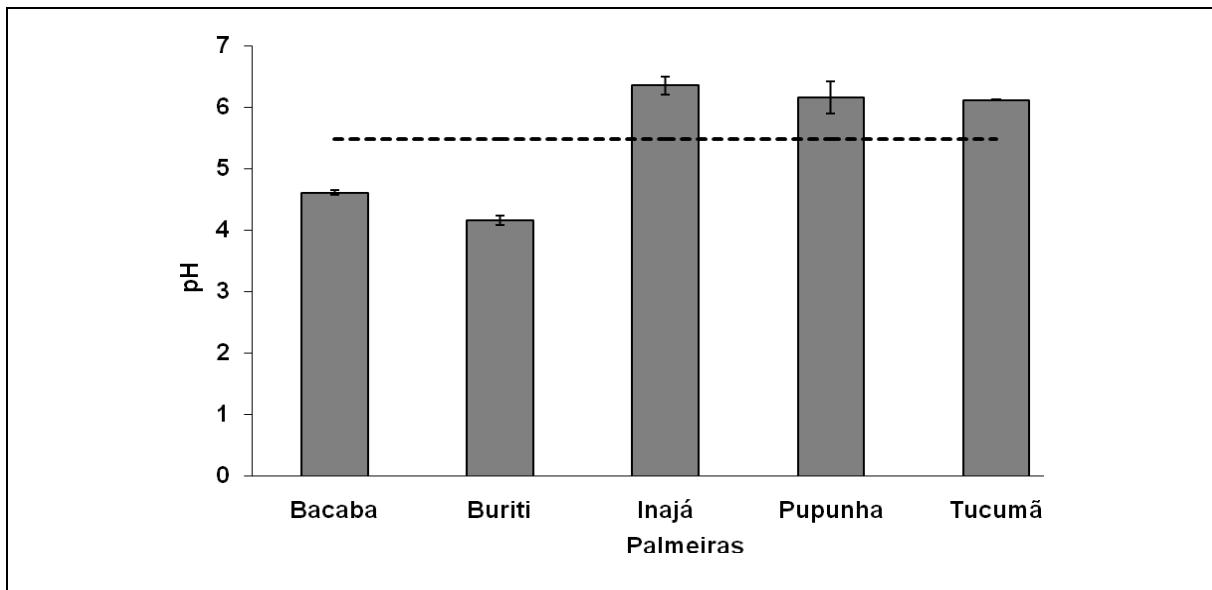


Figura 8. pH dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

No geral, o pH dos frutos das palmeiras estudadas podem ser considerados elevados, variando de 4,2 a 6,3 . Do ponto de vista da segurança alimentar, um pH superior a 4,5 está acima da faixa considerada segura, exigindo cuidados especiais durante o processamento. Apenas o buriti apresentou valor de pH da polpa na faixa considerada segura.

3.2.3- Relação SS/AT

A variação na relação SS/AT nos frutos das diferentes espécies de palmeiras nativas pode ser observada na Figura 9. Entre as espécies estudadas a que apresentou a maior relação SS/ATT foi o tucumã, seguido pelo inajá, com valores médios de 72,60 e 67,48 respectivamente.

Para bacaba e buriti os valores médios encontrados foram 21,27 e 25,10 respectivamente, sendo muito superiores aos obtidos por Canuto et al. (2010) nas polpas destes frutos. Já no fruto do açaizeiro, Freire et al., (2000) encontraram valores de 37,7 na relação SS/AT, superior ao que foi obtido neste trabalho para a bacaba.

O valor médio da relação SS/AT na pupunha foi 34,80. Silveira et al. (2009) analisando os frutos de pupunheira sem caroço encontraram valor de 15.2, bem inferior ao obtidos neste trabalho.

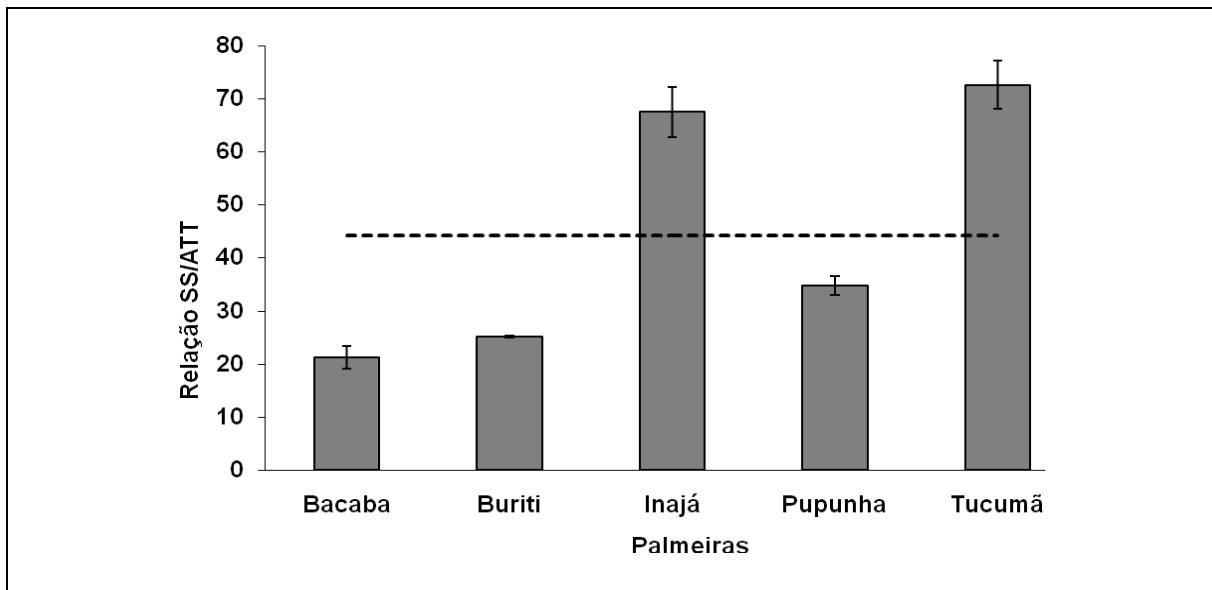


Figura 9. Relação SS/AT dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

O conteúdo de sólidos solúvel elevado e a baixa acidez justificam os elevados valores para relação SS/AT obtidos para o tucumã e inajá, o que pode ser constatado pela maior predominância do sabor doce desses frutos em relação aos demais. Entretanto, os resultados encontrados neste estudo são muito superiores aos relatados para o inajá por Bezerra et al. (2006) e para o tucumã por Leitão (2008).

Os ácidos orgânicos contribuem para a qualidade sensorial dos frutos, devido, principalmente ao balanço entre seus conteúdos e os de açúcares, representado pelos valores da relação SS/AT (SOUZA, 2004). Para Chitarra & Chitarra (2005) a relação SS/AT é mais representativa que a análise isolada do teor de açúcares ou da acidez, pois além de dar uma idéia do equilíbrio entre esses dois componentes indica o sabor dos frutos.

3.2.4- Teores de açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR)

Dentre as espécies analisadas, o tucumã apresentou o maior teor de açúcares totais, com valor médio de 6,48% (Figura 10), sendo este valor superior ao encontrado por Yuyama et al. (2008), que relataram 1,99 %.

Os teores médios de AST obtidos para bacaba, buriti e inajá foram 3,58; 3,25 e 3,7 %, respectivamente, não tendo sido encontradas referências prévias sobre os teores de AT para estes frutos. No açaí Freire et al. (2000) relataram teor de AT de 1,84 %, inferior ao que foi encontrado neste estudo na bacaba.

Para pupunha o valor médio obtido de açúcares totais foi 0,96 %. Já Silveira et al. (2009) encontraram na pupunha sem caroço 3,6 % para AT, valor este bem superior ao obtido neste estudo.

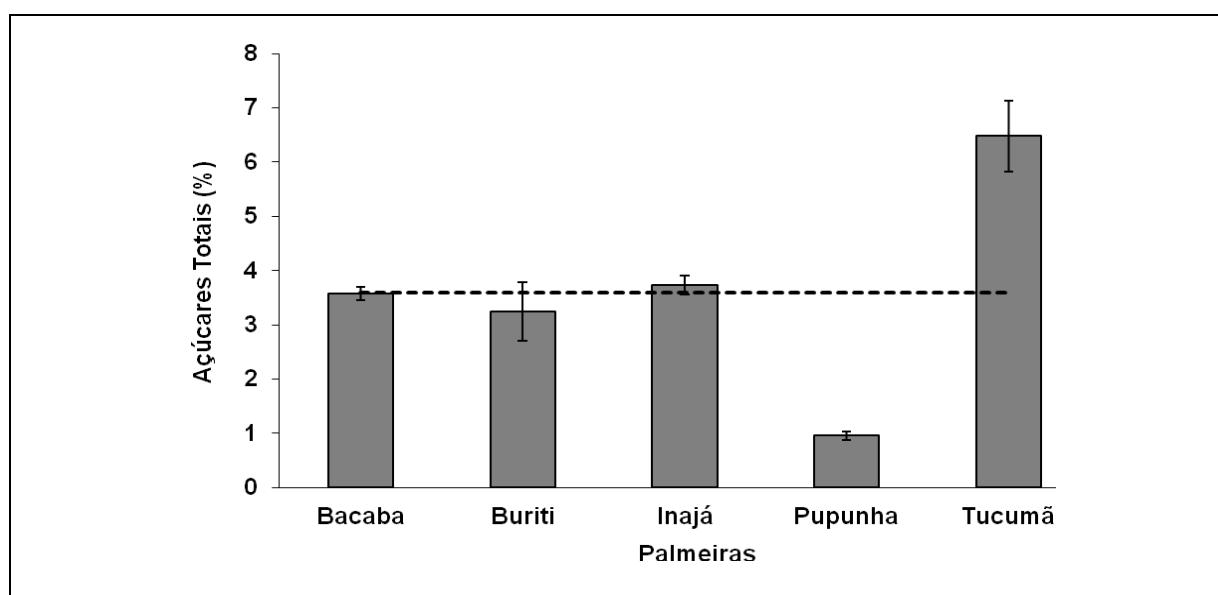


Figura 10. Teor de açúcares totais dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Tanto o conteúdo como a composição dos açúcares tem um papel fundamental no sabor, sendo também indicadores de estádio de maturação dos frutos (KADER, 1999; WANG, 1999). Vários fatores influenciam os percentuais de açúcares nos frutos, entre eles encontram-se as características genéticas, as condições climáticas, o tipo de solo, nutrição de plantas, etc. (CARVALHO et al., 2008).

Em relação aos teores de açúcares redutores (Figura 11), pode ser observado que, para bacaba, buriti e tucumã, os valores médios encontrados foram próximos, 2,78; 2,45 e 2,63 %, respectivamente. Yuyama et al. (2008) avaliando o tucumã do Estado do Amazonas, encontraram teor de AR de 1,27 %, inferior ao encontrado pelo presente estudo.

A pupunha apresentou baixo teor de AR, com valor médio de 0,58 %. Silveira et al. (2009), analisando pupunha sem semente, encontraram 1,3 % de AR, resultado superior ao obtido neste estudo.

Não foram encontrados na literatura informações sobre os teores de açúcares redutores para a bacaba, buriti e inajá. Noçaí, também pertencente à família Arecaceae, Freire et al. (2000) obtiveram valor de 1,84 % para os AR.

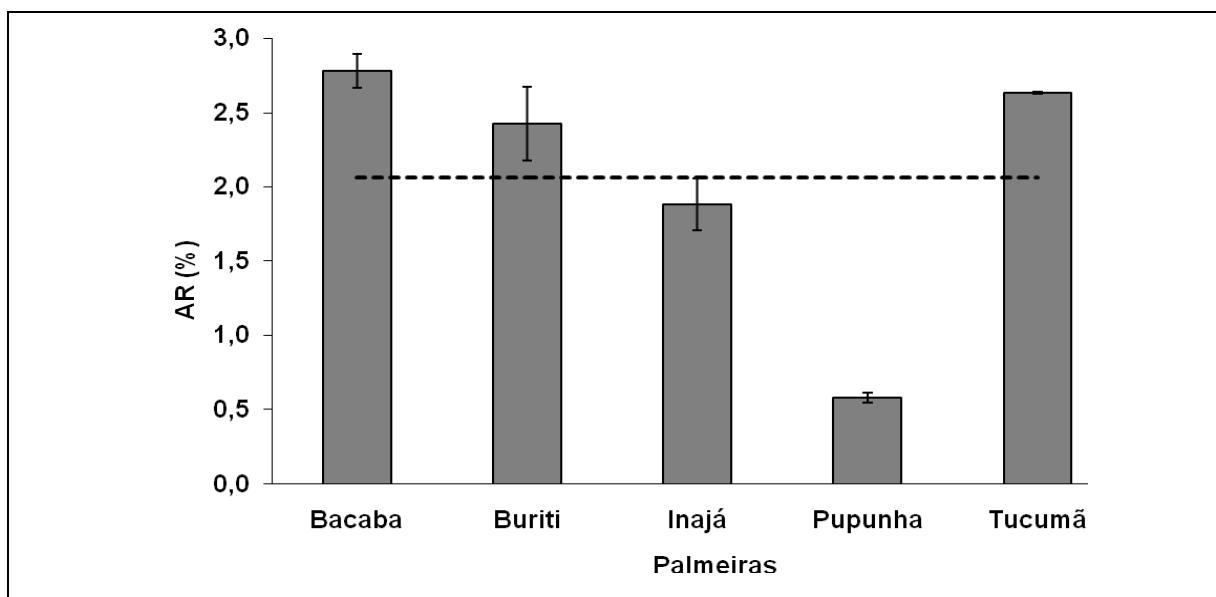


Figura 11. Teor de açúcares redutores dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Os açúcares redutores em relação aos açúcares totais representam aproximadamente 77 % na bacaba, 74 % no buriti, 50 % no inajá e na pupunha, 40 % no tucumã, podendo ser inferido que a diferença seja decorrente de açúcares não redutores. Deve-se destacar que em muitos frutos 70 % dos açúcares totais são constituídos por açúcares redutores.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o conteúdo de açúcares redutores é composto principalmente de glicose e frutose. A quantificação dos teores de açúcares individualmente é importante quando se pretende avaliar o grau de docura do fruto, pois o poder adoçante desses açúcares é variável e aumenta na seqüência glicose>sacarose>frutose.

As quantidades de açúcares totais em relação aos sólidos solúveis correspondem aproximadamente 85, 78, 57, 40 e 15 % para bacaba, tucumã, inajá, buriti e pupunha, respectivamente.

3.2.5-Amido

Entre os frutos estudados, a pupunha e o inajá apresentaram os maiores percentuais de amido, 24,89 e 14,49 %, respectivamente (Figura 12). O buriti, por sua vez, obteve o menor percentual (2,15 %).

Para bacaba e tucumã, os valores médios obtidos para o teor de amido foram 8,59 e 10,49 %, respectivamente. Não foram encontrados na literatura referências sobre o percentual de amido nestes frutos, assim como no buriti e inajá. Entretanto, para o açaí, Freire et al. (2000) obtiveram um percentual de 9,3 % de amido no fruto maduro.

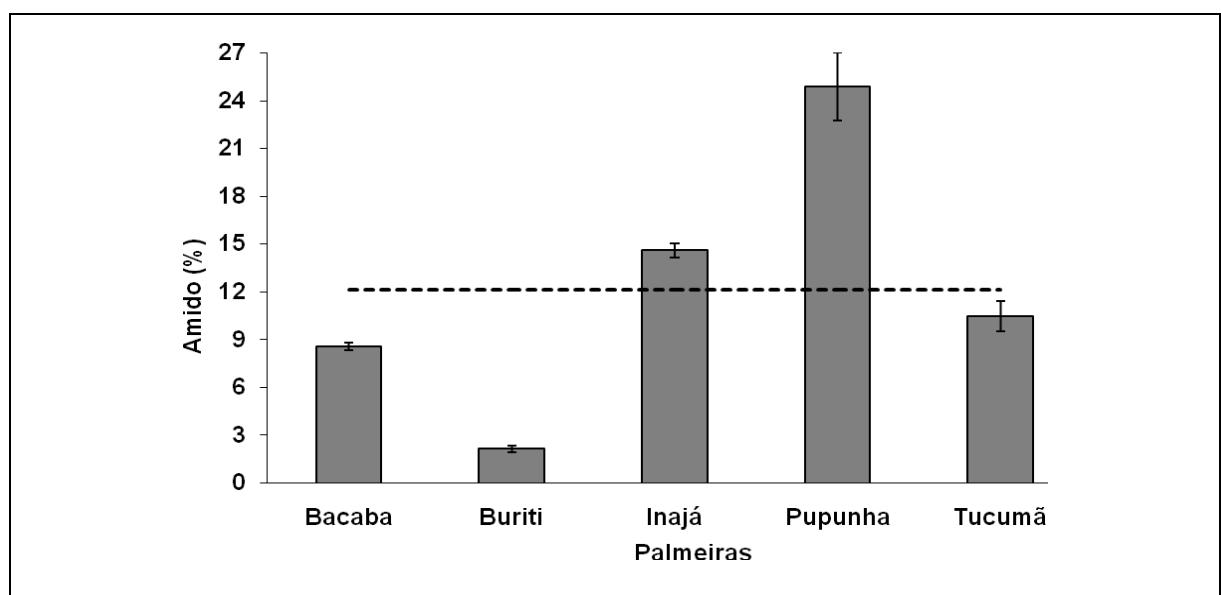


Figura 12. Teor de amido dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Silveira et al. (2009), estudando a pupunha sem semente, identificaram também elevado teor de amido 14,11 %, contudo muito inferior aos encontrados neste trabalho, indicando que parte do polissacarídeo pode estar contido na semente. Portanto, embora a pupunha seja pobre em açúcares, é rica em valor energético, devido ao elevado teor de amido,

chegando até mesmo, em algumas variedades, a se perceber o sabor amiláceo nos frutos de pupunha cozido.

Segundo Teixeira et al. (2000) frutos que apresentam elevada quantidade de amido ($> 1\%$) podem ter dificuldades no processamento e estabilização do suco. A presença do amido também pode dificultar a extração manual da polpa, enquanto que na extração mecanizada, o rendimento pode ser melhorado, desde que o processo inclua a utilização de um complexo de enzimas contendo amilase.

3.2.6- Teores de pectina total (PT) e pectina solúvel (PS)

Os valores médios obtidos de pectina total são próximos entre as espécies estudadas, estando entre 0,71 e 0,97 % (Figura 13). Os teores médios de pectina total no inajá e tucumã coincidiram, sendo 0,75 %, e foram aproximados ao valor médio obtido para o buriti (0,71%). A pupunha apresentou o maior valor médio de pectina total, 0,97 %.

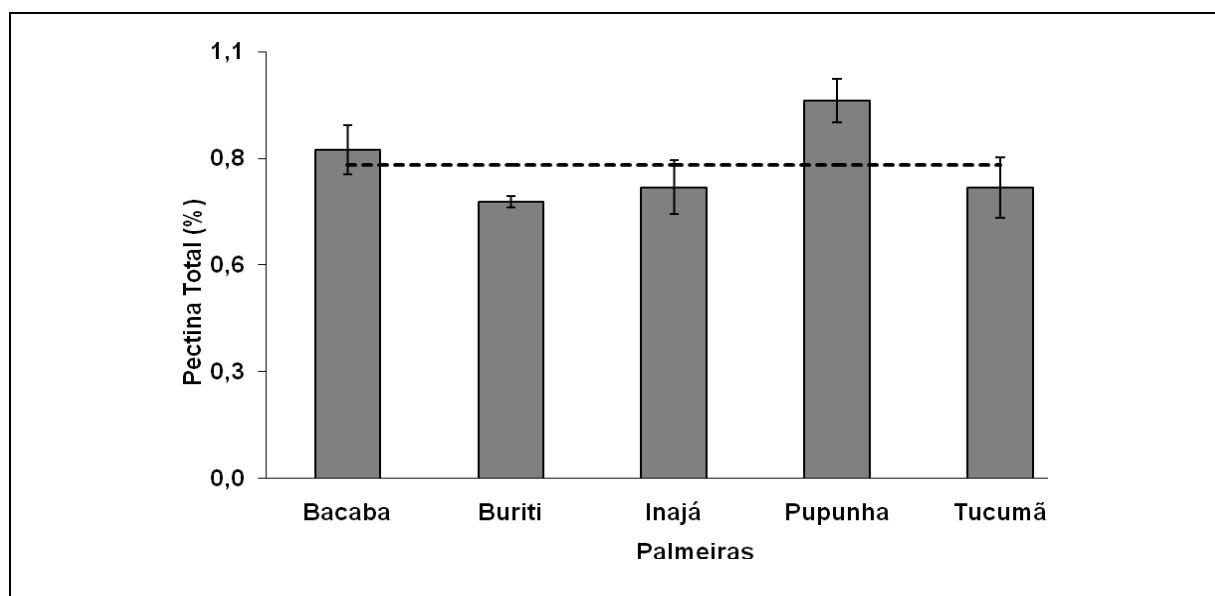


Figura 13. Teor de pectina total de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Não foram encontrados na literatura dados sobre o teor de pectina total em nenhum fruto das palmeiras estudadas. Entretanto, comparando os resultados obtidos com o reportado por Freire et al. (2000) no açaí, que é considerada uma das frutas ricas em pectina,

com 0,67 % de PT, sendo inferior a média geral apresentada neste estudo (0,81 %). Assim sendo, as espécies avaliadas neste trabalho podem ser consideradas ricas em pectinas.

Índices elevados de pectina total são importantes para a conservação pós-colheita da fruta, uma vez que as pectinas influenciam a textura dos frutos e consequentemente na sua conservação. Também são importantes como matéria prima destinada à indústria, principalmente para elaboração de geléias e doces em massa, diminuindo o custo do processamento, devido à menor necessidade de adição da pectina comercial e redução do tempo de fabricação (ANTUNES et al., 2006).

Com relação à pectina solúvel, observou-se proximidade no conteúdo entre as espécies analisadas, com teores de 0,12 a 0,24 % (Figura 14). O tucumã apresentou o maior valor médio de pectina solúvel (0,24 %), seguido pela bacaba (0,18 %) e pupunha (0,16 %). Para o buriti e inajá, os valores médios encontrados coincidiram (0,12 %), não sendo encontrados na literatura, dados referentes para pectina solúvel nos frutos das palmeiras em estudo.

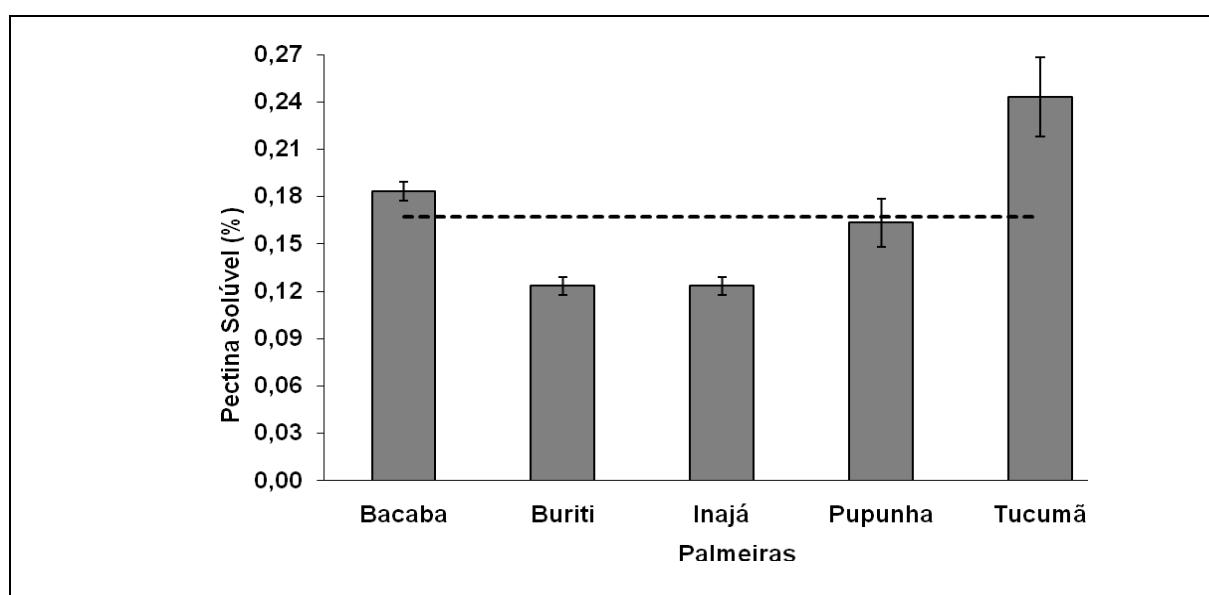


Figura 14. Teor de pectina solúvel dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Frutos com elevado percentual de pectina solúvel apresentam geralmente textura fraca e são pouco resistentes ao transporte e armazenamento (SILVEIRA, 2008).

4. CONCLUSÕES

Exceto a pupunha, as espécies de palmeiras nativas estudadas, apresentaram um baixo rendimento da porção comestível;

Todos os frutos de palmeiras estudadas apresentaram baixos valores para acidez;

Com exceção do buriti, os frutos das palmeiras estudadas apresentaram um pH elevado, estando acima da faixa considerada segura do ponto de vista da segurança alimentar.

O inajá e tucumã apresentaram os maiores valores para relação SS/AT, sendo indicados tanto para consumo fresco pelo sabor doce, como também para a industrialização.

O elevado teor de amido e a pectina presentes especialmente na pupunha conferem a este fruto potencial para elaboração de farinhas a serem utilizadas na panificação, mingaus e molhos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA. S. S. e SILVA, P.J.D. **As palmeiras: aspectos botânicos, ecológicos e econômicos.** In: LISBOA, P. L.B (Org.). Caxuanã. Belém: CNPq/MPEG, p. 235-250, 1997.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações de compostos fenólicos e pectina em pós-colheita de frutos de amora-preta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.57-61, 2006.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 11ed. Washington: AOAC, 1992. 115p.
- BEZERRA, V. S.; FERREIRA, L. A. M.; PEREIRA, S. S. C.; CARIM, M. J. C. O inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) como potencial alimentar e oleaginoso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3, 2006, Varginha. **Artigos....**Varginha: UFLA, 2006.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, 54, 484-489, 1973.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C. e B. M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura.** [online]. v.32, n.4, p. 1196-1205, 2010.
- CARROL, D. E. **Muscadine grapes: factores influencing product quality.** In: PATTEE, H. E. Evaluation of quality of fruits and vegetables. Westport, AVI, p. 177-197, 1985.
- CARVALHO, G. L. de. Concentrações de cloreto de cálcio e tempos de armazenamento nos teores de açúcares redutores de uvas cv Red Globe (*Vitis vinifera* L). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.32, n.3, p.894-899, 2008.
- CARVALHO, J. E. U. e MULLER, C. H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 3p, (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 139).
- CHITARRA, M. I. F. e CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005, 783 p.
- CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E e VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências.** Montevideu, 9 (1-2): 67-71, 2005.
- FERREIRA, C. D. e PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p. 251-255, 2003.

FREIRE, E. S.; SOUZA, S. M. M. e MENCONÇA, M. A. S. **Caracterização de frutas nativas da América Latina: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** Jaboticabal: Funep. (Série Frutas Nativas). p. 3-6, 2000.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. de. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M da. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*byrsonima verbascifolia* rich. ex. a. juss). **Cerne**, Lavras, v.12, n.1, p. 84-91, 2006.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** 3ed. v.1, São Paulo: IAL, 2005. v. 1, 533p.

JARDIM, M. A. G.; SANTOS, G. C.; MEDEIROS, T. D. S. e FRANCEZ, D. C. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. **Amazônia: Ci. & Desenv.** Belém, v. 2, n.4, p. 67-84, 2007.

LEITÃO, A. C. **Caracterização morfológica e físico-química de frutos e sementes de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae), de uma floresta secundária.** Tese- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil, 2008, 104 p.

LORENZI, H. et al. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras).** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010, 368p.

LUCENA, E. M. P. de. et al. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas “Tommy Atkins” no vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 29, n. 1, p.96-101, 2007.

KADER, A. A. Fruit maturity ripening on quality relationships. **Acta Horticulture**, Leuven, n. 485, p.203-208, 1999.

MacCREADY, R. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material in fruits. **Anal. Chem.**, 24, p.1586-1588, 1952.

MIRANDA, I. P. A et al. **Frutos de palmeiras da Amazônia I.** Manaus: MCT INPA, 2001, 120 p.

SILVEIRA, M. R. S. da. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de puçuzeiro ‘coroa de frade’ (*Mouriri elliptica* Mart.) da vegetação litorânea do Ceará.** 2008. 116p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SILVEIRA, M. R. S. et. al. Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de pupunheira sem semente. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL.** Fortaleza, CE, 2009.

SOUZA, L. M. de. **Algumas características físicas e químicas de mamões (*Carica papaya* L.) dos grupos “Formosa” (Tainung 01) e “solo” (Golden, com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação.** 2004. 103p. Dissertação (Mestrado em

Produção Vegetal) – Universidade Estadual Norte do Fluminense, Campos dos Goitacazes, 2004.

TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, R. E. **Bacuri** (*Platonia insignis Mart.*). Jaboticabal: FUNEP, 2000. 66p. (Série Frutas Nativas, 9).

WANG, C. Y. Postharvest quality decline, quality maintenance e quality evaluation. **Acta Horticulture**, Leuven, v.485, p. 389-392, 1999.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **Biochem. J.**, 57, 508-517, 1954.

YUYAMA, L. K. O. et al. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central amazonia, Brasil. **International Journal of food Sciences and Nutrition**, 54, n.1, p. 49-56, 2003.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L e MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida de prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum Meyer*) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.2, p. 408-412, 2008.

CAPÍTULO III

COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS PROCEDENTES DO AMAPÁ

RESUMO

Os compostos bioativos encontrados naturalmente nas frutas são fontes de antioxidantes que comprovadamente apresentam ação protetora para a saúde quando consumidos em quantidades significativas. Nos últimos anos, observa-se um grande interesse por novas fontes desses compostos, especialmente em espécies nativas ainda pouco exploradas, mas que possuem algum potencial para utilização, como é o caso de determinadas palmeiras. O objetivo deste estudo foi avaliar os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante total dos frutos de palmeiras nativas do Amapá. Foram avaliados frutos de cinco espécies de palmeiras, bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), quanto aos teores de ácido ascórbico, antocianinas totais (AT), flavonóides amarelos (FA), carotenóides totais (CT) e polifenóis extraíveis totais (PET), assim como a atividade antioxidante total pelos métodos ORAC, DPPH e β -caroteno/ácido linoléico. Os frutos apresentaram elevados conteúdos de polifenóis extraíveis totais, especialmente a bacaba e o tucumã (941,56 e 158,98 mg de ácido gálico. 100g^{-1}); carotenóides totais, no caso do tucumã e buriti (7,24 e 4,67 mg. 100g^{-1}) e antocianinas totais, para bacaba (80,76 mg. 100g^{-1}). Também foram registrados valores relevantes para vitamina C (bacaba e tucumã) e flavonóides amarelos (bacaba, tucumã e buriti). Quanto à capacidade antioxidante, a bacaba apresentou a maior atividade antioxidante total pelos métodos ORAC (194,67 μM Trolox. g^{-1}), DPPH (47,46 g polpa. g^{-1} DPPH) e β -caroteno/ácido linoléico (92,17 % I.O). Os frutos das palmeiras estudados podem ser considerados boas fontes de compostos bioativos, inclusive com quantidades superiores a algumas frutas habitualmente consumidas, sendo que os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante nestes frutos foram os polifenóis extraíveis totais e antocianinas.

Palavras-chave: frutas nativas, polifenóis, compostos funcionais e antioxidantes.

ABSTRACT

The bioactive compounds found naturally in fruits are sources of antioxidants that are proved to have protective effect on health when consumed in significant quantities. In recent years, there has been a great interest for new sources of these compounds, especially native not yet explored, but have some potential for use as is the case with certain palm. The objective of this study was to evaluate the content of bioactive compounds and total antioxidant activity of native palms fruits from Amapá. We evaluated the fruits of five species of palms, bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) Buriti (*Mauritia flexuosa* Lf), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) and tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), for grades ascorbic acid, anthocyanins (TA), yellow flavonoids (FA), total carotenoids (TC) and total extractable polyphenols (TEP), as well as the total antioxidant activity by ORAC methods, DPPH and β -carotene / linoleic acid. The fruits had high content of extractables total polyphenols, especially bacaba and tucumã (941,56 and 158,98 mg of galic acid. 100g^{-1}), total carotenoids, in the case of tucumã and buriti (7,24 and 4.67 mg 100g^{-1}) and anthocyanins to bacaba (80,76 mg 100g^{-1}). Also were recorded relevant values for vitamin C (bacaba and tucumã) and yellow flavonoids (bacaba, tucumã and buriti). As for the antioxidant capacity, bacaba had the highest total antioxidant activity by ORAC method (194,67 $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$), DPPH (47,46 g pulp. g^{-1} DPPH) and β -carotene/ linoleic acid (92,17 % IO). Palms fruits studied can be considered good sources of bioactive compounds, including amounts in excess of some commonly consumed fruits, and the bioactive compounds directly responsible for antioxidant activity in these fruits were the total extractable polyphenols and anthocyanins.

Keywords: native fruits, polyphenols, functional compounds and antioxidant.

1. INTRODUÇÃO

As frutas contêm constituintes químicos que desempenham importante atividade biológica. Esses compostos, chamados de bioativos ou fitoquímicos, são encontrados geralmente em pequenas quantidades nos alimentos, especialmente nos vegetais e podem atuar de diferentes maneiras em benefício da saúde humana (HORST e LAJOLO, 2007).

Segundo Prior e Cao (2000), as frutas são reconhecidas como alimento funcional, pois além da função de nutrir para manutenção do bom funcionamento do organismo, seu valor é associado às substâncias que possuem propriedades protetoras, na maioria dos casos devido a sua atividade antioxidante. Dentre estas substâncias destacam-se as do grupo dos polifenóis, carotenóides, ácido ascórbico, tocoferóis, etc. Estes compostos por apresentarem propriedade antioxidante, atuam retardando a velocidade das reações oxidativas, protegendo o organismo contra as espécies reativas de oxigênio (HALLIWELL, 2006).

Nos últimos anos, a busca por alimentos que são boas fontes de antioxidantes naturais vem impulsionando os estudos de avaliação de compostos presentes em espécies vegetais que poderiam estar relacionados à atividade antioxidante (VOLP et al., 2009). A região Amazônia abriga inúmeras frutas nativas que poderiam preencher esta lacuna e que apresentam um grande potencial a ser explorado na forma de alimentos funcionais, dentre as quais estão incluídas algumas espécies de palmeiras, como a bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart), o buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), o inajá (*Maximiliana maripa* Aubl.Drude), a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e o tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart).

No entanto, são escassas as informações científicas sobre o potencial funcional das palmeiras nativas, principalmente aquelas que são ainda pouco aproveitadas na região como fonte alimentar. Estudos referentes à determinação de constituintes com alegação funcional presentes nestas espécies, assim como a capacidade antioxidante podem incentivar o consumo, além de gerar novas alternativas de utilização pela comunidade e/ou indústria, contribuindo dessa forma para sua valorização. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante total dos frutos de palmeiras nativas do Amapá, com vistas à identificação de constituintes potenciais de alegação funcional, valorizando seu consumo humano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material

Frutos de cinco espécies de palmeiras nativas (bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã) coletados no estádio “maduro” em diferentes regiões do Estado do Amapá, foram selecionados e transportados por via aérea para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE, para avaliação dos compostos bioativos e da Atividade antioxidante. Foram utilizadas amostragens contendo 27 frutos para buriti, inajá, pupunha e tucumã e 50 frutos para bacaba, devido o menor tamanho do fruto. Utilizaram-se três repetições com frutos provenientes de uma mesma planta.

Na bacaba, a porção casca é inseparável da polpa, por isso foi considerada como seu componente. No tucumã, a porção comestível incluiu tanto o mesocarpo como o epicarpo, já que tradicionalmente esta é a forma de consumo deste fruto na região. Para buriti, inajá e pupunha, a porção analisada foi o mesocarpo.

2.2- Métodos

2.2.1-Determinação dos compostos bioativos

2.2.1.1. Ácido Ascórbico

Determinada por titulometria seguindo procedimento descrito por Strohecker e Henning (1967). Foi utilizado 1 g de amostra diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,05 % e titulado com solução de DFI (2,6-diclorofenolindofenol 0,02 %) até mudança de coloração, dependendo da amostra. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de massa fresca.

2.2.1.2- Antocianinas totais (AT) e flavonóides amarelos (FA)

Determinados seguindo metodologia de Francis (1982). Foram utilizados 1,0 g de amostra no caso do buriti, inajá, pupunha e tucumã e 0,5 g para bacaba, adicionados 30 mL da solução de etanol 95 % mais HCl 1,5 M na proporção 85:15 (v:v) respectivamente, a seguir triturados por 2 minutos no homogeneizador tipo ‘turrax’, transferidos para balão volumétrico de 50 mL, completado o volume com solução extratora e deixado em repouso sob

refrigeração por uma noite na ausência de luz. Após esse período, foi realizada a filtração e imediatamente a leitura no espectrofotômetro a 535nm e 374nm, para antocianinas e flavonóides amarelos, respectivamente.

Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹ de polpa e calculados mediante as seguintes fórmulas:

$$AT = \text{fator de diluição} \times \text{absorbância}/98,2$$

$$FA = \text{fator de diluição} \times \text{absorbância}/76,6$$

2.2.1.3- Carotenóides totais (CT)

Determinados pelo método de Higby (1962) com algumas adaptações. Foram pesados em recipiente de aço inox 5 g de bacaba, inajá e pupunha, ou 2,5 g de buriti e tucumã, adicionados 15 mL de álcool isopropílico, 5 mL de hexano e agitado mecanicamente (turrax). Transferiu-se o conteúdo para um funil de separação de 125 mL protegido da luz, completou-se o volume com água destilada, deixando em repouso por 30 minutos e seguidamente removeu-se a fase aquosa, sendo esta operação realizada por mais duas vezes. A fase oleosa foi filtrada com algodão contendo uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro em um balão volumétrico âmbar de 25 mL, no qual foi adicionado 2,5 mL de acetona e completado o volume com hexano. A leitura foi realizada no espectrofotômetro a 450 nm.

Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹ e calculados mediante a fórmula:

$$C = (A_{450} \times 100) / (250 \times L \times W)$$

Onde: A_{450} =absorbância, L=largura da cubeta em cm, W=quantidade da amostra original no volume final da diluição.

2.2.1.4- Polifenóis extraíveis totais (PET)

Determinados através do método Folin-Ciocalteu com utilização de uma curva padrão de ácido gálico como referência, seguindo procedimento descrito por Larrauri et al. (1997). Partiu-se da amostra liofilizada utilizando 5 g de buriti, inajá, pupunha e tucumã ou de 2 g de bacaba, adicionou-se 20 mL de metanol/água (50:50, v/v), manteve-se sob agitação por 1 hora, em seguida foi centrifugado a 15.000 rpm durante 15 minutos e o sobrenadante

filtrado em balão de 50 mL. Ao resíduo, adicionou-se 20 mL de acetona/água (70:30, v/v), levou-se para agitar por mais uma hora e se repetiu as operações de centrifugação e filtração, o sobrenadante foi adicionado ao extrato da primeira extração e o volume do balão completado com uma mistura das soluções de metanol e acetona (50:50, v/v). As amostras foram preparadas utilizando diferentes alíquotas dependendo do fruto, completou-se o volume para 1 mL com água destilada, adicionou-se 1,0 mL do reagente Folin Ciocalteu, 2,0 mL de solução de carbonato de sódio a 20 % e 2 mL de água destilada. As amostras foram agitadas, deixadas em repouso por 30 minutos e efetuado a leitura em espectrofotômetro a 700 nm. Os resultados expressos em mg de ácido gálico. 100 g^{-1} .

2.2.2- Avaliação da atividade antioxidante total

A Atividade antioxidante total dos frutos das palmeiras estudadas foi avaliada utilizando os seguintes métodos:

2.2.2.1-Inibição da oxidação lipídica no sistema modelo β -Caroteno/Ácido Linoléico

Seguiu-se o método desenvolvido por Marco (1968) e modificado por Miller (1971). Inicialmente, foram preparadas a solução controle de Trolox (200 mg.L⁻¹) em éter etílico e a solução de β -caroteno (20 mg/mL). Seguidamente, em um Erlenmeyer de 250 mL protegido da luz com papel alumínio, preparou-se a solução sistema utilizando: 40 μL de ácido linoléico, 14 gotas de Tween 40, 50 μL da solução de β -caroteno e 1 mL de clorofórmio, sendo a mistura homogeneizada e colocada para evaporar o solvente com auxílio do oxigenador. Após evaporação completa do clorofórmio da mistura, adicionou-se aos poucos água previamente saturada com oxigênio por 30 minutos, agitou-se cuidadosamente e efetuou-se a leitura no espectrofotômetro a 470 nm até a solução sistema apresentar uma absorbância entre 0,6 e 0,7 nm.

As amostras foram preparadas em tubos de ensaio, em triplicatas, partindo-se de extratos dos frutos utilizados para determinação do conteúdo PET, em diferentes volumes para obtenção das seguintes concentrações: 10, 5 e 3 mg.L⁻¹, para bacaba; 50, 20 e 10 mg.L⁻¹, para buriti e 40, 20 e 10 mg.L⁻¹, para inajá, pupunha e tucumã, o mesmo ocorreu para o controle. Aos tubos de ensaio com os respectivos extratos, assim como no controle, foram adicionados 5 mL da solução sistema, agitou-se e realizou as leituras no espectrofotômetro a

470 nm de imediato e posteriormente em intervalos de 15 min, durante 120 min, neste período os tubos foram mantidos em banho-maria a 40º C.

Os resultados foram expressos em percentagem de inibição da oxidação (% I.O), sendo calculados conforme descrito por Rufino et al. (2006). A atividade antioxidante dos frutos foi avaliada comparando com a atividade do antioxidante sintético utilizado como controle (Trolox).

2.2.2.2- Capacidade de seqüestrar o radical estável DPPH

De acordo com o método desenvolvido por Brand-Williams et al. (1995) e adotando as modificações de Sánchez-Moreno et al. (1998) e Rufino et al. (2007). A avaliação da atividade antioxidante dos frutos de palmeiras se baseou na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-didrazil) por antioxidantes presentes nos extratos, ocasionando um decréscimo da absorbância a 515 nm, conforme descrito a seguir:

Preparou-se inicialmente uma solução de DPPH 0,06 mM em balão volumétrico de 100 mL com metanol. As amostras foram preparadas em tubos de ensaio utilizando os extratos de PET, nas diferentes concentrações dependendo de cada fruto, conforme testes preliminares. Foram utilizados alíquotas de no máximo 100 µL de extrato, adicionados 3,9 mL da solução de DPPH, homogeneizados e efetuada a leitura a 515 nm, monitorando o declínio da absorbância a cada minuto nos 10 primeiros minutos, e, posteriormente, com intervalos de 5 minutos até a completa estabilização. Dessa forma se obteve a cinética equivalente ao tempo necessário para cada amostra consumir 50 % do DPPH (tempo EC₅₀), sendo de 35 minutos para bacaba, 90 minutos para buriti, inajá e pupunha e 120 minutos para tucumã.

Após o estabelecimento dos parâmetros cinéticos, determinou-se a atividade antioxidante total das amostras, utilizando três concentrações: 5, 3 e 1 mg.L⁻¹, para bacaba; 40, 20 e 10 mg.L⁻¹, para buriti e tucumã; e 200, 100 e 50 mg.L⁻¹, para inajá e pupunha. As amostras foram preparadas em tubos de ensaios, em triplicatas, utilizando como controle 100 µL de uma solução de álcool metílico a 50 %, acetona a 70 % e água destilada (50:40:10 v/v). Foram adicionados 3,9 mL da solução de DPPH, homogeneizados e a seguir deixados em repouso em ambiente escuro pelo tempo estabelecido anteriormente (tempo EC₅₀) para cada

fruto. Após esse período, mediu-se a redução da absorbância a 515 nm, exceto no caso do controle que foi medida inicialmente.

A atividade antioxidante foi expressa como a concentração de antioxidante exigida para reduzir em 50 % a concentração inicial do radical DPPH, calculada conforme descrito por Rufino et al. (2007), com o resultado final expresso em g da porção comestível do fruto. g^{-1} DPPH.

2.2.2.3- Capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC)

Na determinação da atividade antioxidante total pelo método do ORAC seguiu-se a metodologia de Ou et al. (2001) e as adaptações de Pereira (2009), como descrito a seguir:

Os extratos das frutas foram preparados utilizando 0,5 g de amostra liofilizada e 20 mL de acetona 50 % (v/v), em seguida mantidos sob agitação por 1 hora, centrifugados a 25.000 g durante 15 minutos e finalmente o sobrenadante filtrado, obtendo-se assim um extrato inicial na concentração aproximada de 25 g.L^{-1} . Os extratos foram armazenados sob congelamento até o momento da análise. Para cada espécie avaliada, preparou-se diluições dos extratos em solução de tampão fosfato (75 mM, pH 7.4) obtendo-se três concentrações distintas: 0,0625; 0,125 e 0,25 g.L^{-1} , para bacaba e buriti; 0,50; 1,0 e 2,0 g.L^{-1} , para inajá e pupunha e 0,125; 0,25 e 0,50 g.L^{-1} , para tucumã.

As amostras foram preparadas na microplaca em ambiente escuro utilizando 4 repetições para o branco e as concentrações da curva padrão, e 6 repetições para cada concentração dos extratos, na seguinte ordem: alíquotas de 25 μL do branco (Tampão Fosfato), as concentrações da curva do padrão Trolox (6,25; 12,5; 25; 50 e 100 μM) e as respectivas diluições dos extratos das frutas. Imediatamente, foram adicionados 250 μL de solução de fluoresceína (48 nM) em cada amostra, a placa foi agitada suavemente e levada para incubadora a 37°C por 10 minutos. Após o período de incubação, adicionaram-se em cada amostra 50 μL do radical AAPH (153 mM) diluído no tampão fosfato.

As leituras foram realizadas utilizando o programa Kinetics do equipamento Espectro Fluorímetro Varian: Cary Eclipse, com o monitoramento da diminuição da fluoresceína de minuto em minuto, durante 180 minutos.

Os resultados do ORAC foram calculados através da área sob a curva de emissão da fluoresceína, que será proporcional à concentração de Trolox. Partindo dos valores das intensidades ao longo do tempo, calculou-se a área sob a curva (AUC) conforme descrito por PEREIRA et al. (2009).

2.2.3- Análise estatística

Os resultados foram submetidos a uma análise estatística descritiva, com obtenção de valores médios e desvio padrão para cada espécie de palmeira.

Também foi realizado análise de correlação de Pearson ao nível de 1 e 5% de significância pelo teste t, entre os compostos bioativos (ácido ascórbico, antocianinas totais, flavonóides amarelos, carotenóides totais e polifenóis extraíveis totais) e a atividade antioxidante total pelos métodos β caroteno/ácido linoléico, DPPH e ORAC, utilizando o programa GENES (CRUZ, 2001) conforme modelos ilustrados por Cruz e Regazzi (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Compostos bioativos

3.1.1- Ácido Ascórbico

Dentre os frutos avaliados, a bacaba apresentou o maior teor de vitamina C ($30,36 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$), o inajá ($24,46 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e tucumã ($19,19 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$). O buriti e a pupunha apresentaram valores médios aproximados de ácido ascórbico, com $13,38$ e $13,90 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente (Figura 1).

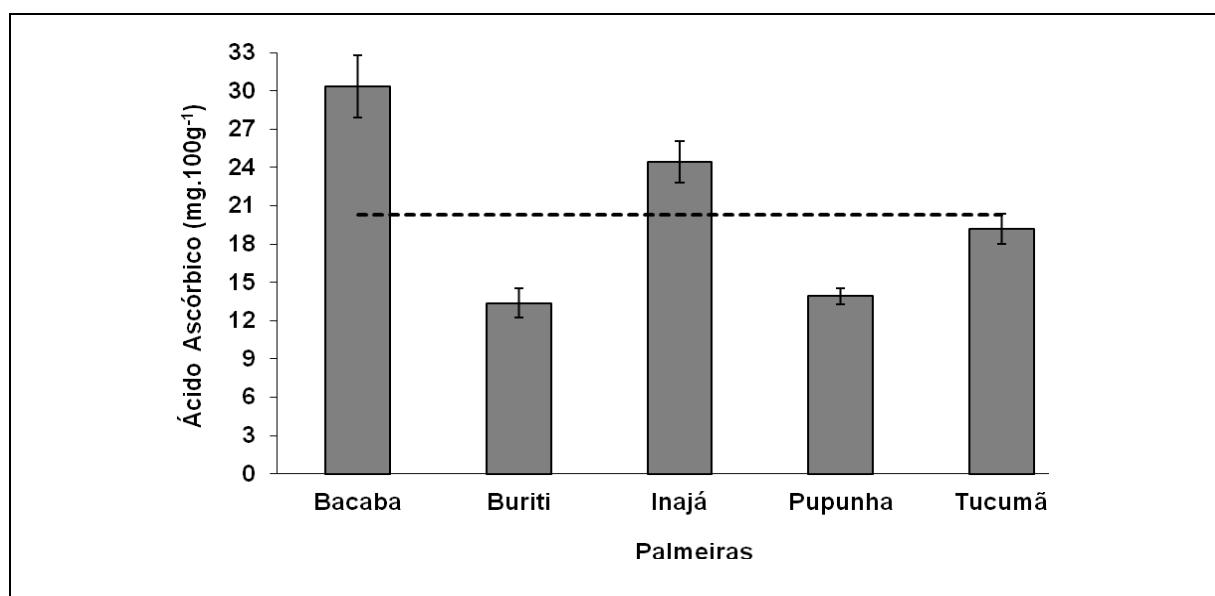


Figura 1. Teor de ácido ascórbico dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Matos et al. (2010) analisando a pupunha procedente do Estado do Acre observaram $16,5 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ para ácido ascórbico, valor equivalente ao registrado neste estudo. Não foram encontradas na literatura referências prévias sobre o conteúdo de ácido ascórbico na bacaba, buriti, inajá e tucumã.

Porém para o açaí, que é um dos frutos de palmeiras nativas mais estudados, Rufino et al. (2010) registraram conteúdo de vitamina C de $80 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de matéria fresca, valor bem superior se comparado aos resultados encontrados neste estudo, para as cinco espécies estudadas.

Os teores de ácido ascórbico registrados nos frutos das palmeiras estão dentro da faixa observada por Sampaio et al. (2005) em algumas frutas habitualmente consumidas na alimentação como melão, banana, maracujá e laranja, que contêm 10,1; 13,2; 20,9 e 30,3 mg.100g⁻¹, respectivamente.

O ácido ascórbico tem funções importantes no organismo humano e nos vegetais tem um papel protetor contra as espécies reativas de oxigênio que são formadas pelo processo respiratório e fotossintético (BIANCHI e ANTUNES 1999; ALVES et al., 2010). Portanto, por ser um composto fundamental em muitos processos fisiológicos do organismo, mesmo os frutos que apresentam conteúdos relativamente baixos, como a pupunha e o buriti, devem ser valorizados.

3.1.2- Antocianinas totais (AT) e flavonóides amarelos (FA)

Observa-se que dentre os frutos avaliados, a bacaba se destacou pelo teor de antocianinas, apresentando valor médio de 80,76 mg.100g⁻¹, enquanto que nas demais espécies foram encontrados baixos teores, sendo 3,61; 3,08; 1,42 e 1,30 mg.100g⁻¹, para tucumã, buriti, inajá e pupunha, respectivamente (Figura 2).

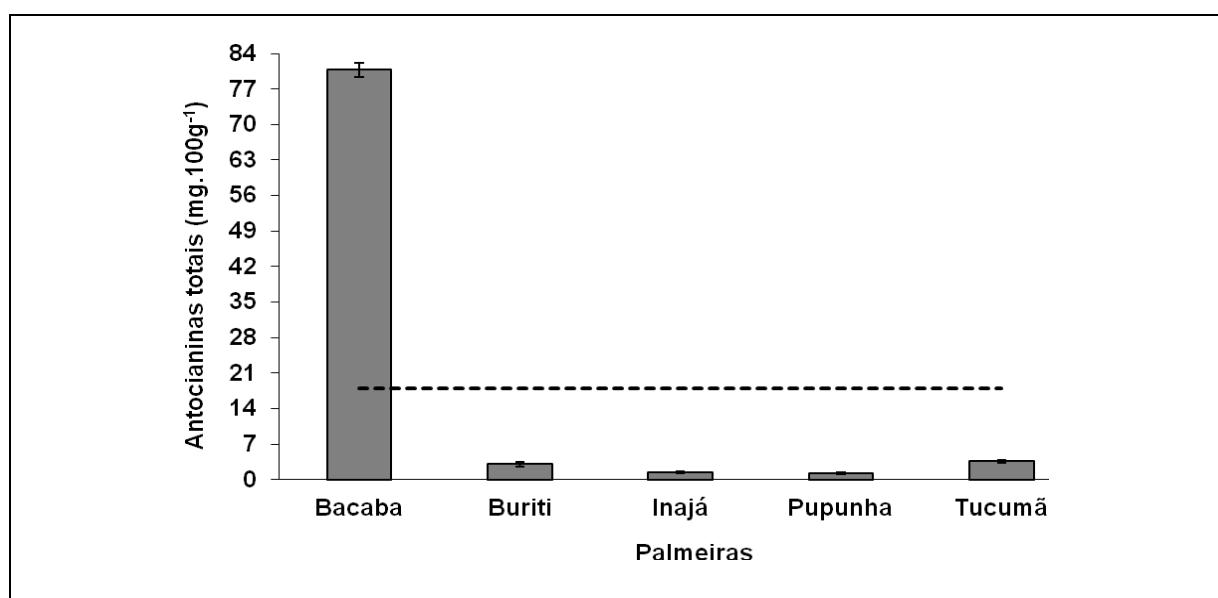


Figura 2. Teor de antocianinas totais de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Matos et al. (2010) estudando frutos da pupunheira procedentes do Estado do Acre obtiveram teores de antocianinas totais de $1,41 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, muito próximo ao valor médio encontrado neste estudo. Não foram encontradas na literatura referências prévias sobre os teores de antocianinas totais para bacaba, buriti, inajá e tucumã.

Embora os valores de antocianinas na bacaba sejam elevados e estejam muito acima das outras espécies estudadas, são inferiores quando comparados aos obtidos por Rufino et al. (2010) em polpa de frutas de duas outras espécies de palmeiras pertencentes a família Arecaceae, o açaí e a juçara, que apresentaram teores médios de 111,0 e 93,3 $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Schauss et al. (2006), estudando a composição fitoquímica do açaí, relataram que este fruto é rico em antocianinas, sendo a cianidina 3-glicosídeo e cianidina 3-rutinosídeo as principais.

As antocianinas são flavonóides, compostos contendo hidroxilas fenólicas, descritos como potenciais antioxidantes, devido apresentar estrutura ideal para o seqüestro de radicais (BAREREIROS et al., 2006). Jardini e Mancini- Filho (2007), relataram que os flavonóides extraídos do suco fermentado e do óleo da romã tiveram atividade inibitória das enzimas oxidantes ciclooxygenase e lipooxygenase. Portanto, em decorrência da elevada quantidade de antocianinas totais encontrada na bacaba, este fruto pode ser considerado uma fonte potencial de antioxidantes.

Com relação aos flavonóides amarelos (Figura 3), os frutos das palmeiras estudados apresentaram teores variando entre o valor mínimo de $14,47 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, para o inajá, e o máximo $35,91 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, para bacaba. No buriti, pupunha e tucumã foram encontrados valores médios de 27,97; 17,07 e $31,05 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

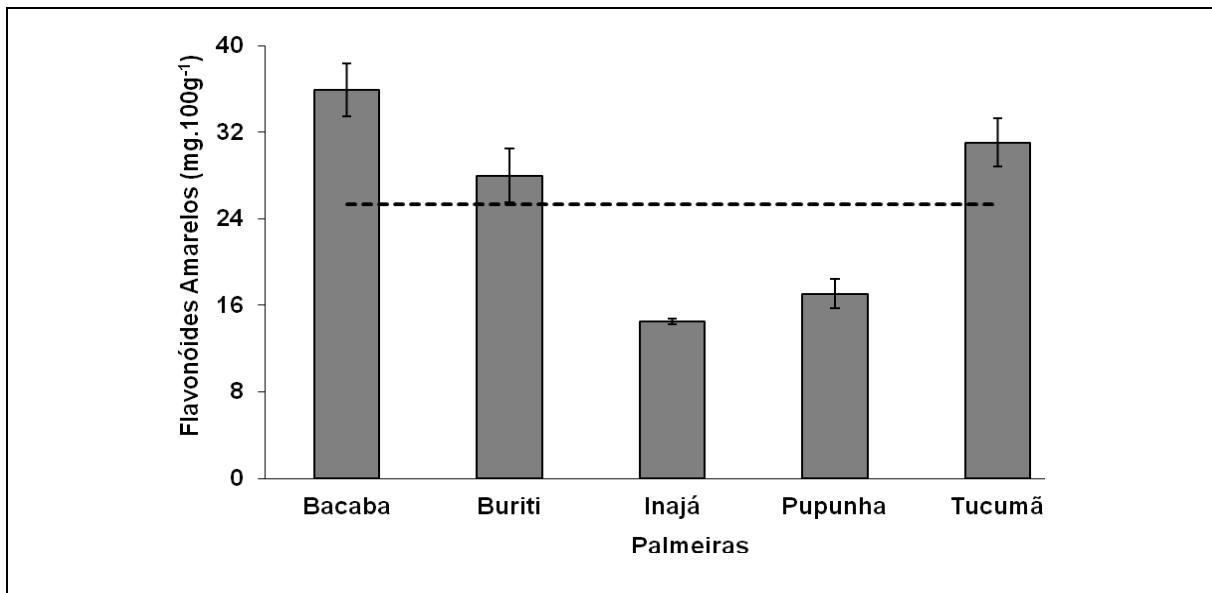


Figura 3. Teor de flavonóides amarelos dos frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Silveira et al. (2009), estudando frutos de pupunheira sem sementes encontravam para flavonóides amarelos um teor de $29,68 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$, valor superior ao que obtivemos neste trabalho. Não foram encontrados na literatura referências sobre teores de flavonóides amarelos para bacaba, buriti, inajá e tucumã.

Segundo Bobbio & Bobbio (1985), os flavonóides são pigmentos naturais encontrados com freqüência nos vegetais. As antocianinas e os flavonóis fazem parte do grupo dos flavonóides, sendo responsáveis pela coloração que varia de vermelho vivo a violeta e de branco a amarelo claro, respectivamente. Dentre os frutos estudados, os que obtiveram maiores teores desses compostos (bacaba, tucumã e buriti) foram aqueles que apresentavam uma coloração mais intensa na porção analisada.

Vale destacar que os flavonóides atuam como antioxidantes na inativação dos radicais livres nos dois compartimentos celulares: lipofílico e hidrofílico (ARORA et al., 1998). Estudos têm demonstrado que flavonóides de diversas fontes exercem significados efeitos benéficos à saúde, como efeitos anti-flamatório, antiaterosclerótico e imunomodulatório (LOEST, NOH & KOO, 2002; SOUZA et al., 2011).

3.1.3- Teor de carotenóides totais (CT)

Dentre os frutos analisados, o tucumã e buriti se destacaram em relação aos demais, apresentando os maiores valores médios, $7,24$ e $4,67 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente (Figura 4). Para pupunha, bacaba e inajá, os valores encontrados foram $2,62$; $0,74$ e $0,43 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$.

Mambrim e Barrera-Arellano (1997), caracterizando frutos de palmeiras da região Amazônica, entre os quais bacaba e tucumã, encontraram valores para carotenóides totais de $0,29$ e $2,42 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente, muito inferiores comparados aos obtidos neste trabalho. Não foram encontradas referências sobre teores de carotenóides no inajá.

Para pupunha, Matos et al. (2010) e Silveira et al. (2009) relataram valores de carotenóides totais de $1,37$ e $0,45 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente, sendo estes resultados, entretanto, inferiores aos encontrados neste estudo.

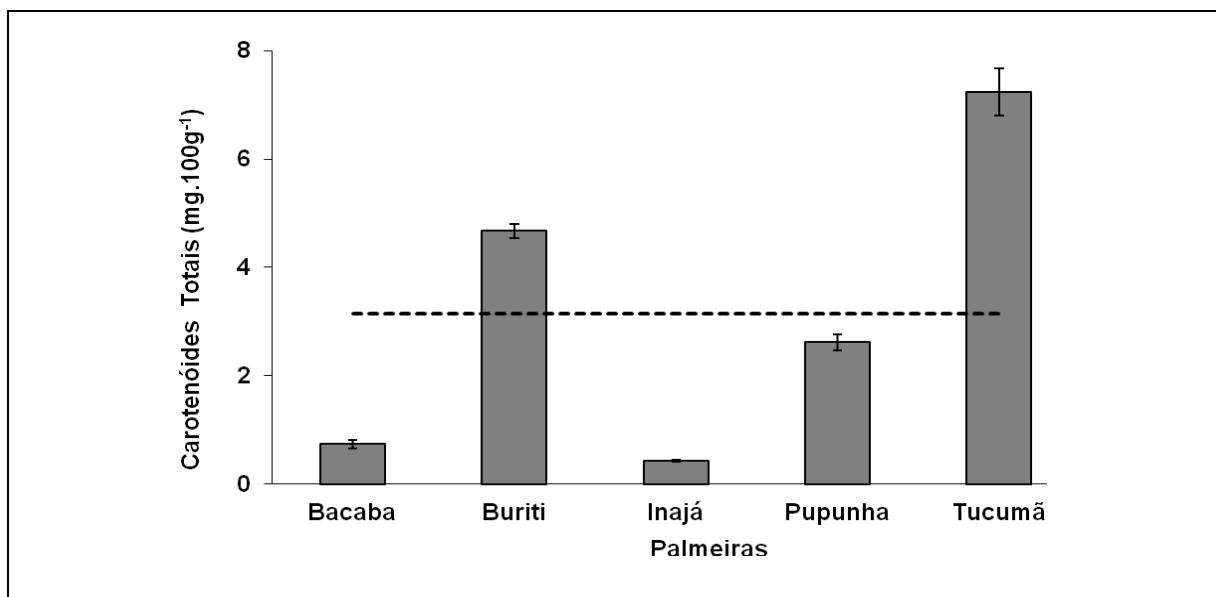


Figura 4. Teor de carotenóides totais da porção comestível de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Segundo Davison et al. (1993) os carotenóides, nos últimos anos, têm recebido grande atenção por suas propriedades antioxidantes e seu potencial está relacionado à prevenção de algumas doenças. Por isso, o conhecimento da composição de carotenóides em espécies ainda pouco estudadas, como estas palmeiras nativas é fundamental para a valorização do potencial dessas espécies.

Para Godoy & Rodriguez-Amaya (1998), entre as frutas consideradas ricas em carotenóides estão: goiaba vermelha ($6,21 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$), manga (1,91 a $2,63 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e mamão ($0,85 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$). Rodriguez-Amaya (1996) relatou que o buriti e dendê, que são frutos de palmeiras, destacam-se como as fontes mais ricas de provitamina A encontradas no Brasil. Assim, com exceção da bacaba e inajá, os frutos das espécies estudadas podem ser considerados excelentes fontes desses compostos, como pupunha, buriti e, principalmente, o tucumã.

3.1.4- Teor de polifenóis extraíveis totais- PET

Dentre os frutos estudados, a bacaba destacou-se por apresentar o maior teor de PET, com valor médio de $941,56 \text{ mg de ácido gálico.}100\text{g}^{-1}$ de matéria fresca (Figura 6). Para buriti e tucumã, foram encontrados valores médios de $118,11$ e $158,98 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Por sua vez, a pupunha e o inajá apresentaram os menores teores de PET, com valores médios de $30,48$ e $45,22 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

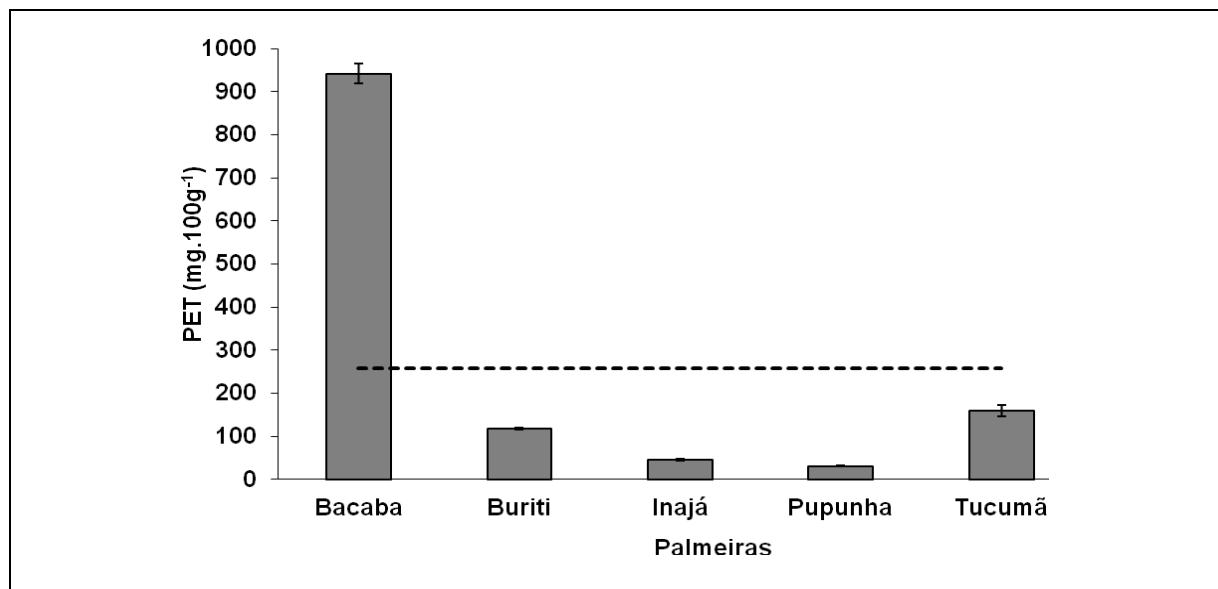


Figura 5. Polifenóis extraíveis totais de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Matos et al. (2010) estudando frutos da pupunheira procedentes do Estado do Acre, relataram valor médio para polifenóis extraíveis totais de $54,48 \text{ mg GAE.}100\text{g}^{-1}$, superior ao obtido neste estudo. As discrepâncias nos resultados no teor de fenólicos podem

ser decorrentes das características ambientais do cultivo, variedade e maturidade dos frutos, além de outros fatores (MELO et al., 2008).

A bacaba se destacou pelo elevado teor de compostos fenólicos encontrados, provavelmente muito deles estão associados à coloração desse fruto. Não existe na literatura dados referentes ao teor de polifenóis na bacaba, assim como para o buriti, inajá e tucumã. Em outros frutos de palmeiras nativas, como a juçara e o açaí, Rufino et al. (2010) encontraram elevados teores de PET, com valores médios de 755 e 454 mg GAE.100g⁻¹, porém ainda inferiores ao apresentado para bacaba.

Melo et al. (2008) determinaram o teor de fenólicos em diversas polpas congeladas comercializadas em Recife-PE, como caju, ceriguela, pitanga, goiaba, graviola e cajá, e obtiveram valores médios de 409,25; 349,81; 272,46; 242,73; 203,94 e 126,85 mg.100g⁻¹, concluindo que todas apresentaram quantidades relevantes de polifenóis. Entretanto, muito inferiores comparados ao obtido neste trabalho para bacaba.

Roesler et al. (2007), avaliando algumas frutas nativas do cerrado brasileiro, observaram que as frações que apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos foram as cascas e as sementes, partes essas normalmente desprezadas durante o consumo da fruta fresca. Nos frutos de bacaba e tucumã estudados, a porção comestível analisada incluiu tanto o mesocarpo como o epicarpo, o que provavelmente pode ter influenciado para que esses frutos apresentassem os maiores teores de polifenóis.

3.2- Atividade Antioxidante Total (AAT)

3.2.1- Método β-caroteno/ácido linoléico

Como pode ser observado na Figura 6, os maiores percentuais de inibição da oxidação foram da bacaba 92,17% na concentração 10 mg. L⁻¹, e do tucumã 92,48 % na concentração 40 mg.L⁻¹. Para o inajá foi registrado 80,18 % e na pupunha 62,09 %, sendo utilizadas em ambos as concentrações 40 mg.L⁻¹. O buriti apresentou 65,14 % na concentração 50 mg.L⁻¹. Vale destacar, que na bacaba embora tenha sido utilizado o extrato numa concentração bem menor, o percentual de inibição da oxidação foi maior, demonstrando uma potente atividade antioxidante deste fruto em relação às demais espécies de palmeiras avaliadas.

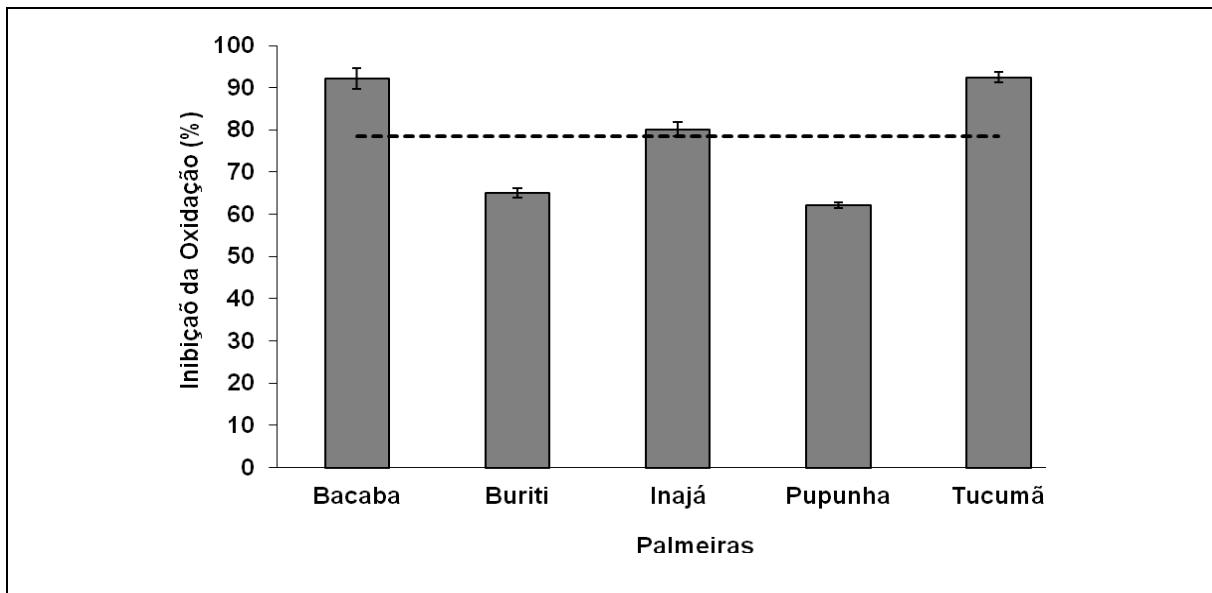


Figura 6. Atividade antioxidante total, pelo método β -caroteno/ácido linoléico, de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

Matos et al. (2010) avaliando a atividade antioxidante total da pupunha, pelo método β -caroteno/ácido linoléico, obtiveram percentuais de inibição da oxidação de 79,81 e 64,64 % para as concentrações de 50 mg.L^{-1} e 25 mg.L^{-1} , respectivamente. Mesmo utilizando concentração mais baixa, os resultados foram superiores ao encontrado em nosso estudo para pupunha na concentração de 40 mg.L^{-1} . No entanto, para Jayaprakasha e Patil (2007), variações na atividade antioxidante de distintos extratos podem ser atribuídas à diferença na composição química, como fenólicos, ácido ascórbico e carotenóides. Em termos de comparação dos resultados, não foram encontrados dados na literatura sobre atividade antioxidante total nas demais espécies de palmeiras estudadas.

Hassimoto et al. (2005), determinando atividade antioxidante em diferentes polpas de frutas, entre as quais a do açaí, pelo método β -caroteno/ácido linoléico, relataram que não houve correlação significativa entre a capacidade antioxidante e a concentração de fenólicos. Já Duarte Almeida et al. (2006) avaliando a atividade antioxidante em compostos fenólicos puros e extratos de frutas pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico, observaram que os frutos como açaí, amora e morango, que contêm maiores conteúdos de flavonóides apresentaram atividade antioxidante elevada, sendo que a quercetina foi a que apresentou o maior percentual de inibição da oxidação, mesmo em menor conteúdo.

Para Koleva et al. (2002), o exato mecanismo de ação do antioxidante no método β -caroteno/ácido linoléico é difícil de ser explicado, especialmente ao testar a ação de matrizes complexas, como os extratos de vegetais, incluindo as frutas.

Em ensaios que contém lipídeos como substrato oxidável, como é o caso do sistema β -caroteno/ácido linoléico o papel protetor do antioxidante depende de sua solubilidade que determina sua distribuição na fase do sistema, incluindo localização e orientação (FRANKEL, 1993). Como também, a complexa composição dos extratos vegetais pode ocasionar interações sinérgicas ou antagônicas entre os compostos presentes, podendo também, afetar sua atividade antioxidante (MELO, et al., 2006).

3.2.2- Método DPPH

Pela metodologia utilizada foi determinada a quantidade de antioxidantes presentes nos extratos capaz de seqüestrar 50 % dos radicais livres DPPH da solução, denominada assim de EC₅₀. Quanto menor o valor desta medida, menor será a quantidade do extrato exigida para reduzir 50 % do radical livre DPPH e consequentemente maior sua atividade antioxidante. Nas espécies de palmeiras estudadas, foram encontrados resultados muito variáveis, com valores de 47,46; 3343,99; 7938,28 e 18936,33 g polpa.g⁻¹ DPPH para bacaba, tucumã buriti e inajá, respectivamente (Figura 7).

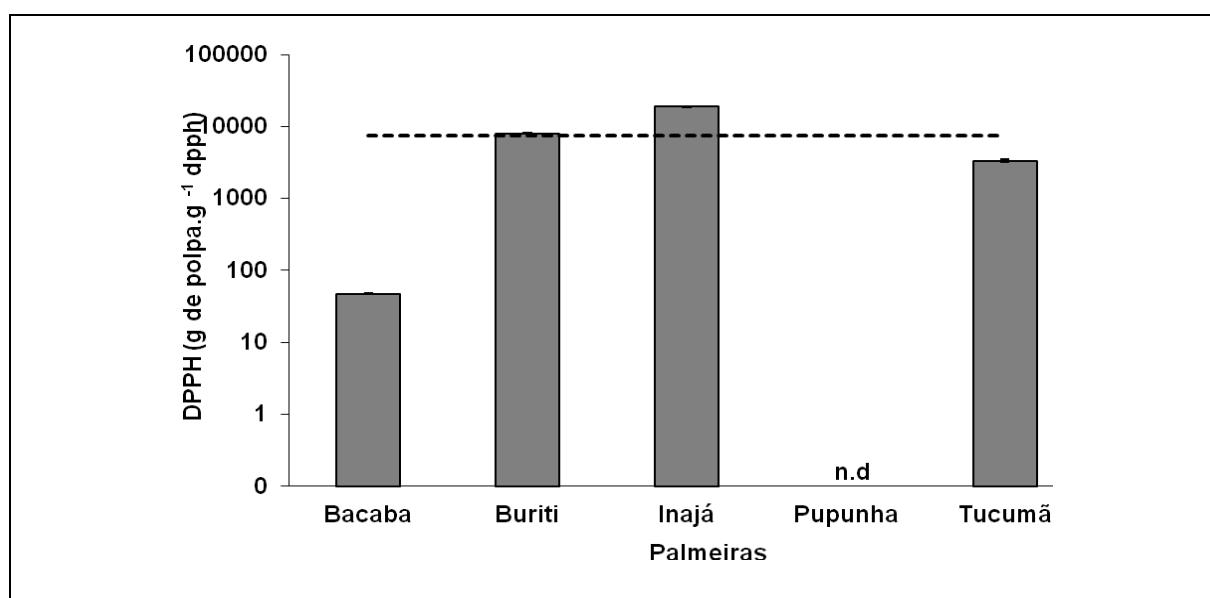


Figura 7. Atividade antioxidante total, pelo método DPPH, de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá (escala logarítmica).

Para pupunha, não foram obtidos valores que permitissem a avaliação de sua ATT por este método, apesar de inúmeros testes em diferentes concentrações. Considera-se que, o baixo teor de PET encontrado na pupunha, pode ser um dos fatores que influenciaram este resultado.

Pelo DPPH, a bacaba foi à espécie que apresentou atividade mais elevada, destacando-se em relação às demais, seguida pelo tucumã. Já o inajá apresentou a menor atividade antioxidante. Vale destacar que neste estudo, os frutos que se destacaram por sua atividade antioxidante por este método, foram os mesmos que apresentaram teores de PET mais elevados, o que, no caso dos frutos destas palmeiras, pode indicar uma relação direta entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante total.

Entretanto, não foram encontradas na literatura referências sobre a atividade antioxidante para nenhuma das frutas analisadas. Rufino et al. (2010), avaliando a atividade antioxidante total em frutas brasileiras entre as quais três espécies de palmeiras da família Areacaceae , encontraram valores médios de 4264; 1711 e 3549 g polpa.g⁻¹ DPPH para açaí, juçara e carnaúba, respectivamente. Podemos observar que a atividade antioxidante apresentada pela bacaba, tucumã e buriti são superiores às relatadas pelos referidos autores para as diferentes espécies de palmeiras. Já o inajá, apresentou atividade antioxidante inferior à juçara, mas superior à carnaúba.

As frutas possuem em sua constituição, vários compostos com ação antioxidante, entre eles, os polifenóis, ácido ascórbico e carotenóides. O conteúdo, assim como o perfil destes constituintes variam em função do tipo, variedade e grau de maturação da fruta, bem como das condições edafoclimáticas do cultivo (LEONG e SHUI, 2002).

3.2.3- Método ORAC

A Atividade antioxidante total das diferentes espécies de palmeiras nativas avaliadas pelo método ORAC podem ser observadas na Figura 8, os valores estão expressos em matéria fresca. Das frutas analisadas, a bacaba apresentou maior atividade antioxidante, com valor médio 194,67 µM Trolox.g⁻¹, enquanto que a menor atividade foi registrada no inajá (26 µM Trolox.g⁻¹), todos em consonância com os resultados obtidos para o DPPH. Para

pupunha, buriti e tucumã, foram encontrados valores médios de 94,33; 89,33 e 64,33 $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$, respectivamente.

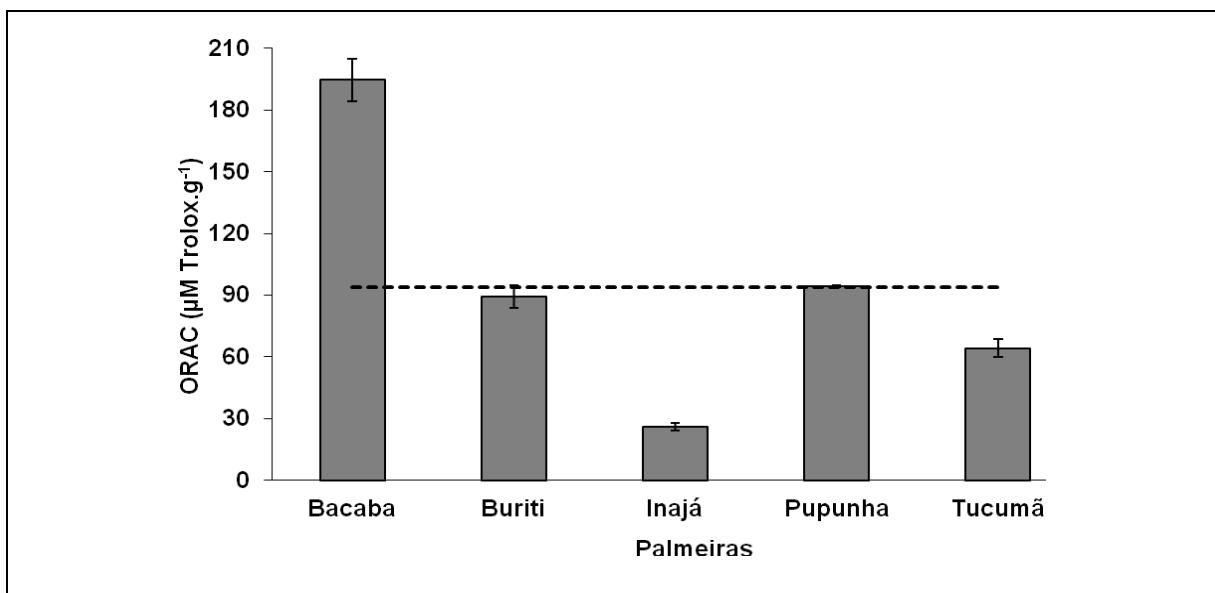


Figura 8. Atividade antioxidante total, pelo método ORAC, de frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas provenientes do Estado do Amapá.

A elevada atividade antioxidante apresentada pela bacaba pode estar relacionada com os maiores teores de compostos bioativos, especialmente os polifenóis extraíveis totais, que podem estar diretamente relacionados com a capacidade antioxidante. Para Liu et al. (2007), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos.

Não foram encontradas na literatura referências relacionadas à atividade antioxidante para nenhuma das frutas do presente estudo. Entretanto, Wu et al. (2004) analisando a capacidade antioxidante total, combinando as frações lipofílica e hidrofílica dos componentes, em 100 diferentes tipos de alimentos, incluindo as frutas, observaram que com exceção da cereja e morango que se destacaram com valores de 2000 e 445 $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$, respectivamente, todas as outras frutas avaliadas apresentaram valor ORAC inferior a 100 $\mu\text{M Trolox/g}$. Portanto, a bacaba destacou-se novamente pela sua elevada capacidade antioxidante.

No ano de 2007, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), divulgou resultados de uma pesquisa sobre a capacidade antioxidante de vários alimentos, pelo método ORAC. Fazem parte desta lista, alguns frutos como abacate, banana, manga,

melão, goiaba, abacaxi e tomate, os quais apresentaram valores de 19,33; 8,79; 10,02; 3,15; 19,9; 8,8 e 4,86 μM Trolox. g^{-1} , sendo todos inferiores aos valores encontrados para os frutos das palmeiras estudadas.

Schauss et al. (2006), avaliando a capacidade antioxidante na polpa do açaí por diferentes ensaios e com várias fontes de radicais livres, obtiveram um valor ORAC de 997 $\mu\text{M TE.g}^{-1}$ de matéria seca. Este resultado reforça a elevada capacidade antioxidante apresentada pelo fruto do açaizeiro. Entretanto, mesmo apresentando um valor inferior ao do açaí, a bacaba comparando à maioria das frutas possui elevada atividade antioxidante.

3.3- Correlação

Houve correlações positivas significativas, a nível de 1%, entre a atividade antioxidante total, pelo método ORAC, com os teores de polifenóis extraíveis totais (0,90**), antocianinas totais (0,90**) e flavonóides amarelos (0,68**) (Tabela 1). A atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoléico, apresentou correlações positivas significativas a nível de 1% com o teor de ácido ascórbico (0,76**) e a nível de 5%, com os teores de PET (0,59*), antocianinas totais (0,54*) e flavonóides amarelos (0,57*).

Tabela 1. Correlações entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total, avaliada por diferentes métodos, de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá.

	ORAC	DPPH ¹	β -CAR/LIN	VIT C	PET	ANT	CT
FLAV	0.34	-0.55	0.36	-0.35	0.95**	0.98**	0.94**
CT	0.42	-0.59	0.39	-0.36	0.91**	0.89**	
ANT	0.18	-0.50	0.47	-0.20	0.97**		
PET	0.11	-0.58	0.56	-0.09			
VIT C	-0.96**	0.37	0.65*				
β -CAR/LIN	-0.63*	-0.28					
DPPH	-0.33						

¹não foram determinados os valores para pupunha.

(**) e (*) significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Gardener et al. (2000), em estudo para avaliar as contribuições relativas do ácido ascórbico, carotenóides e fenólicos totais para o potencial antioxidante de sucos de frutas, observaram que a contribuição dos carotenóides foi insignificante, e que os fenólicos parecem ser os principais compostos que contribuem para o potencial antioxidante nos sucos não cítricos, embora sua identidade e biodisponibilidade requeira uma investigação mais aprofundada.

Neste trabalho, foram observadas correlações negativas significativas, em nível de 5 %, entre a atividade antioxidante total pelo método DPPH com os teores de flavonóides amarelos e polifenóis extraíveis totais, como esperado. Para os compostos bioativos, verificaram-se correlações positivas significativas, em nível de 1 %, entre os teores de PET, flavonóides amarelos e antocianinas totais.

Segundo Couto e Canniatti-Brazaca (2010), em frutos cítricos a capacidade antioxidante provavelmente se deve aos compostos fenólicos e o ácido ascórbico. Os fenólicos são capazes de reduzir radicais livres e quelar metais, enquanto o ácido ascórbico pode ter um papel pró-oxidante na presença de metais de transição. Dessa forma, também nos frutos das palmeiras estudadas, os polifenóis extraíveis totais foram os compostos que mais contribuíram para a atividade antioxidante.

4. CONCLUSÕES

Para os compostos bioativos, os frutos das palmeiras estudadas destacaram-se como excelentes fontes para carotenóides totais (tucumã e buriti), polifenóis extraíveis totais (bacaba e tucumã) e antocianinas totais (bacaba), assim também, como fontes relevantes de flavonóides amarelos (bacaba, tucumã e buriti).

Pode-se considerar que os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante nos frutos das palmeiras estudadas foram os polifenóis extraíveis totais e antocianinas.

Em relação à atividade antioxidante total, os frutos das palmeiras nativas procedentes do Estado do Amapá, apresentaram elevada atividade antioxidante pelos métodos β -caroteno/ácido linoléico (bacaba e tucumã); DPPH (bacaba e tucumã) e ORAC (bacaba). Dentro das espécies estudadas, a bacaba se destacou com a maior atividade antioxidante pelos três métodos avaliados (β -caroteno/ácido linoléico, DPPH e ORAC).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v.33, n.10, p.2202-2210, 2010.
- ARORA, A., MURALEEDHARAN, G.N., STRASBURG, G.M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a series of flavonoids in a liposomal system. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.24, n.9, p.1355-1363, 1998.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 3.ed. Jaboticabal. FUNEP/UNESP-FCAV, 1995. 247p.
- BIANCHI, M. L. P. e ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista Nutrição**, v. 12, n. 2, p.123-130, 1999.
- BOBBIO, P. A. e BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001, 143 p.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, p.15-19, 2010.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 68p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- DAVISON, A.; ROESSEAU, E. and DUNN, B. P. Putative anticarcinogenic actions of carotenoids: nutritional implications. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 71, p. 732-745, 1993.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p. 446-452, 2006.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P (ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.
- FRANKEL, E. N. In search of batter methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. **Food Sci. Technol.**, v. 4, p.220-225, 1993.
- GARDNER, P. T. et al. The relative contributions of vitamin C, carotenóides and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, n.4, p.471-474, 2000.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-isomers of provitamin A in Brazilian vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p.3081-3086, 1998.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen pulps. **J. Agric. Food Chem.**, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**. Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

HORST, M. A. e LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Silvia Maria Franciscato Cozzolino. (Org.). **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2 ed. São Paulo: Manole, v.1, p.697-731, 2007.

KNEKT, P. et al. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. American **Journal of Epidemiology**, Baltimore, v.146, n.3, p.223-230, 1997.

KOLEVA, I. I. et al. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. **Phytochem. Anal.**, v. 13, p. 8-17, 2002.

LARRAURI, J. A.; PUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **J. Agric. Food Chem.** Washington, v.45, p.1390-1393, 1997.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chem.**, Washington, v. 76, p. 69-75, 2002.

LOEST, H. B.; NOH, S. K.; KOO, S. I. Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and alpha-tocopherol in ovariectomized rats. **J. Nutr.**, v.132, n.6, p. 1282-1288, 2002.

MAMBRIN, M. C. T. y BARRERA-ARELLANO. Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazónica del Brasil. **Grasas y Aceites**, v.48, n.3: 154-158, 1997.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **J. Am. Oil Society**, v, 45, p. 594-598, 1968.

MATOS, N. M. S. et al. Quality, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Fruits of a Seedless Peach Palm Selection from Acre, Brazil. In: 28th **International Horticultural Congress - IHC 2010**, Lisboa. Science and Horticulture for People. Lisboa: Editorial Staff, p. 363-363, 2010.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I S.; LIMA, V. L. A. G. e NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n.2, p. 193-201, 2008.

MELO, E. de A. et al. Capacidade antioxidant de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.639-644, 2006.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **J. Am. Oil Society**, v.48, p. 91, 1971.

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, n.10, p.4619-4626, 2001.

PEREIRA, A. C. S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**, 2009, 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PRIOR, R. L. and CAO, G. Antioxydant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. **HortScience**, v. 35, p. 588-592, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Assessment of the provitamin A contents of foods - the Brazilian Experience. **Journal of food composition and analysis**, n. 9, p. 196-230, 1996.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p. 53-60, 2007.

RUFINO, M. S. M. et. al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β-caroteno/ácido linoléico**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4f. (Comunicado Técnico, 126).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4f. (Comunicado Técnico, 127).

SAMPAIO, C. de G. et al. Vitamina C, fenólicos e atividade antioxidante em algumas frutas tropicais comercializadas no estado do Ceará, Brasil. In: Congresso ibero-americano de tecnologia pós-colheita e agroexportação, 4., 2005, porto Alegre. **Anais eletrônicos...1 CD-ROM**. Porto Alegre, 2005.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v.76, n. 10, p. 270-276, 1998.

SCHAUSS, A. G. et al. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (açaí). **J Agric. Food Chem.**, v. 54, n. 22, p. 8598-8603, 2006.

SCHAUSS, A. G. et al. Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (açaí). **J Agric. Food Chem.**, v. 54, n. 22, p. 8604-8610, 2006.

SILVEIRA, M. R. S. et. al. Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de pupunheira sem semente. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL**. Fortaleza, CE, 2009.

SOUZA, M. O. et al. Açaí (*Euterpe oleracea* Martius):chemical composition and bioactivity. Nutrire: rev. **Soc. Bras. Alim. Nutr.=J. Brazilian Soc. Food Nutr.**, São Paulo, SP, v.36, n. 2, p. 161-169, 2011.

STROHECKER, R., HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T. e STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n.1, p. 129-138, 2009.

WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E.;PRIOR, R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.12, p.4026-4037, 2004.

CAPÍTULO IV

QUALIDADE DE ÓLEOS DO MESOCARPO DE FRUTOS DE PALMEIRAS NATIVAS PROCEDENTES DO AMAPÁ

RESUMO

No Brasil, embora o óleo mais consumido seja o de soja, a demanda por óleos com uma composição especial vem aumentando. As palmeiras da família Arecaceae têm merecido atenção pelo seu potencial oleaginoso, podendo constituir-se em matéria-prima valiosa para produção de óleos com características físico-químicas e nutritivas interessantes. O objetivo deste estudo foi caracterizar os óleos dos frutos de palmeiras nativas e estabelecer a qualidade dos mesmos. Óleos de bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã foram extraídos do mesocarpo dos frutos por Soxhlet, a seguir realizou-se a caracterização de seus componentes majoritários (ácidos graxos, triglicerídeos) e minoritários (esteróis, alcoóis graxos, carotenóides, tocoferóis, hidrocarbonetos e ceras) mediante cromatografia de gases e cromatografia líquida de alta eficiência. Avaliou-se características físico-químicas, como acidez e índice de peróxidos por titulometria, estabilidade oxidativa com o equipamento Rancimat, matéria insaponificável por extração a frio e compostos polares por gravimetria das frações não polar e polar. Os óleos de bacaba, inajá, buriti, tucumã e pupunha, apresentaram valores de matéria graxa em torno de 38, 35, 28 e 26 e 17 %, respectivamente. Em relação aos componentes majoritários, os óleos de buriti, tucumã e bacaba apresentaram elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados, principalmente oléico e linoléico, com mais de 73, 70 e 67 %, respectivamente; para os triglicerídeos observou-se predominância de espécies com 50, 52 e 54 carbonos, identificadas como (POP, POO e OOO). Quanto aos compostos minoritários, os esteróis estão presentes em quantidades significativas em todas as amostras, especialmente nos óleos de pupunha e tucumã (4456 e $2708\text{ mg}.\text{kg}^{-1}$); os tocoferóis foram encontrados em maiores quantidades nos óleos de buriti e tucumã (1567 e $483\text{ mg}.\text{kg}^{-1}$); para os carotenóides, o grupo do β -caroteno apresentou as maiores concentrações em 90% dos óleos, sendo que no tucumã se obteve a maior quantidade ($1.222,33\text{ mg}.\text{kg}^{-1}$) seguido pelo buriti, pupunha e inajá. Pelas características físico-químicas obtidas, como os baixos índices de acidez (<2,4 %) e de peróxidos (<12,0 meq $\text{O}_2.\text{kg}^{-1}$), matéria insaponificável inferior a 2,0 %, grande estabilidade frente à oxidação e compostos polares entre 3,3 e 5,2 %, indicam que os óleos estudados, apresentaram poucas alterações. Os óleos extraídos de palmeiras nativas apresentaram excelentes características de qualidade, assim como grande potencial alimentício.

Palavras-chave: óleos vegetais, ácidos graxos, triglicerídeos, cromatografia.

ABSTRACT

In Brazil, although the soy oil is the most consumed, the demand for oils with a special composition has been increasing. The palm family Arecaceae have received attention for its potential oils, may constitute a valuable raw material for production of oils with physicochemical and nutritional interest. The objective of this study was to characterize the oil of native palm fruit and establish their quality. Bacaba, buriti inajá, pupunha and tucumã oils were extracted from the mesocarp of the fruit by Soxhlet, then we performed the characterization of the major compounds (fatty acids, triglycerides) and minority (sterols, fatty alcohols, carotenoids, tocopherols, hydrocarbons and waxes) by gas chromatography and high performance liquid chromatography. We evaluated the physicochemical characteristics such as acidity and peroxide value by titration, oxidative stability in Rancimat equipment, unsaponifiable matter by extraction at room temperature and polar compounds by gravimetry of nonpolar and polar fractions. Bacaba, inajá, buriti, tucumã and pupunha oils showed values of the fatty matter about 38, 35, 28 and 26 and 17 % respectively. Regarding the major components, buriti tucumã and bacaba oils showed a high content of unsaturated fatty acids, mainly oleic and linoleic acids, with more than 73, 70 and 67 % respectively, for triglycerides was observed predominance of species with 50 , 52 and 54 carbons, identified as (POP, POO and OOO). As for the minor compounds, sterols are present in significant amounts in all samples, particularly in oil and tucumã palm (4456 and 2708 mg. kg^{-1}), the tocopherols have been found in larger quantities in buriti and tucumã oils (1567 and 483 mg. kg^{-1}), for the carotenoids, the group of β -carotene had the highest concentrations in 90 % of the oils, and in tucumã we got the largest amount ($1222,33$ mg. kg^{-1}) followed by buriti, pupunha and inajá. By physicochemical characteristics obtained, as low levels of acidity (<2,4 %) and peroxide (< $12,0$ meq $\text{O}_2\text{.kg}^{-1}$), unsaponifiable matter less than 2,0 %, high stability toward oxidation and polar compounds between 3,3 and 5,2 %, indicating that the oils studied showed little change. The oils extracted from native palms showed excellent quality characteristics, as well as great potential food.

Keywords: vegetable oils, fatty acids, triglycerides, chromatography.

1. INTRODUÇÃO

O manejo de espécies de palmeiras oleaginosas para a produção de frutos, com extração do óleo, além da polpa para fim alimentar, está incluída entre as atividades identificadas como economicamente viáveis para o Estado do Amapá (QUEIROZ et al., 2008). Fazem parte deste grupo de espécies de palmeiras com potencial promissor para o consumo: bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), que se encontram naturalmente em grandes concentrações em diversas regiões do Estado.

Tradicionalmente, os frutos das palmeiras são consumidos frescos (buriti, inajá, e tucumã), cozidos (pupunha) ou como bebida (bacaba e açaí). A maioria de espécies de palmeiras usadas como alimento pelos povos primitivos é rica em óleo, o que sugere um potencial oleaginoso. Algumas espécies oferecem quantidades importantes de óleo no mesocarpo, outras na semente, e outras em ambos (CLEMENT et al., 2005).

Nos últimos anos, observa-se uma tendência mundial na busca de novas fontes de óleos monoinsaturados e poliinsaturados (TURATTI et al., 2002). Assim, a pesquisa por fontes alternativas de óleos com atributos nutricionais que possam atender esta demanda, principalmente pela indústria alimentícia, torna-se fundamental.

Os óleos obtidos a partir de frutos de palmeiras podem ser considerados como novas fontes que provavelmente tem uma composição diferenciada e seguramente terão seu valor comercial aumentado, já que estudos desenvolvidos com algumas espécies (YUYAMA et al., 2003; BEREAU et al., 2003; ROSSO and MERCADANTE, 2007; RODRIGUES et al., 2010; MANTÚFAR et al., 2010; VÁZQUEZ-OCMÍN et al., 2010) indicam que estes possuem importantes constituintes químicos especiais em sua composição, como os ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido oléico, como também, fitoesteróis, β-caroteno e tocoferóis, entre outros.

Para Gioielli (1996), as matérias-primas que se utilizam no processamento industrial para obtenção de óleos devem atender certos requisitos. O conteúdo mínimo de óleo na matéria-prima deve ser em torno de 15 %, assim como o subproduto da extração, comumente chamado de torta, também deve ter aplicação comercial.

Muitas espécies de frutos de palmeiras que pertencem à família botânica Arecaceae atendem estes requisitos, tais como bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã, entre outras. Estas espécies têm merecido atenção não só pelo seu conteúdo graxo, mas também pelo potencial funcional, favorecendo o aproveitamento industrial como matéria-prima para extração de óleos vegetais a serem utilizados pela indústria alimentícia e cosmética.

Em estudos referentes à composição dos ácidos graxos dos óleos extraídos dos frutos de palmeiras, foram encontrados os seguintes resultados: para bacaba, maior percentual de ácidos graxos insaturados, cerca de 80 %, e saturados, algo em torno de 18 % (ESCRICHE et al., 1999); para o buriti 74 % de ácido oléico e 16 % de ácido palmítico (SILVA et al., 2009); para o inajá aproximadamente 35% dos ácidos graxos saturados e 62 % insaturados (RODRIGUES et al., 2010); para pupunha, na faixa 29,6–46,3 % saturados e entre 53,3–69,9 %, insaturados, com os ácidos oléico e palmítico se mostrando mais abundantes (LEAKEY, 1999); e para o tucumã, em média 29 % de ácidos graxos saturados, 68 % de monoinsaturados, e apenas 1 % de poliinsaturado (FERREIRA et al., 2008) .

Apesar de existir alguns estudos abordando aspectos parciais da composição desses óleos, há muito poucos relacionados com as análises de qualidade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os óleos e gorduras provenientes de frutos de palmeiras nativas e estabelecer a qualidade dos mesmos, mediante a aplicação de um número significativo de métodos analíticos que avaliem tanto suas características físico-químicas, como seus componentes majoritários e os principais grupos de compostos minoritários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Frutos das palmeiras bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f), inajá (*Maximiliana maripa* Aubl.Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) foram colhidos no Estado do Amapá e processados no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE, Brasil. As porções comestíveis obtidas foram liofilizadas (Figura 1), embaladas a vácuo e transportadas para o Laboratório do Instituto de la Grasa em Sevilla, Espanha, para realização das extrações e análises dos óleos.

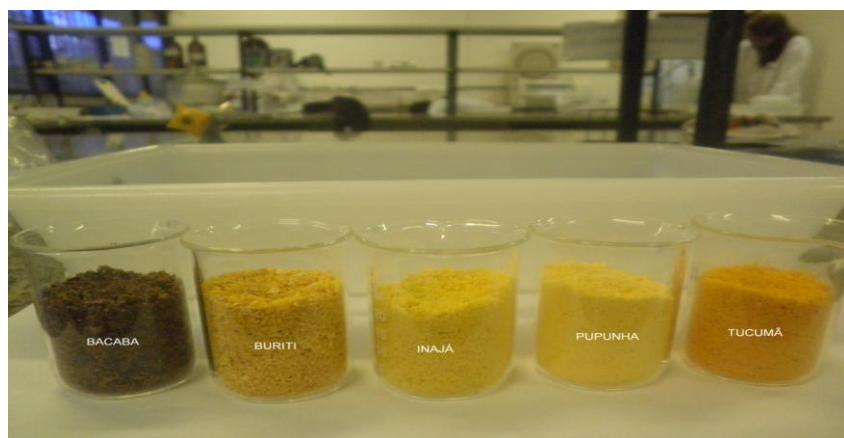


Figura 1. Amostras liofilizadas da porção comestível dos frutos de palmeiras nativas, avaliadas neste estudo.

As análises foram realizadas em três repetições, a partir de amostragens iniciais com aproximadamente 150-200 g de matéria seca, para cada espécie estudada.

2.2- Métodos

2.2.1- Determinação da matéria graxa

O conteúdo de matéria graxa foi extraído em Soxhlet utilizando hexano como solvente, com o objetivo de determinar a composição, através da extração completa de ésteres e extração mínima dos lipídeos polares. Posteriormente, realizou-se a extração com clorofórmio-metanol com o objetivo de determinar o conteúdo total de lipídeos, já que inclui a extração dos lipídeos polares.

2.2.1.1. Extração em Soxhlet com hexano

As amostras liofilizadas, isentas de umidade, foram submetidas à extração em Soxhlet com hexano seguindo a norma UNE 55-062-80 para a determinação de matérias graxas em sementes oleaginosas, como descrito a seguir:

Pesaram-se 15 g de amostras em um cartucho de extração preparado no laboratório com papel de filtro. Os extremos do cartucho foram selados com algodão. O cartucho foi depositado em um extrator Soxhlet ajustado a um balão de fundo plano, previamente tarado, que continha aproximadamente 200 mL de hexano e 2-3 peças de prato poroso, utilizadas como iniciadores de borbulhas. O sistema foi levado à ebulação durante 6-7 horas até que o solvente se apresentasse sem coloração. Finalmente, o solvente foi eliminado por evaporação em rotavapor e o extrato foi levado para estufa de vácuo a 50º C até peso constante. O rendimento da extração foi obtido gravimetricamente.

2.2.1.2. Extração com clorofórmio-metanol

As amostras desengorduradas, obtidas através da extração com hexano foram submetidas a uma nova extração com clorofórmio- metanol 2:1 (v/v) para conhecimento do conteúdo total de lipídeos das amostras, seguindo a norma AOAC 983.23 (1983) para a determinação de matéria graxa em alimentos, mediante extração com clorofórmio-metanol, com algumas modificações: pesaram-se 20 g de amostra em um Erlenmeyer com boca esmerilhada, se adicionaram 200 mL de clorofórmio-metanol 2:1 (v/v) e se ajustou à boca um tubo de refluxo. A mistura foi agitada a 500 rpm em agitador magnético durante 2 horas a temperatura de 40º C, em seguida filtrada utilizando papel de filtro de 60-65 µm e 20 cm de diâmetro. Esta operação foi realizada por mais três vezes, reunindo-se todos os extratos em um balão previamente tarado. O solvente foi evaporado em rotavapor a 50º C e o extrato foi levado para estufa a vácuo até peso constante. As amostras de lipídeos obtidas mantiveram-se congeladas até o momento das análises.

Os resultados de ambas as extrações foram expressos em porcentagem de graxa:

$$\text{Matéria graxa (\%)} = 100 * \frac{P}{M}$$

P: peso do extrato recolhido no balão, expresso em gramas

M: peso da amostra inicial, expresso em gramas

2.2.2- Características físico-químicas

2.2.2.1 - Índice de acidez

Determinou-se segundo a norma UNE (AENOR, 1991d). O procedimento utilizado se indica à continuação:

Em um Erlenmeyer de 250 mL, pesaram-se 2 g de amostra de óleo. Em outro Erlenmeyer, adicionou-se 50 mL de uma mistura éter etílico: etanol (1/1, v/v), acrescentou-se 3-4 gotas de fenolftaleína a 1 % em etanol e neutralizou-se com NaOH 0,1 M. Posteriormente, o solvente neutralizado foi adicionado sobre a amostra, agitando até a completa dissolução do óleo e titulou-se com uma solução de NaOH 0,1 M.

O índice de acidez (% referido a ácido oléico) foi calculado pela expressão:

$$\text{Ácido Oléico (\%)} = \frac{V * N * P_m}{10 * P}$$

Onde: V representa o volume expresso em mL consumido da solução de NaOH, N a normalidade, P_m o peso molecular do ácido oléico (282) e P o peso do óleo em gramas.

2.2.2.2- Índice de peróxidos

Determinou-se mediante titulação iodométrica (AENOR, 1991e). O procedimento utilizado se indica a seguir:

Em um Erlenmeyer de 250 mL provido de boca e tampão de vidro esmerilhado, pesou-se 1 g de amostra do óleo com a exatidão de mg. Adicionaram-se 25 mL de uma mistura ácido acético: clorofórmio (3:2 v/v), na qual se dissolveu rapidamente a gordura por agitação, e por último se acrescentou 1 mL de solução aquosa saturada de iodeto de potássio. O Erlenmeyer foi fechado, mantido sob agitação por um minuto e posteriormente conservado na ausência de luz durante cinco minutos. Terminado este tempo, se deteve a reação acrescentando 70 mL de água bidestilada, agitou-se vigorosamente e titulou-se com uma solução de tiosulfato sódico 0,001 N previamente padronizado, utilizando como indicador uma solução de amido a 1 %. O índice de peróxidos foi calculado mediante a seguinte expressão:

$$IP \text{ (meq O}_2 / \text{kg aceite)} = \frac{V \cdot N}{m} \cdot 1000$$

Sendo: V= mL de tiosulfato consumidos na titulação, N= normalidade da solução de tiosulfato e m= gramas de graxa usada para a determinação.

2.2.2.3- Estabilidade oxidativa

A determinação foi realizada segundo a normativa AOCS (1994) através do equipamento Rancimat modelo 679. A medida foi baseada na detecção da condutividade de certos produtos voláteis da decomposição das gorduras, principalmente os ácidos graxos curtos. O procedimento analítico se indica a seguir:

Pesaram-se cerca de 2,0 g de óleo em tubo de reação normalizado, perfeitamente limpo e seco. Adicionou-se 60 mL de água deionizada no recipiente onde se introduz o eletrodo de medida e recolhem-se os voláteis que se desprendem do tubo de reação. A determinação foi realizada em duas temperaturas distintas, dependendo do comportamento que apresentaram as amostras em ensaios preliminares. Foram utilizadas temperaturas de 110 °C para bacaba, buriti e tucumã; e 120 °C para inajá e pupunha, com um fluxo de ar de 20 L/h. Quando a temperatura do calefator estabilizou-se teve início à avaliação da condutividade, que se registrou de forma contínua frente ao tempo.

O aparato tem a capacidade de proporcionar dois modos de avaliação distintos, que podem ser selecionados de forma conjunta ou individualmente: I) Determinação do período de indução como tempo necessário, expressado em horas, para alcançar o ponto de máxima curvatura na curva de condutividade, sendo designado como o ponto de interseção das retas tangentes da curva e II) Determinação do tempo necessário para a detecção de uma mudança de condutividade preestabelecida.

2.2.2.4- Matéria insaponificável

A determinação foi realizada segundo a norma UNE 55-004-73, com algumas adaptações, como se indica a seguir:

Em um balão de fundo plano e boca esmerilhada com capacidade 250 mL foi adicionado 1 mL de uma solução de α -colestanol ($1,0124 \text{ mg.mL}^{-1}$) e 1 mL de heneicosanol ($0,5 \text{ mg.mL}^{-1}$) em éter isopropílico, que são os padrões para esteróis e alcoóis, respectivamente. Após a eliminação do solvente com nitrogênio líquido, foram pesados 2,0 g de óleo, acrescentados 50 mL de KOH 2 M em etanol, adaptados um refrigerante de refluxo na boca do balão e manteve-se a mistura em ebulação suave durante 2 horas. A seguir, deixou-se esfriar o sistema até a temperatura ambiente, acrescentou-se 50 mL de água destilada e transferiu-se o conteúdo para um funil de separação de 500 mL.

Foram realizadas três extrações com 100 mL de éter etílico cada uma e a fração etérea, reunida em outro funil de separação, em seguida foram lavadas primeiramente com 40 mL de água, depois por duas vezes com 40 mL de uma solução aquosa de KOH a 0,5 M, alternando-se com 40 mL de água para a eliminação total dos sabões. A fase etérea foi transferida para um balão redondo, previamente tarado, eliminou-se o solvente em um rotavapor e a amostra foi levada para a estufa de vácuo a 45°C até peso constante.

Os resultados foram expressos em porcentagem da fração insaponificável (FI) mediante a seguinte fórmula:

$$\text{FI (\% en peso)} = \frac{P_1}{P_0} \times 100$$

Onde: P_1 representa o peso do resíduo extraído e P_0 o peso da amostra de óleo.

A amostra foi diluída em éter a uma concentração de $4\text{-}5 \text{ mg.mL}^{-1}$ e este extrato utilizado para a determinação de esteróis, alcoóis lineares e carotenóides.

2.2.2.5- Compostos polares

A determinação foi realizada por gravimetria das frações não polar e polar obtidas mediante cromatografia de adsorção em coluna clássica de sílica, seguindo o método proposto por (IUPAC, 1992e) com algumas modificações. O procedimento analítico utilizado se indica a seguir:

Preparação da coluna:

Em um balão redondo, pesaram-se 19 g de sílica previamente colocada em estufa a 160°C por duas horas, acrescentou-se 1 mL de água para obtenção de 5 % de umidade e agitou-se para homogeneização. A mistura foi transferida para um Becker e adicionada quantidade suficiente de solvente hexano:éter etílico 90:10 (v/v) até a formação de uma massa

fluida, para posteriormente transferi-la a coluna de vidro em cujo fundo foi colocado um tampão de algodão e um pouco da mistura de solvente. O excesso de solvente foi recolhido sem que em nenhum momento se secasse a sílica. Finalmente foi acrescentado 2 g de areia do mar para facilitar a posterior fixação da amostra.

Separação das frações da amostra:

Pesou-se 1 g de óleo em um Becker de 5 mL, acrescentou-se duas gotas do indicador de triglicerídeos Sudan I e dissolveu-se com a mínima quantidade de solvente. A amostra foi transferida cuidadosamente para a coluna cromatográfica com ajuda de uma pipeta de vidro, adicionou-se 150 mL de mistura hexano: éter etílico 90:10 (v/v) e ajustou-se o fluxo do solvente a um tempo de 60 a 70 minutos, a fração não polar foi recolhida em uma balão previamente tarado. Finalmente, os componentes polares foram eluidos em 150 mL de éter etílico e recolhido em um segundo balão previamente tarado.

O solvente das frações foi eliminado em rotavapor com banho de água a 60 ° C e os resíduos secos em estufa a vácuo a 45° C até obter peso constante em ambas as frações. Os percentuais da fração não polar e polar da amostra foram calculados mediante a expressão:

$$(\% \text{ em peso}) = \frac{P_1}{P_0} \times 100$$

Onde: P_1 representa o peso do resíduo extraído e P_0 o peso da amostra do óleo.

Eficácia da separação por cromatografia em camada delgada:

Primeiramente, preparou-se 10 mL de solução hexano:éter etílico 8:2 (v/v) suficiente para que o nível no fundo do tanque de desenvolvimento se encontre a 0,5 cm. Depois, foram aplicadas gotas das frações na placa de 5 x 10 cm e 0,25 mm de espessura de camada (sílica G), colocando-se a placa no tanque e aguardando-se a subida do solvente até aproximadamente 1 cm da borda superior. Seguidamente, a placa foi retirada, seca no ar a temperatura ambiente e revelada em um tanque saturado com vapores de iodo.

2.2.3 Análises de componentes majoritários

2.2.3.1- Ésteres metílicos de ácidos graxos

A composição qualitativa e quantitativa de uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos foi determinada mediante cromatografia de gases de acordo a normativa IUPAC (IUPAC 1992a, 1992b). O procedimento utilizado se indica a seguir:

Foram pesados 50 mg de óleo em um tubo de Eppendorf, acrescentou-se 1 mL de hexano e agitou-se para homogeneização da amostra. A seguir, adicionadas duas gotas de solução potássica em metanol (2M), agitado novamente e deixado em repouso até que se distinguissem duas frações e o solvente não estivesse turvo. Tomou-se 1 µL da fase de hexano e se injetou no cromatógrafo de gases HP-6890 (Hewlett Packard, Avondale, PA, USA) nas seguintes condições:

- Coluna capilar HP Innowax (polietilenglicol, 30 m x 0.25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme)
- Temperatura do detector: 250°C
- Fluxo de hidrogênio como gás de arraste: 10 mL/min.
- Tipo de detector: ionização de chama (FID)
- Programa de temperatura: 180°C durante 2 min, a 3°C/min até 230°C durante 5 min.

O conteúdo de cada ácido (C_x) na amostra vem dado por:

$$C_x (\% \text{ em peso}) = \frac{\text{Área de } C_x}{\text{Área total}} \times 100$$

2.2.3.2- Triglicerídeos

2.2.3.2.1- Cromatografia Gasosa (GLC)

Foram utilizadas amostras da fração de triglicerídeos obtidas mediante cromatografia de adsorção em coluna clássica de sílica. As amostras foram diluídas em heptano para obter uma concentração aproximada de $900 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Foram injetadas 30 µL

desta solução no cromatógrafo de gases Agilent 6890 (Palo Alto, CA, USA) utilizando as seguintes condições de análises:

- Temperatura do injetor: 370° C
- Temperatura do detector: 370° C
- Temperatura do forno: 345° C
- Coluna cromatográfica: Quadrex Aluminum-Clad 400-65HT (comprimento 39 m, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,1 µm de espessura do filme).
- Fluxo de hidrogênio como gás de arraste: velocidade linear de 50 cm/s e split de 1:80.
- Tipo de detector: ionização de chama (FID)

As diferentes moléculas de triglicerídeos foram identificadas com relação a padrões e ao fator de resposta do detector corrigido segundo Carelli e Cert (1993).

2.2.3.2.2- Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC-IR)

A fração de triglicerídeos, depois de extraída mediante cromatografia de adsorção em coluna clássica de sílica, foi dissolvida em acetona até uma concentração aproximada de 5 mg.mL⁻¹. Injetou-se 10 µL desta dissolução em cromatógrafo líquido System utilizando as seguintes condições de análises:

- Coluna Licrosphere 100 RP-18 (Beckman-Coulter, Fullerton, CA, USA) de 25 cm x 4 mm de diâmetro interno
- Fase móvel: Propionitrilo.
- Fluxo: 1mL/min.
- Detector de índice de refração Perkin Elmer 200 (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA).
- Sistema de amostragem Beckman Gold 508 (Beckman-Coulter, Fullerton, CA, USA).

As diferentes moléculas de triglicerídeos foram identificadas com respeito a amostras conhecidas e o fator de resposta do detector corrigido segundo Moreda et al. (1993).

2.2.4 Análises de componentes minoritários

2.2.4.1- Esteróis

Foram determinados mediante cromatografia em fase gasosa seguindo a norma UNE 55-019-73, que constou basicamente de três fases:

I-Saponificação da gordura e extração da matéria insaponificável, conforme descrito anteriormente no item 2.2.2.4 para a obtenção da matéria insaponificável.

II-Isolamento de esteróis por cromatografia em camada delgada

Após extração, a fração insaponificável foi dissolvida em éter etílico até uma concentração de 4-5 mg.mL⁻¹ e estendeu-se 0,5 mL deste extrato em uma placa cromatográfica de gel de sílica 60 G de 0,25 mm de espessura, previamente secada na estufa a 105º C por 2 horas. Depositou-se, como referência na placa, uma quantidade aproximada de 35 µg da dissolução padrão de α-colestanol. Seguidamente, a placa foi introduzida em um tanque de desenvolvimento contendo uma mistura de hexano: éter etílico: ácido acético 70:30:1 (v/v). Finalizado o processo no tanque, a placa foi secada ao ar e a zona de referência queimada com solução de H₂SO₄ a 50 % para localização da posição dos esteróis. A banda dos esteróis foi raspada, recolhida em um Erlenmeyer de 25 mL com forma cônica e a eluição realizada com 15 mL de éter etílico.

III- Separação e análises dos componentes da fração esterólica por cromatografia gasosa.

A amostra recolhida foi filtrada e o solvente eliminado no rotavapor. A seguir, acrescentou-se 200 µl de reativo silanizante (piridina: hexametildisiloxano:trimetilclorosilano (9:3:1) e se manteve durante 15 minutos a 50º C. As amostras se dissolveram em 800 µL de hexano, exceto as de pupunha e tucumã que foram dissolvidas em 300 µL de hexano. Cada extrato foi recolhido em tubo e 1µL desta dissolução injetou-se no cromatógrafo gasoso Agilent 7890A, equipado com detector de ionização de chama (FID), injetor PTV (vaporizador de temperatura programada) e coluna capilar de sílica fundida HP-5 (5 % difenil- 94% dimetil- 1 % vinilpolisiloxano), de 30 m x 320 µm x 0,25 µm de espessura. A temperatura do detector foi de 325º C, utilizando hidrogênio como gás de arraste com fluxo

constante de 20 mL/min. A programação da temperatura foi a seguinte: isoterma inicial a 75° C durante 1 min., programação inicial de 40 ° C/min até 250° C, mantendo-se esta temperatura durante 30 minutos.

O conteúdo de cada esterol ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) foi calculado mediante a expressão:

$$E = \frac{C * A * 1000}{A_p * P}$$

Onde: C é a concentração utilizada do padrão α -colestanol, A é a área do pico, A_p é a área do α -colestanol e P corresponde ao peso da amostra.

2.2.4.2. Alcoóis lineares

O procedimento seguido foi o mesmo descrito anteriormente no item 2.2.4.1-Esteróis, com as seguintes substituições:

Na fase de isolamento por cromatografia em camada delgada se depositou como referência uma dissolução padrão de heneicosanol ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$). Para separação e análises dos componentes por cromatografia gasosa, as características do cromatógrafo e condições se mantiveram, exceto a programação da temperatura final, que foi até 300° C. A determinação quantitativa se realizou tomando como base a quantidade e área do padrão heneicosanol acrescentado inicialmente, utilizando a expressão:

$$A = \frac{C * A * 1000}{A_p * P}$$

Onde: C é a concentração utilizada de heneicosanol, A é a área do pico, A_p é a área de heneicosanol e P corresponde ao peso da amostra.

2.2.4.3- Carotenóides

Para a determinação, usou-se o método descrito por Mínguez-Mosquera et al. (1992), “Rapid method of quantification of chlorophylls and carotenoids in virgin olive oil by HPLC”. Em nosso estudo, devido o grau de maturação dos frutos, que provavelmente só iriam apresentar carotenóides em sua composição, foi utilizado o material insaponificável, obtido conforme descrito anteriormente no item 2.2.2.4. O procedimento utilizado se indica a seguir:

Os extratos foram transferidos para tubos de Falcon e o solvente eliminado com nitrogênio líquido. Os resíduos das amostras foram dissolvidos em volumes variáveis de acetona dependendo da concentração que apresentaram em ensaios preliminares. Foram utilizados 1,5 mL para bacaba; 5 mL para inajá e 10 mL para buriti, pupunha e tucumã. A continuação foram transferidos a tubos de centrífuga e centrifugados a 13.000 rpm durante 5 minutos. Uma alíquota de 20 µL desta dissolução se injetou em HPLC modelo HP 1100 Hewlett-Packard. Utilizou-se uma coluna de aço inoxidável (20 x 0.46 cm i.d.), 3µm C18 empacotada com areia mediterrânea (Teknokroma, Barcelona, Espanha). A coluna estava protegida por uma precoluna (1 x 0.4 cm i.d.) empacotada com o mesmo material. A separação levou-se a cabo utilizando um gradiente (fluxo 1.25 mL min⁻¹) com as fases móveis: água/par iônico/metanol (1/1/8, v/v/v) e metanol/acetona (1/1, v/v). O par iônico foi 0,05 M tetrabutilamonio a 1 M acetato de amônio em água. A coluna mantida em metanol/água (1/1, v/v). A detecção levou-se a cabo com um detector de fotodiodo a 430 e 450 nm, segundo o máximo de absorção dos carotenóides, embora os espectros UV-Vis foram registrados desde 350 a 800 nm. Os dados processaram-se com um LC HP ChemStation (Rev.A.05.04). Os carotenóides foram identificados por seus espectros de absorção e por cromatografia com os correspondentes padrões, exceto 5,8 epoxi-caroteno, δ-caroteno, e γ-caroteno, cuja identificação foi realizada exclusivamente por suas características espetrais.

O conteúdo de cada carotenóide (mg.Kg⁻¹) foi calculado pela expressão:

$$C = \frac{A * V}{P * F}$$

Onde: A é a área do pico, V corresponde ao volume a que se levou o extrato, P é a massa da amostra e F é o fator de resposta de cada carotenóide, exceto para os carotenóides que não se dispunha de padrão, para os quais foi aplicado o coeficiente do trans-β-caroteno.

2.2.4.4- Tocoferóis

A determinação quantitativa de tocoferóis foi realizada mediante cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) de acordo com a normativa IUPAC de Determinação de tocoferóis e tocotrienóis em azeites vegetais e gorduras (IUPAC, 1992d). O procedimento utilizado se indica a seguir:

Em um balão de 5 mL foram pesados aproximadamente 250 mg de óleo e completou-se com hexano. Injetou-se 20 μ L desta dissolução no cromatógrafo líquido Waters 600 (Waters, Milford, MA, USA), utilizando as seguintes condições de análises:

- Coluna de sílica (Hewlett Packard, Avondale, PA, USA) (25 x 0.4 cm d.i.) com tamanho médio de partícula de 5 mm.
- Fase móvel: n-hexano: isopropanol 99:1 (v/v).
- Fluxo: 1 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$.
- Detector de fluorescência molecular HP-1046A (Hewlett Packard, Avondale, PA, USA) com comprimento de onda de 290 e 330 nm para a excitação e emissão, respectivamente.
- Integrador Merck D-2500 (Merck, Darmstadt, Alemanha).

Para a identificação e quantificação dos picos foram utilizadas misturas dos distintos tipos de tocoferóis, α - β - γ - δ em três concentrações, respectivamente:

Concentração 1: (28.80; 29.62; 28.05 e 28.51 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$),

Concentração 2: (2.88; 2.96; 2.81 e 2.85 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)

Concentração 3: (11.5; 11.8; 11.2 e 11.4 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$).

As amostras foram analisadas no mesmo dia da preparação, sendo necessária a obtenção de uma reta de calibração *in situ*, isto é, no dia da medida.

O conteúdo de cada tocoferol na amostra foi calculado mediante a seguinte expressão:

$$\text{Tocoferol (mg} \cdot \text{mL}^{-1}\text{)} = \frac{\underline{A}}{\underline{p}} \cdot \frac{1000}{\underline{m}}$$

Onde: \underline{A} , é a área obtida para o pico de tocoferol na amostra problema; \underline{p} , é a pendente da reta que resulta de representar a área obtida para o pico de tocoferol nas dissoluções padrões frente a sua concentração expressada em $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ e \underline{m} , é a concentração da amostra de óleo expressada em $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$.

2.2.4.5- Hidrocarbonetos e ésteres de alcoóis não glicerídeos (ceras)

A determinação se realizou baseando-se na norma (IUPAC, 1992) mediante cromatografia de adsorção em coluna clássica de sílica como se descreve a continuação:

Pesou-se 1 g de óleo com a exatidão de mg em um becker de 5 mL e se dissolveu com a mínima quantidade de solvente (hexano:éter etílico 99:1 v/v). Foram acrescentadas duas gotas de sudan I (indicador de triglicerídeos), assim como 1 mL de lauril araquistato ($0,1 \text{ mg.mL}^{-1}$) e 1 mL de escualano ($1,025 \text{ mg.mL}^{-1}$), padrões para ceras e escoleno, respectivamente. A dissolução foi transferida cuidadosamente a coluna cromatográfica com ajuda de uma pipeta de vidro. A fração de ceras e hidrocarbonetos foi eluida com 150-200 mL da mistura hexano: éter etílico 99:1 (v/v), até que o indicador (Sudan I) se encontrasse na saída da coluna, recolhendo-se a fração em um balão de fundo plano de 250 mL.

As análises foram realizadas por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (FID). Foi preparada uma dissolução de $100 \mu\text{L}$ de amostra em $100 \mu\text{L}$ de hexano para escualeno e utilizado a concentração inicial do extrato para ceras, injetou-se $1\mu\text{L}$ no cromatógrafo de gases 6850 nas seguintes condições:

- Temperatura do injetor: 350°C
- Temperatura do detector: 350°C
- Coluna capilar 9078, Stationary Phase (Select Biodiesel glyciderides + RG) $15 \text{ m} \times 320 \mu\text{m} \times 0,10 \mu\text{m}$ de espessura.

-Programa de temperatura para hidrocarbonetos: isoterma inicial a 80°C durante 1 min. e isoterma final a 340°C durante 5 min;

-Programa de temperatura para ceras: isoterma inicial a 80°C durante 1 min., programação inicial de $80^\circ \text{C}/\text{min}$ até 210°C durante 5 min y a 340°C durante 5 min.

O conteúdo de cada composto (mg.Kg^{-1}) na amostra foi calculado mediante a expressão:

$$\text{C/E} = \frac{\underline{C} * \underline{A} * 1000}{\underline{A_p} * \underline{P}}$$

Onde: C é a concentração do correspondente padrão, A é a área do pico, A_p é a área do correspondente padrão e P é a massa da amostra.

2.2.4.6. Determinação dos grupos majoritários dos compostos de alteração por cromatografia líquida de exclusão molecular de alta resolução (HPSEC).

A determinação foi realizada seguindo o método descrito por Dobarganes et al. (2000). O procedimento analítico se descreve a seguir. A fração polar obtida na separação dos compostos polares descrita previamente no item 2.2.2.5, foi dissolvida em tetrahidrofuran (THF) para obter uma concentração aproximada de 5 mg.mL^{-1} , a seguir se analisou mediante cromatografia líquida nas seguintes condições:

- Três colunas Hewlett-Packard PL gel (30 cm x 0,75 cm d.i) de 50, 100 e 500 Å de tamanho de poro, conectadas em série, com um tamanho de partícula de 5 µm a temperatura de 30º C.

- Detector de índice de refração (RID), com temperatura de 40º C.
- Volume de injeção: 20 µL
- Fase móvel: Tetrahidrofuran (THF)
- Fluxo: 1 mL/min

Já que cada um dos picos cromatográficos corresponde a um complexo grupo de compostos e se assume a igualdade dos fatores de resposta, a quantificação de cada grupo de compostos foi realizada a partir de sua porcentagem sobre a área total obtida e a quantidade de compostos polares, segundo a expressão:

$$\%_{\text{ } x} = \frac{A_x \cdot \% \text{ C.P.}}{\sum A_x}$$

Onde: A_x é a área do pico cromatográfico do grupo de compostos x (polímeros, dímeros, monômeros de triglicerídeos, diglicerídeos ou ácidos graxos livres). $\sum A_x$, é a soma das áreas de todos os picos. % C.P, é o percentual de compostos polares.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Matéria graxa

Na extração em Soxhlet com hexano, os frutos apresentaram um conteúdo de óleo entre 16 e 38 %, expressado sobre base seca, sendo os maiores valores para bacaba e inajá, enquanto que pupunha apresentou o menor conteúdo. Na extração com clorofórmio-metanol o percentual variou de 1 a 4 % (Tabela 1).

Tabela 1. Conteúdo de matéria graxa (%) em frutos de diferentes espécies de palmeiras nativas do Amapá.

Extração dos lipídeos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Soxhlet com hexano	38,3±0,3	28,3±1,3	35,2±2,8	16,7±0,8	26,6±0,9
Clorofórmio-metanol	2,4±0,6	2,2±0,6	3,6±0,2	1,5±0,5	4,1±0,7
Total de matéria graxa	40,7	30,5	38,8	18,2	30,7

O conteúdo de matéria graxa sobre base seca, são similares aos de Rodrigues et al. (2010), para o inajá (35,5 %), e inferiores para o buriti e tucumã: 38,4 e 38,5 %, respectivamente. O valor encontrado para bacaba foi superior ao reportado por Mambrin e Barrera-Arellano (1997), que obtiveram o percentual de 24,8 %. O teor de óleo encontrado na pupunha foi superior comparado aos de Yuyama et al. (2003), que reportaram cerca de 7,7 – 11,1 %.

3.2- Características físico-químicas

Tendo como referência a norma existente para o azeite de oliva virgem, que indica valores de acidez inferiores a 2 % e índices de peróxidos inferiores a 20 meq O₂/kg para azeites de oliva virgem de qualidade, os baixos índices de acidez (<2,5 %) e de peróxidos (<12,0 meq O₂.kg⁻¹) encontrados nos óleos de bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã indicam que estes foram obtidos de frutos frescos de qualidade, assim como que as condições de armazenamento, liofilização e extração foram eficientes para evitar uma maior ação oxidativa e hidrolítica (Tabela 2).

Tabela 2. Características físico-químicas de óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras nativas do Amapá.

Parâmetros	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Acidez (%)	2,5±0,3	1,6±0,2	1,0±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1
Índice de Peróxidos (meq O ₂ .kg ⁻¹)	12,0±2,05	7,4±0,1	6,5±0,1	6,4±0,7	6,8±0,3
Estabilidade (horas)	11,9±2,2	16,9±0,6	14,3±0,7 6,3**	>40±0,3 34,2**	10,1±2,0
Matéria insaponificável (%)	1,0±0,1	1,13±0,3	0,8±0,1	1,3±0,1	1,8±0,1
Compostos polares (%)	5,0±0,1	3,3±0,1	3,7±0,1	3,6±0,4	5,2±0,1

**Estabilidade a temperatura de 120°C

Os valores obtidos para matéria insaponificável foram inferiores a 2,0 %, com o óleo de tucumã obtendo o maior percentual (1,8 %). Os valores encontrados para os compostos polares foram entre 3,3 e 5,2 %, sendo que os óleos de tucumã e bacaba apresentaram os maiores valores, 5,2 e 5,0 %, respectivamente.

Com respeito à estabilidade, elegeu-se inicialmente a temperatura de 110 °C que foi adequada para quatro dos óleos ensaiados com estabilidades a oxidação da mesma ordem, compreendida entre 10,1 e 16,9 horas e indicativas de óleos monoinsaturados estáveis. O óleo da pupunha, entretanto, apresentou uma estabilidade muito superior e, por isso, procedeu-se a determinação de sua estabilidade a uma temperatura superior (120 °C) para diminuir o tempo de análise. Determinou-se, igualmente a estabilidade a 120 °C do óleo de inajá para poder comparar a estabilidade relativa dos óleos. Conforme Tabela 2, a estabilidade do óleo de pupunha (34,2 h) foi entre 5 e 6 vezes superior a obtida para inajá (6,3 h), representativa do restante dos óleos.

Mambrin e Barrera-Arellano (1997) encontraram índices de acidez muito variáveis (63,0 e 0,7 %) e índices de peróxidos 76 e 73 meq O₂/kg em óleos de bacaba e tucumã, respectivamente, muito superiores aos obtidos neste estudo, estando ambos estes índices relacionados com a qualidade dos óleos. Vásquez-Ocmín et al. (2010), para o óleo de buriti, reportaram valores de acidez entre (2,1 – 3,5%) e peróxidos (10,0 – 12,5 meq O₂/kg), os quais são pouco maiores aos encontrados neste trabalho. Já Ferreira et al. (2005), estudando óleos de inajá e tucumã obtiveram valores de acidez de 2,76 e 5,47 mgKOH/g e índice de peróxidos de 16,25 e 2,99 meq/kg, sendo estes superiores ao deste trabalho, exceto para o índice de peróxidos do óleo de tucumã.

Luz et al. (2011), em estudo físico-químico do óleo de babaçu bruto, encontraram índice de acidez de 3,75 mg KOH/g, superior ao obtido nos óleos das palmeiras estudadas. Já para o índice de peróxidos estes mesmos autores relataram 0,40 meq O₂/kg, sendo este valor significativamente inferior ao encontrado em todos os óleos avaliados neste trabalho.

Para matéria insaponificável, Bereau et al. (2003) relataram para os óleos de inajá e pupunha, valores menores (0,6 e 0,8 %), respectivamente, enquanto Mambrin e Barrera-Arellano (1997) registraram valores de matéria insaponificável superiores no óleo de bacaba (2,6 %) e inferiores no óleo de tucumã (1,1 %) comparados a este estudo. Não foram encontradas na literatura referências para matéria insaponificável em óleos de buriti, inajá e pupunha. Entretanto, os valores obtidos neste estudo são da mesma ordem que os encontrados para os óleos de maior consumo (soja, palma, girassol, etc.).

Em relação aos valores de compostos polares, não foram encontrados tampouco referências prévias. Não obstante, os valores de compostos polares são indicativos de óleos de muito boa qualidade, já que, em óleos frescos (crus), valores superiores a 10 % se encontram com facilidade (RUIZ MÉNDEZ et al., 1997). Igualmente, a qualidade dos óleos se justifica quando comparamos com os normalmente obtidos para o óleo de palma que, como neste estudo, procede do mesocarpo de frutos. É bem conhecido que, uma vez obtidos os frutos, a ação das enzimas lipolíticas dão lugar à rápida hidrólise dos triglicerídeos com formação de diglycerídeos e ácidos graxos livres que aumentam o conteúdo em compostos polares dos óleos e, por isso, valores superiores a 7-8% são esperados nos óleos de palma (GOH & TIMS, 1985).

Quanto à estabilidade dos óleos frente à oxidação, não foram encontradas referências para os óleos de bacaba, inajá, pupunha e tucumã. Os valores de estabilidade encontrados por Ocmín-Vásquez et al. (2010) para morfotipos de buriti foram inferiores a 7 h. Apesar de os autores não citarem a temperatura utilizada para esta avaliação, supomos que tenha sido a mais usual nos protocolos analíticos, ou seja, a de 100 °C. Desta forma, esse tempo foi significativamente inferior às 16,9 h obtidas neste estudo a 110 °C. A estabilidade à oxidação dos óleos e gorduras está relacionada com a composição em ácidos graxos dos óleos e com o conteúdo de antioxidantes e pro-oxidantes dos mesmos. O elevado valor de estabilidade, encontrado para o óleo da pupunha frente aos outros óleos de palmeiras, pode ser justificado pelos resultados da composição de ácidos graxos (Tabela 3), onde constatou-se

que o óleo da pupunha apresentou elevado percentual de ácido palmítico (40 %) e baixo percentual de ácido linoléico (4 %).

3.3- Componentes majoritários

3.3.1- Ácidos graxos

Os óleos de buriti, tucumã e bacaba apresentaram um elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados, principalmente oléico ($C_{18}:1$) e linoléico ($C_{18}:2$), com mais de 73, 70 e 67 %, respectivamente (Tabela 3). Por outro lado, os óleos de inajá e pupunha se caracterizam por um conteúdo similar em ácidos graxos saturados, na ordem de 40%, sendo que a principal diferença entre os dois é a presença em quantidades significativa dos ácidos graxos mirístico e láurico (15%), no óleo de inajá.

Tabela 3. Composição em ácidos graxos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Estado do Amapá.

Ácidos graxos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
$C_{12}:0$ (Láurico)	-	-	$4,6 \pm 0,5$	-	-
$C_{14}:0$ (Mirístico)	-	-	$10,7 \pm 0,4$	-	-
$C_{16}:0$ (Palmítico)	$25,9 \pm 0,5$	$20,8 \pm 2,3$	$25,1 \pm 2,3$	$39,6 \pm 1,1$	$23,4 \pm 0,2$
$C_{16}:1$ (Palmitoléico)	$1,1 \pm 0,1$	-	$0,3 \pm 0,1$	$5,2 \pm 0,1$	-
$C_{18}:0$ (Esteárico)	$4,7 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,0$	$2,6 \pm 0,1$
$C_{18}:1$ (Oléico)	$46,2 \pm 0,5$	$71,6 \pm 2,1$	$39,2 \pm 1,0$	$46,2 \pm 1,3$	$64,7 \pm 1,0$
$C_{18}:2$ (Linoléico)	$20,0 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$	$12,9 \pm 0,6$	$4,0 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$
$C_{18}:3$ (Linolênico)	$0,6 \pm 0,0$	$1,4 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,1$
$C_{20}:1$ (Araquidônico)	-	$0,7 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,7$	-	-
Outros	$1,6 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,3$	$3,0 \pm 1,1$	$2,0 \pm 0,7$	$2,0 \pm 0,8$

Como se pode observar, todos os óleos apresentaram como componente majoritário o ácido oléico. Devido às altas concentrações do citado ácido na bacaba, buriti e tucumã, estes são considerados óleos monoinsaturados, caracterizados por um elevado valor nutricional, sendo líquidos a temperatura ambiente, e pouco susceptível a oxidação em relação aos óleos que apresentam alto conteúdo de ácido linoléico. Os óleos de inajá e pupunha se

caracterizam por um elevado conteúdo em ácidos graxos saturados (42 e 41 % respectivamente), por isso são sólidos a temperatura ambiente.

Os resultados obtidos referentes às composições de ácidos graxos são similares aos reportados para bacaba e tucumã (MAMBRIN e BARRERA-ARELLANO, 1997), buriti (RODRIGUES et al., 2010; VÁSQUEZ-OCMÍN et al., 2010) e pupunha (YUYAMA et al., 2003). Para inajá, Rodrigues et al. (2010) relataram valores ligeiramente inferiores para os ácidos mirístico e palmítico (7,6 e 20,1 %, respectivamente) como também valores significativamente superiores para o ácido oléico (52 %).

4.3.3.2- Triglicerídeos (TG)

Em contraposição a análise de ésteres metílicos que avalia a composição dos óleos depois de separar os ácidos graxos da molécula original de triglicerídeo, a análises de triglicerídeos permite conhecer as principais espécies presentes tal como se encontram nas amostras. A determinação foi realizada mediante as duas técnicas aplicáveis a tal objetivo: cromatografia líquida de alta resolução (HPLC) e cromatografia gás-líquido (GLC). Quando a separação se realiza mediante cromatografia líquida, as espécies eluem em ordem inverso a sua polaridade que é tanto maior quanto mais elevado é o número de insaturações e menor o peso molecular. Define-se assim o comprimento equivalente da cadeia (LEC), que estabelece a ordem de eluição nas condições do método analítico.

LEC = número de átomos de carbono – 2 x número de insaturações

Na separação mediante cromatografia gasosa (GLC), as espécies moleculares eluem levando em consideração sua volatilidade, tanto menor quanto maior é o peso molecular, isto é, o número de átomos de carbono (NAC) e o número de insaturações da molécula.

A composição de triglicerídeos agrupados segundo o comprimento equivalente da cadeia e as espécies de triglicerídeos majoritários, identificados mediante cromatografia líquida de alta eficácia, são mostrados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Observa-se que os maiores percentuais encontrados nos óleos de frutos de palmeiras correspondem ao grupo LEC 48, que incluem os triglicerídeos majoritários (POO, POP, PLS e OOO).

Tabela 4. Composição média de triglicerídeos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras, agrupados segundo comprimento equivalente da cadeia (LEC)

Triglicerídeos (LEC)	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
44	10,1	3,5	-	2,1	7,3
46	28,1	4,7	7,8	15,6	11,2
48	52,0	85,9	41,9	72,7	73,4
50	5,5	4,6	2,1	2,9	-

Tabela 5. Composição media de triglicerídeos majoritários (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras, mediante cromatografia líquida de alta eficiência.

Triglicerídeos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
OLL	3,6	2,1	-	-	-
OOLn	0,8	-	-	-	3,5
PLL	4,7	1,4	-	-	3,8
POLn	0,9	-	-	2,1	-
OOL	9,8	2,5	-	2,6	5,6
POL	17,4	2,2	7,8	4,7	5,6
PoOP	0,9	-	-	8,3	-
PLP	7,4	-	3,5	3,3	-
OOO	11,5	39,8	13,9	10,8	28,9
SOL	3,3	-	-	-	-
POO+PLS	18,7	35,9	14,5	29,7	35,9
POP	11,1	10,2	10	28,9	8,6
SOO	2,1	3,2	1	1	-
POS+SLS	3,4	1,4	1,1	1,9	-
OUTROS	4,5	1,3	48,3	6,5	8,1

A composição de triglicerídeos agrupados segundo o número de átomos de carbono e as espécies de triglicerídeos majoritários, determinados mediante cromatografia gasosa são mostrados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Igualmente, a Figura 1 mostra os perfis cromatográficos dos cinco óleos de palmeiras estudados, no qual podem ser observados os triglicerídeos majoritários.

Observa-se que os óleos de bacaba e tucumã possuem maiores quantidades de triglicerídeos com 52 átomos de carbono, o óleo de buriti apresentou elevado percentual de T52 (43,2) e T54 (43,1) e os óleos de inajá e pupunha apresentaram maiores percentuais de T50 (Tabela 6). Em geral, vale destacar a predominância das espécies de TG com 50, 52 e 54 átomos de carbono, devido ao elevado conteúdo dos ácidos palmítico e oléico em todas as amostras, e o perfil muito diferente obtido para o inajá devido à presença dos ácidos mirístico e láurico em quantidades significativas.

Tabela 6. Composição média de triglicerídeos (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá, agrupados segundo número de átomos de carbono (NAC).

Triglycerídeos (NAC)	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
T42	-	-	1,7	-	-
T44	-	-	5,9	-	-
T46	-	-	13,1	-	-
T48	0,9	-	20,5	6,8	1,8
T50	18,6	9,4	24,6	44,6	23,6
T52	49,7	43,2	21,2	38,8	46,7
T54	28,6	43,1	6,8	8	26,2

As espécies majoritárias de triglicerídeos identificadas foram como era de esperar, as mesmas que se encontraram nas análises mediante cromatografia líquida: POP, POO e OOO (Tabela 7 e Figura 2). Por outra parte, as composições de triglicerídeos encontradas nos óleos foram similares às reportadas para bacaba (ANTONISI FILHO et al., 1995) e buriti (SARAIVA et al., 2009), mediante cromatografia gasosa. Por outro lado, não foram encontradas referências na literatura para as amostras de inajá, pupunha e tucumã.

Tabela 7. Composição média de triglicerídeos majoritários (%) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas, mediante cromatografia gás-líquido (GLC).

Triglicéridos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
LaMP	-	-	0,9	-	-
LaOLa	-	-	0,8	-	-
LaPP	-	-	1,2	-	-
LaOM	-	-	3,2	-	-
LaLM	-	-	1,5	-	-
MPP	-	-	1,9	-	-
MOM+ LaOP	-	-	7,9	-	-
MLM	-	-	3,3	-	-
PPP	0,9	-	1,6	3,1	1,8
MOP	-	-	10,4	-	-
MLP + LaOO	-	-	6,7	-	-
LaOL	-	-	1,8	-	-
PPoP	-	-	-	3,7	-
POP	10,3	9,4	11,5	32,4	22,5
POPo	-	-	-	12,2	-
PLP	8,3	-	5,7	-	1,1
MOO	-	-	3,9	-	-
MOL	-	-	3,5	-	-
POS	3,1	1,3	-	2,1	3,4
POO	19	38,8	12,5	28,5	38,8
PLS	4,0	-	0,9	1,6	1,2
POL	17,7	2,5	6,2	6,6	-
PLL	5,9	0,6	1,6	-	3,3
SOO	2,4	3,5	0,8	1,1	3,3
OOO	9,3	35,6	3,9	6,1	19,4
SOL	4,0	2,3	-	-	1,1
OOL	8,0	1,7	2,1	0,8	-
SLL	2,1	-	-	-	2,4
OLL	2,8	-	-	-	-
OUTROS	2,2	4,5	6,0	5,5	2,8

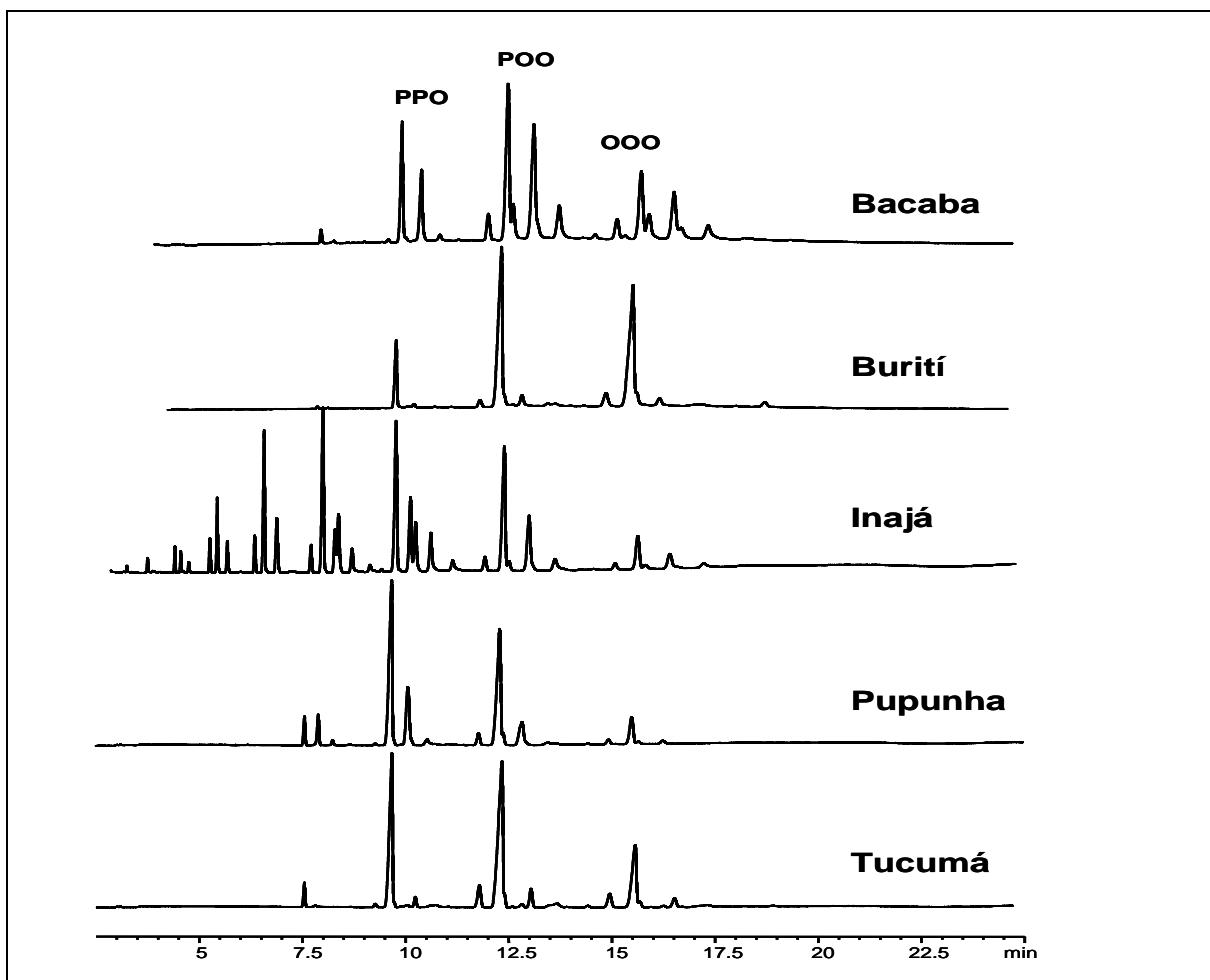


Figura 2. Perfis cromatográficos (GLC) de triglicerídeos dos óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras do Amapá.

A Tabela 8 mostra um resumo das principais espécies de triglicerídeos segundo comprimento equivalente de cadeia (LEC) e número de átomos de carbono (NAC) de seus ácidos graxos, que estariam presentes em alguma das amostras em função de sua composição em ésteres metílicos (Tabela 3). Podemos verificar as diferenças encontradas entre as duas técnicas de análises, uma vez que estão em negrito os triglicerídeos detectados em alguma das amostras, independentemente da técnica utilizada.

Tabela 8. Longitude equivalente de cadeia (LEC) e número de átomos de carbono (NAC) dos ácidos graxos incluídos nas principais espécies de triglicerídeos dos óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.

LEC	Espécies de TG	NAC	Espécies de TG
40	LaLM, LaOLa, LaLaP	40	LaLaP
42	LLL, MLL, MLM, LaOM, LaLP, LaMP	42	LaMP, LaOLa, LaLLa
44	OLL, PLL, PLP, MOM, MLP, MOL, LaOO, OOLn, POLn,	44	LaPP, LaOM, LaLM
46	OOL, POL, SLL, MOP, MOO, PoOP, PoOO, MPP	46	MPP, MOM, LaOP, LaLP, MLM
48	OOO, POO, PLP, POP, PPP, SOL, PLS, MOS	48	PPP, MOP, MLP, PPoP, LaOO, LaOL
50	SOO, POS, SLS	50	POP, PLP, PoOP, MOS, MOO, MOL, MLL
52	SOS	52	POS, POO, PLS, POL, PLL, PoOO, POLn
54	-	54	SOS, SLS, SOO, SOL, OOO, OOL, SLL, OLL, OOLn

*em negrito estão os triglicerídeos detectados em algumas das amostras, independentemente da técnica utilizada.

Se compararmos os resultados obtidos mediante ambas às técnicas, pode-se constatar que somente no caso de inajá foi observado uma melhor resolução dos triglicerídeos mediante GLC em razão de que os TG contendo o ácido láurico e o ácido mirístico se diferenciam no número de átomos de carbono e, portanto, em sua volatilidade, a qual é à base da separação enquanto que tem o mesmo comprimento equivalente de cadeia que o ácido linolênico e linoléico, respectivamente, que também se encontram presentes, dando lugar a uma sobreposição dos picos que os incluem.

Em resumo, ambas as técnicas são de grande utilidade para a maior parte dos óleos e gorduras, que contêm majoritariamente ácidos graxos de 16 e 18 átomos de carbono. No caso de óleos e gorduras com composições diferentes da habitual a melhor separação se obteria mediante CGL quando existam ácidos graxos curtos ou de cadeia media e mediante cromatografia líquida no caso de óleos com conteúdos significativos de ácidos graxos com três ou mais duplas ligações.

Por último, é interessante destacar que os cálculos dos conteúdos totais dos principais ácidos graxos (palmítico, oléico e linoléico) a partir das concentrações de TG, se ajustaram muito bem aos resultados apresentados na Tabela 3 para todas as amostras.

3.4- Componentes minoritários

A determinação dos componentes minoritários nos óleos tem como objetivo completar a caracterização dos mesmos mediante a determinação quantitativa dos principais compostos presentes na fração – componentes fundamentais dos ésteres de alcoóis não glicerídeos – pigmentos carotenóides e tocoferóis.

3.4.1- Esteróis

O conteúdo de esteróis variou, entre 981 mg.kg^{-1} no caso do óleo de bacaba e superior a 4000 mg.kg^{-1} no caso do óleo de pupunha, assim como β - sitosterol foi, em todos os cinco tipos de óleos estudados, o esterol majoritário, com percentuais entre 65 e 83 % (Tabela 9).

Bereau et al. (2003) analisando amostras de óleos extraídos das sementes de inajá, pupunha e tucumã, relataram conteúdos maiores de esteróis para tucumã ($3383\text{--}3719 \text{ mg.kg}^{-1}$) e inajá ($1088\text{--}1356 \text{ mg.kg}^{-1}$) comparados aos obtidos em nosso estudo, enquanto que para pupunha ($2001\text{--}2037 \text{ mg.kg}^{-1}$), valores foram inferiores.

Tabela 9. Composição de esteróis de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Estado do Amapá.

Esteróis (%)	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Estigmasterol	12,6±0,2	16,8±0,9	5,4±0,3	4,2±0,4	8,1±1,3
7-Campesterol	-	-	4,1±2,4	-	-
Campesterol	11,0±0,2	6,6±0,3	18,8±1,8	10,9±0,7	13,9±0,5
Clerosterol	-	-	1,0±0,4	-	-
β -sitosterol	76,4±0,3	76,6±0,6	65,4±3,1	82,2±1,5	76,6±0,9
5-Avenasterol	-	-	2,4±0,5	2,7±0,4	1,4±0,5
5,24-stigmastadienol	-	-	2,3±1,0	-	-
7-Estigmasterol	-	-	0,6±0,9	-	-
Total (mg.kg⁻¹)	981±49	2332±231	1463±244	4456±1372	2708±119,7

Do ponto de vista nutricional, os esteróis interferem na absorção do colesterol e podem contribuir na diminuição do risco de enfermidades cardiovasculares. Por isso, recomenda-se a ingestão de alimentos fontes desses compostos ou o consumo de outros em que foram adicionados esteróis como ingredientes funcionais de grande valor nutricional. Portanto, os óleos de pupunha, tucumã e buriti se apresentam como boas fontes de esteróis, estando assim muito bem justificada sua utilização como óleos comestíveis.

4.3.4.2- Alcoóis de cadeia longa (lineares)

O conteúdo de alcoóis de cadeia longa de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá é variável, entre 54 mg.kg⁻¹ no caso do óleo de inajá e 196 mg.kg⁻¹ para o tucumã, o mesmo ocorrendo com o alcoól majoritário, com percentuais ligeiramente distintos nas amostras analisadas (Tabela 10).

Tabela 10. Composição de alcoóis lineares de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.

Alcoóis (%)	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
C22	20,4 ± 3,6	21,5 ± 6,7	17,9 ± 5,4	14,8 ± 1,5	11,1 ± 1,2
C23	18,8 ± 7,6	15,5 ± 2,1	21,0 ± 15,3	30,4 ± 13,1	20,9 ± 9,4
C24	-	17,5 ± 2,9	-	12,2 ± 10,3	2,9 ± 2,5
C25	17,2 ± 3,8	13,9 ± 3,9	19,8 ± 18,1	18,5 ± 5,1	18,9 ± 7,2
C26	10,9 ± 1,0	12,9 ± 3,1	7,5 ± 10,6	6,3 ± 0,6	8,5 ± 1,3
C27	13,0 ± 1,5	12,9 ± 2,3	19,0 ± 6,5	10,7 ± 2,2	12,9 ± 6,0
C28	17,9 ± 4,5	12,3 ± 1,7	16,2 ± 9,1	7,2 ± 2,3	24,8 ± 22,0
Total (mg.kg ⁻¹)	79,7 ± 14,7	148,7 ± 8,3	54,5 ± 0,7	182,0 ± 2,8	196,3 ± 75,1

Os alcoóis são constituintes menores, porém importantes, principalmente no azeite de oliva, já que podem ser usados para diferenciar distintos tipos de azeites. Os principais alcoóis lineares presentes no azeite de oliva são Docosanol (C22), Tetracosanol (C24), Hexacosanol (C26) e Octacosanol (C28) (FREGA, 1992).

Não foram encontradas referências previas sobre o conteúdo de alcoóis graxos de nenhuma das amostras estudadas

3.4.3- Carotenóides

O conteúdo de carotenóides de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá é variável, entre 13 mg.kg⁻¹ no caso do óleo de bacaba e superior a 1000 mg.kg⁻¹ no caso do óleo de tucumã (Tabela 11). As espécies que correspondem ao grupo do β-caroteno foram encontradas em quantidades maiores nas amostras, exceto no óleo de bacaba que apresentou a luteína. O valor obtido para carotenóides totais no óleo de tucumã foi significativamente maior que no óleo de buriti, que é reportado como a fonte mais concentrada de carotenos encontrada na natureza (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996), sendo que

esta diferença pode ser atribuída entre outros fatores, pela variedade e/ou grau de maturação do fruto e a região de coleta.

Tabela 11. Composição de carotenóides ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de óleo) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.

Carotenóides	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Neoxanteno	-	-	-	-	76,08
Violaxanteno	-	-	-	-	13,53
cis violaxanteno	-	-	-	-	12,80
Luteoxanteno	-	2,68	-	-	16,13
cis luteoxanteno	0,17	-	-	-	34,09
Luteína	6,20	32,12	-	11,94	44,34
cis luteína	1,78	16,28	-	2,22	12,57
Luteína epox	0,37	-	-	-	-
Licopeno	-	-	15,33	30,8	-
cis licopeno	-	-	15,49	26,84	-
β -criptoxanteno	0,18	-	-	-	14,43
5,8 epoxy β -caroteno	-	4,38	-	-	27,25
cis γ caroteno	-	1,82	9,81	35,40	75,87
cis δ -caroteno	-	-	-	3,07	-
trans γ caroteno	-	3,45	14,85	67,62	68,02
trans δ -caroteno	-	-	-	1,64	-
α -caroteno	1,05	19,20	8,51	-	29,21
cis α -caroteno	0,16	1,8	9,81	-	-
cis β -caroteno	0,70	165,65	6,01	27,66	230,92
trans β -caroteno	3,02	295,24	23,03	150,19	567,08
Anteraxanteno	0,11	-	-	-	-
Mutatoxanteno	0,17	-	-	-	-
TOTAL ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	13,90	540,81	93,03	357,42	1.222,33

Rosso e Mercadante (2007) reportaram para buriti, pupunha e tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), 513, 197 e 62 $\mu\text{g/g}$ respectivamente, valores menores aos obtidos neste estudo para pupunha e tucumã (*Astrocaryum vulgare*), enquanto que para buriti o valor relatado foi próximo. Resultados próximo ao reportado quanto ao conteúdo total de

carotenóides foram descritos para tucumã (MARS and RIZZINI, 1966) e bacaba (MAMBRIM e BARRERO-ARELLANO, 1997). Oboh (2009) encontrou 1350 mg.kg⁻¹ de β-caroteno na polpa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*), conteúdo similar ao que encontramos no óleo.

A composição de carotenóides de óleos de frutos de buriti, pupunha e tucumã, conforme Tabela 13, coincidem com a descrita nos trabalhos de identificação prévia (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996; ROSSO e MERCADANTE, 2007). Entretanto, é a primeira vez que se descreve a composição de carotenóides nos óleos de frutos de bacaba e inajá.

Comparando os resultados obtidos nesse estudo, a composição de carotenóides dos óleos das palmeiras coincidiu com a composição de carotenóides totais da porção comestível dos frutos, uma vez que o tucumã, buriti e pupunha apresentaram os conteúdos mais elevados nas duas avaliações. O tucumã se destacou das demais espécies, como uma fonte rica de carotenóides, tanto na porção comestível, como no óleo.

3.4.4- Tocoferóis

O conteúdo de tocoferóis dos óleos extraídos do mesocarpo de frutos das palmeiras estudadas variou, entre 85 mg.kg⁻¹, no caso do óleo de inajá, e superior a 1500 mg.kg⁻¹, no caso do óleo de buriti (Tabela 12). O α-tocoferol foi, exceto no inajá, o tocoferol majoritário, com valores entre 117 e 1100 mg.kg⁻¹.

Tabela 12. Composição de tocoferóis (mg.kg⁻¹ de aceite) de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas do Amapá.

Tocoferóis	Bacaba	Buriti	Inajá*	Pupunha	Tucumã
α-tocoferol	148 ± 41	1100 ± 198	26 ± 16	117 ± 18	480 ± 40
β-tocoferol	-	466 ± 26	3 ± 1	-	3 ± 2
γ-tocoferol	-	-	18 ± 1	-	-
δ-tocoferol	-	-	37 ± 1	-	-
Total (mg.kg ⁻¹)	148 ± 41	1567 ± 205	85 ± 16	117 ± 18	483 ± 40

* Inajá apresentou conteúdos de α e γ tocotrienol em conteúdos de ± 26 e 25 mg.kg⁻¹, respectivamente.

Os conteúdos de tocoferóis dos óleos de buriti, inajá e tucumã foram significativamente maiores aos encontrados por Rodrigues et al. (2010). Por outro lado, Silva et al. (2009) obtiveram composição de tocoferóis similar para buriti à encontrada nesse estudo. A quantidade de tocoferol no óleo de bacaba foi muito inferior ao relatado por Montúfar et al. (2010) para bacaba (da variedade *Oenocarpus bataua* Mart.). Bereau et al. (2003), no óleo extraído de sementes de pupunha, encontraram valores similares para tocoferóis aos obtidos nesse trabalho. Já Costa et al. (2010), analisando também óleos extraídos do mesocarpo de algumas espécies de frutos do Brasil, encontraram conteúdos de tocoferóis similares para buriti e significativamente superiores para inajá.

A Figura 3 mostra os perfis cromatográficos obtidos mediante cromatografia líquida e detector de fluorescência para os distintos óleos de palmeiras analisados.

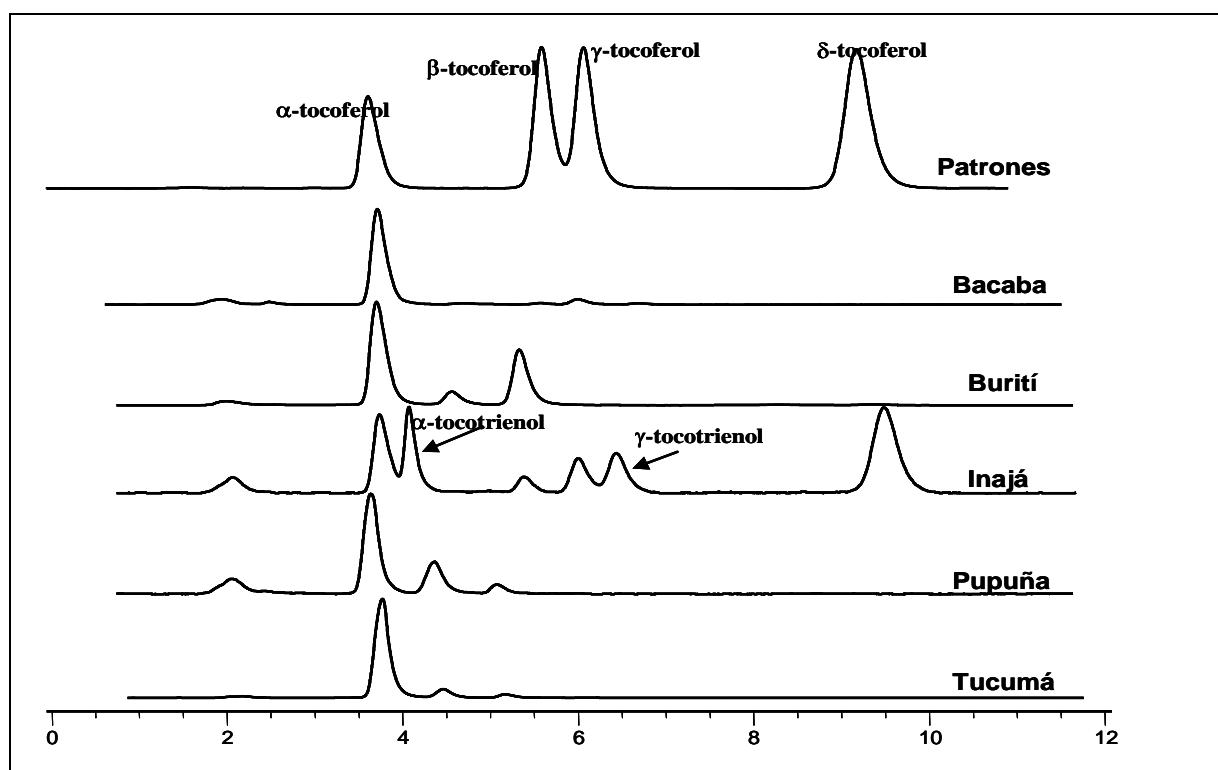


Figura 3. Perfis cromatográficos de tocoferóis e tocotrienóis de óleos extraídos do mesocarpo dos frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá.

3.4.5- Hidrocarbonetos e ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos (ceras)

O conteúdo de hidrocarbonetos e ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos de óleos extraídos do mesocarpo de frutos das palmeiras estudadas, variou, entre 50 mg.kg⁻¹ no

caso do óleo de bacaba e superior a 700 mg.kg⁻¹ no caso do óleo de inajá (Tabela 13). Assim como para os ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos, os valores obtidos variaram, entre 250 e 1897 mg.kg⁻¹, sendo que os óleos de buriti e tucumã apresentaram os maiores conteúdos.

Tabela 13. Composição de hidrocarbonetos e ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos de óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá.

Compostos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Hidrocarbonetos (mg.kg ⁻¹)	50 ± 0,5	145 ± 1,3	734 ± 136	44 ± 3	110 ± 0,4
Ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos (mg.kg ⁻¹)	483 ± 9	1897 ± 346	250 ± 40	375 ± 69	1349 ± 17

Não foram encontradas referências prévias na literatura sobre a composição de hidrocarbonetos e ésteres graxos de alcoóis não glicerídeos de nenhuma das amostras estudadas.

No azeite de oliva, os hidrocarbonetos podem ser encontrados em quantidades consideráveis, principalmente o escaleno. Este composto é o principal constituinte da matéria insaponificável, podendo atingir até 40% do peso total (MARTÍNEZ, 2007).

3.4.6- Distribuição de compostos polares

Frente às determinações anteriores que correspondem todas elas a compostos da fração insaponificável que ajudam a caracterizar os distintos óleos e gorduras, a determinação de compostos polares está relacionada com a qualidade já que incluem todos os compostos de degradação presentes nos óleos com polaridade superior a dos triglycerídeos. Entre eles, os principais grupos são os ácidos graxos e diglycerídeos (DG) produzidos mediante hidrólise dos triglycerídeos (alteração hidrolítica), os triglycerídeos que contém alguns de seus ácidos graxos modificados por oxidação ou triglycerídeos oxidados, e os dímeros e oligômeros de triglycerídeos originados pela ação da temperatura. Todos eles são, portanto, compostos saponificáveis relacionados com as três principais alterações dos óleos e gorduras devido à ação da umidade, do ar e da temperatura.

O conteúdo de compostos polares de óleos extraídos do mesocarpo de frutos das palmeiras avaliadas é pouco variável, entre 3 e 5 g.100 g⁻¹ (Tabela 14).

Tabela 14. Composição de compostos polares ($\text{g.}100\ \text{g}^{-1}$ de óleo) em óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá.

Compostos	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Dímeros (TG)	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	-	-	-
TG oxidados	$1,1 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$
Diglicerídeos	$2,9 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,0$
Ácidos graxos*	$1,0 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,0$	$1,3 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,0$
Total ($\text{g.}100\ \text{g}^{-1}$)	$5,0 \pm 0,5$	$3,3 \pm 0,3$	$3,7 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,1$

*também inclui a fração insaponificável polar.

Os diglicerídeos (DG) foram em todos os óleos estudados, o grupo de composto majoritário, com conteúdos médios variando entre 1,5 a 2,9 $\text{g.}100\ \text{g}^{-1}$. Entretanto, estes valores de DG no total não podem ser considerados compostos de degradação, decorrentes das reações hidrolíticas, já que estes compostos também podem estar presentes naturalmente nos frutos, como consequência das reações de rotas biossintéticas.

4. CONCLUSÕES

Os frutos de palmeiras nativas procedentes do Estado do Amapá são adequados para utilização como fontes de óleos comestíveis, principalmente bacaba, inajá, buriti e tucumã, que apresentaram percentuais de matéria graxa em torno de 38, 35, 28 e 26 % respectivamente, similares aos obtidos para a azeitona, indicando assim uma possível exploração comercial.

Os óleos extraídos do mesocarpo de frutos de palmeiras do Amapá possuem características físico-químicas que os asseguram de boa qualidade, assim como uma grande estabilidade frente à oxidação.

Em relação aos compostos majoritários, os óleos de bacaba, buriti e tucumã podem ser considerados ricos em ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido oléico e linoléico, com percentuais superiores a 67 %, sendo que este elevado grau de instauração favorece o uso para fins comestíveis. Os óleos de inajá e pupunha apresentam um elevado conteúdo de ácidos graxos saturados, cerca de 40 %. As principais espécies de triglicerídeos presentes nos óleos são: dipalmitoleína (POP), dioleilpalmitina (POO) e trinoleína (OOO), de acordo com a composição de seus principais ácidos graxos.

Quanto aos compostos minoritários na composição dos óleos extraídos de frutos de palmeiras estudadas, os esteróis estão presentes em quantidades significativas em todas as amostras, especialmente nos óleos de pupunha e tucumã. Os tocoferóis estão presentes em maiores quantidades nos óleos de buriti e tucumã. Para os carotenóides, o grupo do β -caroteno apresenta os maiores conteúdos, exceto no óleo de bacaba, já o óleo de tucumã pode ser considerada a fonte mais concentrada de carotenóides, seguido pelo buriti, pupunha e inajá. Para os compostos polares, os resultados indicam que os óleos extraídos de frutos de palmeiras nativas do Amapá, apresentaram poucas alterações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR (1991a) Norma UNE 55-062-80 para la determinación del materias grasas en semillas oleaginosas. *Catálogo de Normas UNE*, Madrid.
- AENOR (1991b) Norma UNE 55-004-73 para la determinación del insaponificable al éter etílico. *Catálogo de Normas UNE*, Madrid.
- AENOR (1991c) Norma UNE 55-019-84 para el análisis de la fracción de esteroles por cromatografía gaseosa. *Catálogo de Normas UNE*, Madrid.
- AENOR (1991d) Norma UNE 55-011-73 para la determinación de la acidez libre. *Catálogo de Normas UNE*, Madrid.
- AENOR (1991e) Norma UNE 55-023-73 para la determinación del índice de peróxidos. *Catálogo de Normas UNE*, Madrid.
- ANTONIOSI FILHO, N. R.; MENDES, O. L.; LANÇAS, F. M. Computer prediction of triacylglycerol composition of vegetable oils by HRGC. **Chromatographia**. v.40, n. 9/10, p.557-562, 1995.
- AOCS. Method Cd 12b-92 in Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4th ed., AOCS, Champaign, 1994.
- BEREAU, D. et al. FA and unsaponifiable composition of five Amazonian palm kernel oils. **JAOCs**. v.80, n. 1, p.49-53, 2003.
- CARELLI, A. A. and CERT, A. Comparative study of the determination of triacylglycerols in vegetable oils using chromatographic techniques. **Journal of Chromatography**, 630: 213-222, 1993.
- CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E e VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**. Montevideo, 9 (1-2): 67-71, 2005.
- COSTA, P. A.; BALLUS, C. A.; TEIXEIRA-FILHO, J.; GODOY, H. T. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. **Food Research International**, 43: 1603-1606, 2010.
- DOBARGANES, M.C., VELASCO, J. and DIEFFENBACHER. The determination of polar compounds, polymerized triacylglycerols, oxidized triacylglycerols and dyacylglycerols in fats and oils. **Pure Appl. Chem.** 72: 1563-1575, 2000.
- ESCRICE, I.; RESTREPO, J.; SERRA, J. A. and HERRERA, L. F. Composition and nutritive value of Amazonian palm fruits. **Food and Nutrition Bulletin**, 20:361-365, 1999.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S e SILVEIRA, C. S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Alimentos Nutrição**.v.19, n.4, p. 427-433, 2008.

FREGA N., BOCCI, F. e LECKER, J. Direct gas chromatographic analysis of the unsaponifiable fractions of differences oils with polar capillary column. JAOCs 69: 447-450. 1992.

GIOIELLI, L. A. Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia** [online]. v. 5, n.2, pp. 211-232, 1996.

GOH, E.M. and TIMS, R.E. Determination of mono and diglycerides in palm oil, olein and stearin. **J. Am.Oil Chem. Soc.**, 62, 730-734, 1985.

IUPAC. Method 2.301. Preparation of the fatty acid methyl esters. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives, 7th edn. Pergamon, Oxford, 1992 a.

IUPAC. Method 2.302. Gas-liquid chromatography of fatty acid methyl esters. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives, 7th edn. Pergamon, Oxford, 1992b.

IUPAC. Method 2.324. Determination of triglycerides in vegetable oils. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives". 1st supplement to 7th edition. Pergamon Press, Oxford, 1992c.

IUPAC. Method 2.432. Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by high performance liquid chromatography. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives, 7th edn. Pergamon, Oxford, 1992d.

IUPAC. Method 2.507. Determination of polar compounds in frying fats. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives, 7th edn. Pergamon, Oxford, 1992e.

LEAKEY, R. R. B. Potencial for novel food products from agroforestry trees: a review. **J. Food Chemistry**, V.66, p.1-14, 1999.

LUZ, D. A. et al. Estudos físico-químicos do óleo de babaçu bruto (*orbignya phalerata* Mart.) e de um subproduto da etapa de degomagem do processo de refino. **Cad. Pesq.**, São Luís, v.18, n. 3, p.19-22, 2011.

MAMBRIN, M. C. T. e BARRERA-ARELLANO. Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazonica del Brasil. **Grasas y Aceites**, v.48, n.3: 154-158, 1997.

MARTÍNEZ, J. A. M. Estudio de los índices de calidad em aceites de oliva de la provincia de Granada. 2007. Tesis (Doctorado em Farmacia) – Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada – Granada, 222 p.

MONTÚFAR, R. et al. *Oenocarpus bataua* Mart.(Arecaceae): rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. **J. Am. oil Chem. Soc.**, 87: 167-172, 2010.
(Mars and Rizzini, 1966) carotenoides tucumã

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I.; GANDUL-ROJAS, B. and GALLARDO-GUERRERO, L. Rapid method of quantification of chlorophylls and carotenoids in virgin olive oil by HPLC. **J. Agric. Food Chem.** 40:60-63, 1992.

MONTÚFAR, R. et al. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, 87: 167-172, 2010.

MOREDA, W.; PÉREZ-CAMINO, M. C and CERT, A. Improved method for the determination of triacylglycerols in olive oils by high performance liquid chromatography. **Grasas y Aceites**, v.54, n. 2, p.175-179, 2003.

OBOH, F. O. J. The food potential of tucum (*Astrocaryum vulgare*) fruit pulp. **Journal of Biomedical and Health Sciences**. v.5, n.2, p.57-64, 2009.

QUEIROZ, J. A. L de; BEZERRA, V. S.; MOCHIUTTI, S. A palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart) no estuário do rio Amazonas no estado do Amapá. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURS E BIODIESEL**. Lavras, 2008.

RODRIGUES, A. M.; DARNET, S. and SILVA, L. H. M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Paraqueiba paraensis*) and najá (*Maximiliana maripa*) fruits. **J. Braz. Chem. Soc.** v. 21, n.10, p.2000-2004, 2010.

ROSSO, V. V. and MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **J. Agric. Food Chem.** v. 55, p.5062-5072, 2007.

RUIZ-MÉNDEZ, M.V.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. and DOBARGANES, M. C. Relationships between quality of crude and refined edible oils based on quantitation of minor glyceridic compounds. **Food Chem.** 60, 549-554. **J. Agric. Food Chem.** 55:5062-5072, 1997.

SARAIWA, S. A. et al. Amazonian vegetable oils and fats: fast typification and quality control via triacylglycerol (TAG) profiles from dry matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry fingerprinting. **J. Agric. Food Chem.** v.57, p. 4030-4034, 2009.

SILVA, S. M. et al. Characterization of oil extracted from buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) grown in the Brazilian Amazon region. **J Am Oil Chem Soc.** v.86, p. 611-616, 2009.

TURATTI, J. M; GOMES, R. A. R e ATHIÉ, I. **Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, 2002, 78 p.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G. et al. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L. f, from the Peruvian Amazon. **Grasas y Aceites**, v. 61, n. 4, p. 390-397, 2010.

YUYAMA, L. K. O. et al. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia, Brasil. International **Journal of food Sciences and Nutrition**, v.54, n.1, p. 49-56, 2003.

ANEXOS

Tabela 1. Valores médios das características físicas de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).

Características	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Massa (g)	3,71±0,1	55,48±1,9	31,07±0,7	24,65±0,8	23,89±0,3
Comprimento (mm)	19,44±0,2	53,83±2,9	59,11±0,4	38,47±0,2	42,85±0,8
Diâmetro (mm)	17,17±0,2	48,54±0,6	30,78±0,2	32,94±0,6	31,70±0,2
Rendimento (%)	37,07±0,7	20,48±1,3	31,79±2,3	76,38±2,5	32,66±1,2

Tabela 2. Valores médios das características físico-químicas dos frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).

Características	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
SS (^o Brix)	7,47±0,92	14,27±0,92	9,17±0,76	10,83±0,55	11,60±0,40
ATT (% ac. cit.)	0,36±0,0	0,56±0,10	0,14±0,0	0,31±0,00	0,16±0,0
pH	4,61±0,10	4,16±0,10	6,35±0,2	6,15±0,30	6,12±0,0
SS/ATT	21,27±2,10	25,10±0,20	67,48±4,7	34,80±1,80	72,60±4,60
AST (%)	3,58±0,10	3,25±0,50	3,74±0,20	0,96±0,10	6,48±0,70
AR (%)	2,78±0,10	2,43±0,30	1,88±0,20	0,58±0,10	2,63±0,00
PT (mg/100g)	0,85±0,10	0,71±0,10	0,75±0,1	0,97±0,10	0,75±0,10
PS (mg/100g)	0,18±0,10	0,12±0,0	0,12±0,0	0,16±0,1	0,24±0,0
Amido (%)	8,59±0,20	2,15±0,20	14,61±0,40	24,89±2,14	10,49±0,95

Tabela 3. Valores médios para os compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutos de palmeiras nativas procedentes do Amapá (media±desvio padrão).

Características	Bacaba	Buriti	Inajá	Pupunha	Tucumã
Vitamina C	30,36±2,43	13,38±1,16	24,46±1,62	13,90±0,66	19,19±1,17
Antocianinas(AT)	80,76±1,35	3,08±0,44	1,42±0,17	1,30±0,14	3,61±0,24
Flavonóides (FA)	35,91±2,42	27,97±2,47	14,47±0,26	17,07±1,33	31,05±2,26
Carotenóides(CT)	0,74±0,08	4,67±0,13	0,43±0,02	2,62±0,15	7,24±0,44
Polifenóis (PET)	9421,5±22,6	118,1±2,37	45,22±1,78	30,48±1,15	158,9±12,9
β-caroteno/ácido linoléico	92,17±0,82	65,14±2,73	80,18±2,27	62,09±1,48	92,48±0,50
DPPH	47,46±1,10	7938,2±121	18936±252	nd*	3343,9±132,1
ORAC	194,67±10,26	89,33±5,51	26,00±2,00	94,33±0,58	64,33±4,16

*não determinado