



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

BÁRBARA ELISABETH COSTA VASCONCELOS

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E
NUTRICIONAIS DOS ÓLEOS DO TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*
e *Astrocaryum vulgare*) OBTIDOS COM CO₂ PRESSURIZADO**

**BELÉM
2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

BÁRBARA ELISABETH COSTA VASCONCELOS

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DOS ÓLEOS DO TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* e *Astrocaryum vulgare*) OBTIDOS COM CO₂ PRESSURIZADO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Nádia Cristina Fernandes Corrêa

BELÉM
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

BÁRBARA ELISABETH COSTA VASCONCELOS

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DOS ÓLEOS DO TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* e *Astrocaryum vulgare*) OBTIDOS COM CO₂ PRESSURIZADO

Defesa: Belém (PA) 18 de Outubro de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Nádia C. F. Corrêa
(FEA/POGAL/ITEC/UFPA - Orientador)

Prof. Dr^a. Lúcia F. Henriques Lourenço
(FEA/POGAL/ITEC/UFPA - Membro)

Prof. Dr. Nélio Teixeira Machado
(FEQ/ PPEQ/ITEC/UFPA- Membro)

Prof. Dr. Luis F. França
(FEQ/ PPEQ/ITEC/UFPA- Suplente)

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer”.

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

*Ao meu amado esposo Maurício pelo apoio constante,
paciência e compreensão em todos os momentos.*

*A minha filha querida e amada Mariana, por completar
e alegrar todos os meus dias*

*Ao meu querido pai Wagner, pelo exemplo de dignidade,
honra e estímulo ao crescimento profissional.*

*A minha querida mãe, por ser um exemplo de perseverança,
pelas oportunidades e por acreditar na minha capacidade.*

*Aos meus irmãos, George, Nathália, Amélia, Antônio e Bianca
pelas palavras de amor e carinho.*

*Aos meus sogros, Paulo e Carol pela força e conforto nos
momentos difíceis.*

*Às minhas amigas Orquídea, Jaqueline e Camila, pela ajuda
nas várias horas de trabalho e pelos momentos de
descontração.*

Á Deus, por esta realização.

Dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, prof^a. Dr^a. Nádia C. F. Corrêa, pela orientação, apoio e incentivo ao meu desenvolvimento profissional e pessoal. Por acreditar na minha capacidade de liderança e criatividade, o meu muito obrigada.

Aos professores, Dr. Luis F. França; Dr. Antônio M. C. Rodrigues; Dr. Nélio T. Machado, Dra. Luiza H. Meller e Dra. Lúcia F. H. Lourenço, que dividiram seus conhecimentos e colaboraram para a realização e conclusão deste projeto.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, pelas palavras de sabedoria e incentivo à pesquisa, meus agradecimentos.

Aos colegas do estudo, Carol, Marco, Hugo, Ádria e colegas de laboratório, Jaqueline, Marília, Anderson, Bruno, Patrícia, e tantos outros que participaram direta ou indiretamente deste trabalho, obrigada.

A todos os amigos e familiares que colaboraram e participaram, com palavras de carinho e apoio para o desenvolvimento deste trabalho, o meu muitíssimo obrigada.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as diferenças físicas e químicas dos óleos extraídos do tucumã oriundo do estado do Amazonas e do estado do Pará obtidos através da extração com CO₂ pressurizado e comparar estes dados com outros métodos tradicionais de extração, com o intuito de avaliar as potencialidades e aspectos nutricionais dos óleos de tucumã. As análises foram realizadas seguindo as recomendações dos métodos e padrões oficiais para as avaliações biométricas, extrações lipídicas por diferentes métodos, composição físico-química dos óleos e tortas e determinação dos seus perfis lipídicos. Todas as análises foram avaliadas estatisticamente através do teste de Tukey com significância de 5%. Os resultados mais relevantes mostraram diferenças significativas entre as análises quando comparadas as espécies de tucumã, bem como a ocorrência de variações entre os diferentes métodos de extração, com destaque para o óleo extraído com CO₂ em estado supercrítico pela predominância de ácidos graxos insaturados, ácido Oléico e ácido Linoléico, no óleo de tucumã do Amazonas, enquanto que o do Pará apresentou somente o ácido graxo insaturado do tipo Oléico. As tortas desengorduradas apresentaram considerável valor nutricional pautado principalmente nos valores expressivos de seus macronutrientes e em fibras, agregado valor nutricional e possivelmente funcional a estes subprodutos, independentes do local de sua origem. De forma geral as diferenças apresentadas indicam que o componente de maior significância neste fruto, o seu óleo, considerando-se as espécies analisadas, mostrou com base nas análises que o óleo da espécie de tucumã do Amazonas apresenta características nutricionais mais relevantes que a espécie de tucumã do Pará.

Palavras-chaves: oleaginosas, ácidos graxos, extração supercrítica.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the physical and chemical differences of the oils extracted from tucumã from the state of Amazonas and Pará obtained by extraction with pressurized CO₂ and compare these data with other traditional methods of extraction, in order to evaluate the potential and nutritional aspects of this oils. The analyzes were performed following the recommendations of the official methods and standards for the biometric evaluations, different lipid extraction methods, physico-chemical composition of oils and extract residues and determination of their lipid profiles. All analyzes were evaluated statistically by the Tukey test with significance of 5%. The most relevant results showed significant differences between the analyzes compared tucumã species, as well as the occurrence of variations between different extraction methods, especially the oil extracted with supercritical CO₂ by the predominance of unsaturated fatty acids, oleic acid linoleic acid in the tucumã oil of Amazonas, while the species of Pará had only the unsaturated fatty acid oleic type. The extract residues were degreased considerable nutritional value guided mainly in expressive values of their nutrients and fiber, added nutritional value and possibly working with these products, independent of their place of origin. In general the differences observed indicate that the most significant component of this fruit, its oil, considering the species analyzed, based on analysis showed that the tucumã oil kind of Amazonas has nutritional characteristics most relevant to the tucumã oil kind of Pará.

Keywords: oil, fatty acids, supercritical extraction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 <i>Astrocaryum tucuma</i> , Mart.....	18
Figura 2 <i>Astrocaryum vulgare</i> , Mart.....	19
Figura 3 Diagrama de fases do estado supercrítico para compostos puros.....	32
Figura 4 Fluxograma de tratamento das matérias-primas.....	36
Figura 5 Esquema da unidade de extração supercrítica.....	40
Figura 6a e 6b Biometria dos frutos do Tucumã do Amazonas.....	46
Figura 7a e 7b Biometria dos frutos do Tucumã Pará.....	46
Figura 8 Distribuição percentual do fruto do Tucumã do Amazonas.....	48
Figura 9 Distribuição percentual do fruto do Tucumã do Pará.....	48
Figura 10 Percentual de polpa dos frutos de Tucumã do Amazonas	49
Figura 11 Percentual de polpa dos frutos de Tucumã do Pará	49
Figura 12 Cinética de secagem da polpa de Tucumã do Amazonas	53
Figura 13 Cinética de secagem da polpa de Tucumã do Pará	53
Figura 14 Cinética de secagem da casca de Tucumã do Amazonas	54
Figura 15 Cinética de secagem da polpa de Tucumã do Pará	54
Figura 16 Influência da granulometria no processo de extração com CO ₂ supercrítico a 60 ° C	55
Figura 17 Triturado da polpa e casca dos frutos de Tucumã.....	56
Figura 18 Torta desengordurada dos frutos de Tucumã	62
Figura 19 Cinética das extrações supercríticas dos óleos de Tucumã.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comparação botânica entre as espécies de tucumã.....	16
Tabela 2 Composição físico-química dos frutos de tucumã.....	16
Tabela 3 propriedades físicas e físico-químicas dos óleos de tucumã do Amazonas e do Pará desidratada e pulverizada.....	28
Tabela 4 Composição em ácidos graxos do óleo de tucumã do Pará	29
Tabela 5 Parâmetros de extração com CO ₂ em estado supercrítico.....	40
Tabela 6 Característica física da matéria-prima.....	47
Tabela 7 Teor de água da casca e polpa de tucumã.....	49
Tabela 8 Resíduo mineral fixo da casca e polpa de tucumã	50
Tabela 9 Composição lipídica da casca e polpa de tucumã	51
Tabela 10 Composição protéica da casca e polpa de tucumã	52
Tabela 11 Composição em fibra bruta da casca e polpa de tucumã	52
Tabela 12 Granulometria da casca e polpa de tucumã do Amazonas e do Pará.....	55
Tabela 13 Análise de cor instrumental da polpa e casca dos frutos.....	57
Tabela 14 Análise de cor instrumental da torta de tucumã via prensagem hidráulica	57
Tabela 15 Análise de cor instrumental da torta de tucumã via extração supercrítica.....	58
Tabela 16 Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos via solvente.....	59
Tabela 17 Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos por prensagem	59
Tabela 18 Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO ₂ supercrítico a 60 °C	60

Tabela 19 Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO ₂ supercrítico a 50 °C	60
Tabela 20 Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO ₂ supercrítico a 40 °C	61
Tabela 21 Teor de lipídios dos frutos de tucumã extraídos via solvente	61
Tabela 22 Rendimento dos óleos extraídos por prensagem hidráulica.....	62
Tabela 23 Parâmetros de extração aplicados com CO ₂ supercrítico.....	63
Tabela 24 Teor de água dos óleos de tucumã	65
Tabela 25 Densidade dos óleos de tucumã	67
Tabela 26 Viscosidade cinemática dos óleos de tucumã	68
Tabela 27 Índice de acidez dos óleos de tucumã	68
Tabela 28 índice de refração dos óleos de tucumã.....	69
Tabela 29 Índice de peróxido dos óleos de tucumã	70
Tabela 30 Índice de saponificação dos óleos de tucumã.....	71
Tabela 31 Ponto de fusão dos óleos de tucumã.....	72
Tabela 32 Carotenóides totais nos óleos de tucumã.....	73
Tabela 33 Comparação dos perfis de ácidos graxos dos óleos de tucumã obtidos pela extração com solvente	74
Tabela 34 Comparação dos perfis de ácidos graxos dos óleos de tucumã obtidos pela extração com prensagem hidráulica.....	75
Tabela 35 Comparação dos perfis de ácidos graxos dos óleos de tucumã obtidos pela extração com CO supercrítico a 60 °C.....	76
Tabela 36 Comparação dos perfis de ácidos graxos dos óleos de tucumã obtidos pela extração com CO supercrítico a 50 °C	77
Tabela 37 Comparação dos perfis de ácidos graxos dos óleos de tucumã obtidos pela extração com CO supercrítico a 40 °C	78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
1.1 TUCUMÃ.....	15
1.2 CARACTERÍSTICAS DAS PALMEIRAS.....	17
1.2.1 <i>Astrocaryum aculeatum</i> , Meyer ou <i>A.tucuma</i> , Mart.....	17
1.2.2 <i>Astrocaryum vulgare</i> , Mart.....	18
1.3 APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES DE USOS DOS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DOS FRUTOS DO TUCUMÃ.....	19
1.3.1 Composição e estrutura dos óleos vegetais.....	20
1.3.2 Importância na alimentação.....	27
1.4 ÓLEO DE TUCUMÃ.....	28
1.5 EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS	30
1.5.1 Extração por prensagem	30
1.5.2 Extração sólido-líquido (solvente)	31
1.5.3 Extração por fluido supercrítico.....	31
CAPÍTULO 2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1 MATÉRIA-PRIMA.....	36
2.2 BIOMETRIA DOS FRUTOS.....	37
2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA CASCA E POLPA.....	37
2.4 SECAGEM.....	38
2.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	38
2.6 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR	39
2.7 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ	39
2.8 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS ÓLEOS.....	42
2.9 ANALISE ESTATÍSTICA.....	45

CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.1 ANÁLISE BIOMÉTRICA DOS FRUTOS.....	46
3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MATÉRIA-PRIMA.....	49
3.3 SECAGEM.....	53
3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	54
3.5 ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL.....	56
3.5.1 Análise instrumental de cor dos óleos.....	59
3.6 PRODUTO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ.....	61
3.6.1 Extração sólido-líquido (solvente).....	61
3.6.2 Extração com prensa hidráulica.....	62
3.6.3 Extração com CO ₂ Supercrítico.....	63
3.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS ÓLEOS	65
3.8 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS ÓLEOS DE TUCUMÃ.....	74
CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICES.....	90
APÊNDICE A – Biometria de frutos de tucumã do Amazonas.....	90
APÊNDICE B – Biometria de frutos de tucumã do Pará.....	93
APÊNDICE C – Análise estatística da composição centesimal da matéria-prima.....	96
APÊNDICE D – Análise estatística da caracterização física e química dos óleos.....	98
APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos.....	103

INTRODUÇÃO

A região Amazônica possui uma ampla diversidade de palmeiras nativas que provêm frutos e sementes oleaginosas. Dentre essas, o tucumanzeiro que possui duas espécies mais conhecidas, o Tucumã do Amazonas (*Astrocaryum aculeatum* Meyer ou também *A. tucuma*, Mart) e o Tucumã do Pará (*Astrocaryum vulgare*, Mart.), que fornecem o fruto tucumã, amplamente distribuído por toda a Amazônia brasileira e também na Guiana Francesa, Suriname, Peru, Bolívia e Colômbia (GENTIL, FERREIRA, 2005; BACELAR-LIMA, MENDONÇA, BARBOSA, 2006).

Esta oleaginosa apresenta polpa com média de 32 a 58% de lipídios e uma semente (amêndoa), do qual se obtêm uma gordura de aspecto esbranquiçado, características fundamentais para sua alta qualidade energética. Sua potencialidade tem sido amplamente aplicada em diversos segmentos industriais como na produção de: sorvetes, cremes, sanduíches, pizzas, na elaboração de biojóias, biodiesel, entre outras possibilidades de aplicações nos mais diversos setores de produção (AGUIAR et al., 1980; AGUIAR, 1996; BORA et al., 2001; GUEDES, 2006; BICHARA, 2007; YUYAMA et al., 2008).

Esses óleos apresentam a composição predominantemente em ácidos graxos poliinsaturados, como ácido oléico (46 – 58 %), ácido linoléico (3 – 26 %), ácido linolênico (0,9 – 5 %) e ácidos graxos saturado, como o ácido palmítico (13 – 29 %) e ácido esteárico (3 – 9 %). Esta caracterização em ácidos graxos pode ser comparada com o óleo de palma, apresentando ácidos graxos poliinsaturados, como oléico (37,3 - 40,8 %); ácido linoléico (9,1 – 11,0 %), ácido linolênico (0,4 a 0,6 %) e ácidos saturados como palmítico (41,8 – 46,8 %) e esteárico (4,5 – 5,1 %) entre outros (BORA, 2001; O'BRIEN, 2003; GUEDES, 2006; FERREIRA et al., 2008).

Avaliando as composições e comparações, nota-se que ambos apresentam concentrações relativamente semelhantes de ácidos graxos, podendo supor que o óleo de tucumã é um potencial a ser explorado pela indústria de processamento de óleos vegetais.

Outra propriedade nutricional do tucumã, além de sua alta concentração em ácidos graxos insaturados, está relacionada à sua alta concentração de carotenóides (acima de 100 µg/g), os quais são responsáveis pela atividade pró-vitamina A, atuando como importantes agentes antioxidantes (prevenindo a formação de radicais peróxidos e radicais livres), apresentando ações anti-

carcinogênico, antimicrobianas, protetor da visão entre outras funções biológicas (FAROMBI; BRITTON, 1999; GUEDES, 2006; FERREIRA et al., 2008).

Os avanços tecnológicos para o aprimoramento deste segmento industrial devem levar em consideração a forma de extração de seu potencial lipídico. Diversos métodos de extração são empregados para a produção de óleos vegetais. Dentre estes destacam-se:

Os métodos convencionais, que podem utilizar a extração hidráulica e hidráulica; a extração sólido-líquido por solventes ou ainda a mista que une os métodos anteriores; e o método não convencional, com aplicação de gases como o fluido supercrítico que possui vantagens sobre os demais métodos, por apresentar alto rendimento, redução do tempo de extração, manutenção da qualidade do material extraído, além da aplicação nos mais diversos materiais termossensíveis (FREITAS et al., 2008; CHUNHIENG et al., 2008; BRASIL, 2009; TEMELLI, 2009).

Na área alimentícia, o solvente mais utilizado é o dióxido de carbono (CO_2), que dentre outras propriedades podemos citar sua atoxicidade, alta eficiência de extração, ausência de resíduos de solventes no material extraído, reduzida geração de resíduos químicos que poderiam contaminar o ambiente entre outros (OZKAL; SALGIN; YENER, 2005; BRUNNER, 2005; TEMELLI, 2009).

Diante dos dados expostos o objetivo deste trabalho é avaliar e comparar os aspectos nutricionais do óleo da polpa de tucumã obtido dos frutos oriundos dos estados do Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*) e do Pará (*Astrocaryum vulgare*) pelo uso de diferentes métodos de extração.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A MATÉRIA-PRIMA

O tucumã é um fruto oleaginoso que, de modo geral, é uma drupa globosa ou ovóide, cujo mesocarpo é fibroso e de coloração amarelo-alaranjada, nutritivo, rico em lipídeos e compostos como a pró-vitamina A. Apresenta uma única semente (amêndoa), de onde pode ser extraída uma gordura de cor branca (PESCE, 1941; AGUIAR, 1980; GUEDES, 2006; YUYAMA, 2005).

Pesce (1941) e Bora (2001) citam alguns nomes que o tucumã pode apresentar: Tucumã-Y (*Astrocaryum caudescens* Barb. Rodr.), Tucumã-i (*A. acaule*, Mart); Tucumã (*A. aculeatum* Meyer ou *A. tucumã* Mart) e (*A. vulgare* Mart), Tucumã-Uaçu (*A. princeps* Barb. Rodr.); Tucum-acu (*A. Chonta* Mart.), Tucumã-Piririca (*A. Princeps* var. *aurantiacum* Barb. Rodr.), Tucumã-Uaçu-Rana (*A. princeps* var. *flavum* Barb. Rodr.), Tucumã-Pururupu (*A. princeps* var. *vitelium* Barb. Rodr.), Tucumã-Arara (*A. princeps* var. *sulphureum* Barb. Rodr.), Tucumã-da-Várzea (*A. giganteum* Barb. Rodr.).

Dentre as os frutos mais conhecidos esta o Tucumã do Pará (*Astrocaryum vulgare*, Mart.), esta espécie encontra-se nas terras firmes, com ampla distribuição geográfica do Norte da América do Sul, com concentração no leste da Amazônia. Apresenta-se entre as principais palmeiras nativas da Amazônia com grande perspectiva de aplicações nos mais diversos setores industriais locais (CALZAVARA, 1968; OLIVEIRA, 1998).

Outra espécie de relevância entre estas oleaginosas e a espécie originaria do estado do Amazonas, o tucumã do Amazonas (*A. tucuma* Mart.) seguindo a mesma distribuição geográfica do tucumã do Pará. Porém estendendo-se até o norte da América do Sul acima do Estado do Pará (FERRÃO, 1999).

Os frutos originários destas palmeiras podem floresce entre março e julho e frutificar nas épocas de chuva, entretanto, alguns frutos possam ser encontrados durante todo o período do ano. A etapa de frutificação pode ter início entre 4 e 8 anos de crescimento das árvores, quando estas podem chegar a altura média de 1,5 até 5 metros (CALZAVARA, 1968; SHANLEY; MEDINA, 2005). Algumas comparações e diferenças botânicas podem ser observadas (Tabela 1) entre as espécies de tucumã.

Tabela 1. Comparação botânica entre espécies de tucumã

Características	Tucumã do Amazonas	Tucumã do Pará
Estipes	1	2 a 20
Diâmetro do estipe	15 a 33 cm	15 a 20 cm
Cor da casca do fruto	Verde, amarelo	Alaranjado
Comprimento do fruto	4,5 a 6 cm	3,5 a 4,5 cm
Diâmetro do fruto	3,5 a 4,5 cm	2,5 a 3,5 cm
Cor da polpa	Alaranjada ou amarela	Alaranjada
Consistência da polpa	Compacta, firme	Pastosa – oleosa, pouco fibrosa

Fonte: Shanley (2005)

As diferenças entre as espécies de tucumanzeiro podem ser avaliadas por algumas características da planta, estas palmeiras podem ser unicaule ou multicaule, formando touceiras com 2 a 20 estipes, podem ter altura média entre 10 a 15 m de altura e com 15 a 33 cm de diâmetro, apresentando espinhos ao longo do seu tronco, com diâmetro dos frutos e cor das polpas semelhantes entre as espécies (LIMA; COSTA, 1997; SHANLEY, 2005).

Outro aspecto de grande destaque entre os frutos de tucumã é a sua relevância nutricional. Na Tabela 2 é mostrada a comparação entre os frutos originários dos diferentes estados.

Tabela 2. Comparação da composição físico-química dos frutos de tucumã

ANÁLISES	ORIGEM	
	PARÁ*	AMAZONAS**
Umidade	53,26 ± 0,52	48,46±0,48
Lipídios	40,40 ± 0,36	32,29±0,33
Proteínas	4,42 ± 0,03	3,51±0,00
Fibras	15,76 ± 0,30	—
Resíduo mineral fixo	2,34 ± 0,06	1,26±0,09

Dados expressos em base seca

* BICHARA, (2007); **YUYAMA, (2008)

Os dados apresentados na Tabela 2 indicam a maior relevância nutricional dos frutos originários do estado do Pará. Este fato pode ser comprovado pela maior

valor apresentado em seus principais macronutrientes, como o seu teor em lipídios e proteínas fonte de sua alta relevância energética total quando estes macronutrientes são metabolizados no organismo humano.

O teor estimado em minerais expressos pelo seu valor em resíduo mineral fixo também mostrou-se maior, além do considerável valor em fibras. Entretanto, segundo Aguiar (1996) o teor de fibras expressos no fruto do tucumã do Amazonas apresenta média de 19,20%, superior ao fruto do Pará, mas sendo ambos fonte considerável de micronutrientes.

1.2. CARACTERÍSTICAS DAS PALMEIRAS

1.2.1 *Astrocarym aculeatum*, Meyer ou *A. tucuma*, Mart.

O tucumã do Amazonas, também conhecido como *Tucumã-açu*, é uma palmeira solitária, de crescimento monopodial e monóica. Nativo do Estado do Amazonas, onde é amplamente distribuído, mas está presente também nos estados do Acre, Rondônia, Roraima, Pará e Mato Grosso, além de ser encontrado em países como Guianas, Peru, Colômbia, Venezuela e Bolívia (BARCELAR-LIMA, 2006; FERREIRA, 2006; SHANLEY, 2005).

Essa palmeira é considerada uma planta pioneira e invasora de pastos, mas também é encontrada em capoeiras e florestas. Desenvolve-se bem em solos pobres de terra firme, savana, pastagens e roçado. Está freqüentemente associada às áreas degradadas e de vegetação secundária, pois é resistente ao fogo, devido a capacidade de rebrotar após as queimadas e regenera-se facilmente por perfilhar (FERREIRA, 2006; GENTIL, 2005; YUYAMA, 2008).

O porte estrutural dessa palmeira pode alcançar, em média, de 10 a 15 metros de altura, podendo alcançar até 25 metros; possui espinhos negros, longos (com até 30 cm de comprimento) e pungentes, dispostos em anéis ao longo do tronco, que se adensam em sua parte superior, os frutos são mostrados na Figura 1 (GENTIL, 2005; SHANLEY, 2005; BACELAR-LIMA, 2006).

Figura 1. *Astrocaryum tucuma*, Mart.



Fonte: Autora

O tucumã do Amazonas normalmente floresce no período entre os meses de julho a janeiro e sua frutificação no intervalo entre os meses de fevereiro a agosto. No entanto, podem-se encontrar os frutos fora dessa época. Em média, uma palmeira produz de 3 a 4 cachos por ano e um cacho médio possui até 240 frutos, produzindo em média 720 frutos (12 kg) por palmeira (SHANLEY, 2005).

1.2.2 *Astrocaryum vulgare*, Mart.

Esta espécie de tucumã nativo do Estado Pará, ocorre em todo o leste da Amazônia brasileira, Peru, Venezuela, Guianas e no Suriname. Reconhecida por ter vários estipes (troncos) que se elevam até 10 metros de altura e frutos de cor amarelo-vermelha (Figura 2) (PESCE, 1941; BORA, 2001; SHANLEY, 2005).

Figura 2. *Astrocaryum vulgare*, Mart.



Fonte: Autora

Uma palmeira típica produz cerca de 50 quilos de frutos por ano, mesmo em solos pobres. Da mesma forma como o *A. aculeatum*, o *A. vulgare* também se desenvolve em áreas degradadas e de vegetação secundária. Em geral, os tucumanceiros produzem de 2 a 3 cachos anualmente, mas podem chegar a mais de 5. Cada cacho pesa entre 10 a 30 quilos e contém de 200 a 400 ou mais frutos, em média, uma palmeira produz 750 frutos. A frutificação tem início entre 4 e 8 anos. O tucumã do Pará floresce entre março e julho e frutifica na época chuvosa, ou seja, de janeiro a abril. Contudo, se bem manejada, essa palmeira pode dar frutos o ano inteiro (SHANLEY, 2005).

1.3 APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES DE USOS DOS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DOS FRUTOS DE TUCUMÃ

O tucumã do Pará vem sendo utilizado de várias formas, a partir do fruto: consumo “in natura”, sorvete, picolé, sabão, alimentação para porcos, gado, peixes, galinhas e outros animais. A extração do seu teor em óleo pode ser aplicado para: óleo comestível, sabão, cosméticos e medicamentos (SHANLEY, 2005).

O tucumã do Amazonas possui usos análogos ao do tucumã do Pará, mas alguns são peculiares à espécie do Amazonas. A partir do fruto: consumo “in natura”, sanduíche de tucumã, recheio para tapioca (“beiju”) e pizzas. Do caroço:

alimentação de animais e na defumação de borracha (SHANLEY, 2005). O comércio da polpa desta espécie representa emprego e renda para as famílias da região.

A peculiaridade característica comum entre esses frutos situa-se em sua proporção lipídica. Seu aporte em óleos e gorduras vem sendo utilizado para uma grande variedade de utilidades, entretanto, seu maior emprego está na alimentação. O aumento do consumo de óleos vegetais nos últimos anos se deve em parte às descobertas de funções importantes a saúde humana, principalmente pelo exemplo do óleo ou azeite de oliva e seus benefícios na saúde e dieta Mediterrânea (O'BRIEN, 1998; GUEDES, 2006; FERREIRA et al., 2008).

Óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água formadas predominantemente por produtos da condensação de ésteres de ácidos graxos e glicerol, com ainda, alguns componentes não-glicerídeos em menores quantidades, como fosfolipídios, esteróis livres ou ésteres de esterol, tocoferóis, tocotrienóis, alcoóis, hidrocarbonetos e também vitaminas lipossolúveis (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003; GUNSTONE, 2004).

Segundo Moretto (1998) a diferença entre óleos e gorduras à temperatura ambiente, reside na proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídeos, já que os ácidos graxos correspondentes representam mais de 95 % do peso molecular dos seus triglicerídeos. Por exemplo, as gorduras animais, como sebo e a banha, apresentam quantidades de grupos acila saturados maiores do que a de insaturados. Assim, os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C (temperatura ambiente) e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à mesma temperatura (O'BRIEN, 2003, VISENTAINER, 2006).

Os óleos representam as maiores fontes de energia dentre os três componentes básicos dos alimentos (carboidratos, proteínas e gorduras) e a maioria contém ácidos graxos essenciais para a saúde, que não são produzidos pelo corpo humano (O'BRIEN, 2003). São, dessa forma, usados quase universalmente como formas de armazenamento de energia nos organismos vivos (NELSON, 2002).

1.3.1 Composição e estrutura dos óleos vegetais

As unidades fundamentais dos lipídios são os ácidos graxos, que podem ocorrer naturalmente como substâncias livres ou esterificadas, entretanto, a grande

maioria pode ser encontrada na forma esterificada com o glicerol (1,2,3-triidroxipropano), formando os triglicerídeos ou triacilgliceróis.

Segundo Moretto (1998) e Gunstone (2004), os óleos brutos contém cerca de 95 % de triacilgliceróis. Depois do refino, este percentual aumenta para 97 – 99 %, dependendo do nível de matéria insolúvel (insaponificável) restante. Acompanhando os triacilgliceróis, em menor quantidade, têm-se os diacilgliceróis, monoacilgliceróis e os ácidos graxos livres.

As características físicas, químicas e nutricionais dos óleos dependem, essencialmente, da natureza, número de átomos de carbono e posição dos grupos acila presentes nas moléculas dos triglicerídeos, além da constituição pelos componentes não-glicerídicos (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003).

Glicerídeos

Podem ser definidos como produtos da condensação de uma molécula de glicerol (glicerina) com até três moléculas de ácidos graxos chamados de triacilgliceróis. Todos os triacilgliceróis possuem a mesma molécula de glicerina, assim, são os ácidos graxos presentes e sua distribuição na molécula que contribuem para propriedades diferentes. Triacilgliceróis que apresentam ácidos graxos idênticos são chamados de triacilgliceróis monoácidos ou simples. Os triacilgliceróis que possuem ácidos graxos diferentes são denominados triglicerídeos mistos (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003).

A composição de ácidos graxos de óleos vegetais naturais varia significativamente não só pela espécie do vegetal, mas também com as condições climáticas, tipo de solo, época de crescimento, maturidade e variação genética da planta (O'BRIEN, 2003).

Os ácidos graxos podem ser comumente divididos em categorias (O'BRIEN, 2003):

- Ácidos graxos saturados, caracterizados pela ausência de duplas ligações na cadeia, como exemplo, o ácido láurico (C:12), ácido mirístico (C:14), ácido palmítico (C:16) e ácido esteárico (C:18).
- Ácidos monoinsaturados possuem somente uma dupla ligação na cadeia carbônica. Os principais representantes desta categoria são o ácido oléico - C18:1 (9 *Cis*) e o ácido erúcido – C22:1.

- Ácidos poliinsaturados da família *n*-6. Os ácidos graxos representantes desta categoria são o linoléico C18:2 ($\Delta^{9,12}$); γ -linolênico C18:3 (*n*-6, $\Delta^{6,9,12}$); aracdônico C20:4 (*n*-6, $\Delta^{5,8,11,14}$). O metabolismo humano pode sintetizar ácidos graxos da família *n*-9 (ω -9), mas não pode biossintetizar ácidos graxos da família *n*-6 e *n*-3. Assim sendo, estes ácidos graxos devem ser obtidos da dieta alimentar e conseqüentemente, sob o ponto de vista nutricional, são considerados “ácidos graxos essenciais”.

As principais fontes dos ácidos graxos essenciais com destaque para o ácido linoléico são sementes de plantas como girassol, soja e milho. Alguns derivados do ácido linoléico C18:2 (*n*-6) têm despertado o interesse de diversos pesquisadores, no que se refere aos isômeros *cis* e *trans*. Estes isômeros receberam o termo coletivo de Conjugated Linoleic Acids (CLA).

Estas pesquisas se devem às demonstrações experimentais de que o CLA possui efeitos de proteção contra câncer mamário em animais, neoplasia do estômago e pele de camundongos, aumento da função imunológica e inibição da aterosclerose e carcinogênese (HURST, 2002; VISENTAINER, 2006).

- Ácidos graxos poliinsaturados da família *n*-3 (os termos *n*-9, *n*-6 e *n*-3 estão relacionados à posição da dupla ligação em relação ao metil terminal da cadeia carbônica, também podem ser representados pela letra ω). O ácido α -linolênico C18:3 (*n*-3 – 9c, 12c, 15c) é o precursor da família ω -3, pois os demais ácidos como, eicosapentaenóico ou EPA C20:5 (*n*-3 – 5c, 8c, 11c, 14c, 17c) e Docosahexaenóico ou DHA C22:6 (*n*-3 – 4c, 7c, 10c, 13c, 16c, 19c), são gerados a partir do α -linolênico, através do alongamento e desidrogenação da cadeia.

Precusores desses compostos podem ser encontrados nos óleos de soja e canola podem conter de 5 a 10 % de ácido α -linolênico considerando as variações de solo, clima, espécie e entre outros fatores. A importância destes ácidos graxos está relacionada com a proteção contra doenças cardiovasculares, regulação da resposta inflamatória e da agregação plaquetária, principalmente no que diz respeito ao EPA e DHA (HURST, 2002; POMPÉIA, 2002; TRUMBO et al., 2002; SILVEIRA et al., 2005)

- Ácidos graxos incomuns, aqueles que apresentam número ímpar de átomos de carbono. Aparecem, geralmente, em proporções muito pequenas e por isso, são

tão dificilmente detectados. Exemplos desta categoria são o ácido ricinoléico, que ocorre no óleo de mamona em alta proporção, cerca de 87% e o ácido malválico, que aparece em diminuta proporção no óleo de algodão.

Não-glicerídeos

Os componentes primários de óleos e gorduras vegetais brutos são os triglicerídeos, mas também podemos encontrar em pequenas proporções componentes não-glicerídeos, muitos dos quais podem alterar significativamente suas propriedades química e física. Óleos vegetais brutos podem conter cerca de 2 a 5 % de substâncias não-glicerídicas. Estas substâncias também podem ser referenciadas como fração insaponificável, e consiste em fosfolipídios, tocoferóis, esteróis, resinas, carboidratos, pesticidas, proteínas, vitaminas lipossolúveis, traços de metais e pigmentos como o caroteno e a clorofila (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003).

a) Fosfolipídios

Também são conhecidos no processamento de óleos como fosfatídios, e estruturalmente consistem em glicerídeos nos quais uma molécula de ácido orgânico é substituída por um grupo contendo ácido fosfórico e uma base nitrogenada. Contém na molécula duas frações, uma hidrofílica e outra hidrofóbica, as quais, os tornam bons agentes surfactantes e emulsionantes. (MORETTO, 1998; BOBBIO, 2003; O'BRIEN, 2003; GUEDES, 2006).

São divididos em duas categorias: hidratáveis e não-hidratáveis. Os fosfatídios hidratáveis (fosfatidilcolina e fosfatidilinositol) são separados do óleo com água, já os não-hidratáveis e seus sais de cálcio e magnésio permanecem nos óleos após a degomagem com água e podem ser removidos com sucesso através de um pré-tratamento com ácido fosfórico ou ácido cítrico.

Os dois fosfatídios mais comuns em óleos vegetais são a lecitina e a cefalina (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003). Os óleos de soja e de palma contém respectivamente 3,2 à 2,2 % e 0,075 % ou não contém, de fosfatídios.

b) Esteróis

A maioria dos óleos vegetais possui cerca de 1000 a 5000 mg/kg de esteróis, parte como esteróis livres e parte na forma esterificada. Compreende a maior parte da matéria insaponificável dos óleos e gorduras naturais. Os esteróis vegetais são conhecidos como fitoesteróis, dentre os quais, os mais comuns são o β -sitosterol (em maior quantidade), o campesterol, estigmasterol e Δ^5 -avenasterol (MORETTO, 1998; O'BRIEN, 2003; GUNSTONE, 2004). Os óleos de soja e de palma contêm respectivamente 2965 ± 1125 e 2250 ± 250 ppm de esteróis (O'BRIEN, 2003).

Segundo Gunstone (2004), o óleo de palma contém esteróis totais 65mg/100g, esteróis esterificados 16 %, esteróis livres 49%, sitosterol 43mg/100g, estigmasterol 10 mg/100g, campesterol 14 mg/100g e Δ^5 -avenasterol 3mg/100g.

c) Tocoferóis e tocotrienóis

Segundo O'Brien (2003) e Gunstone (2004), o grupo compreende 4 tocoferóis e 4 tocotrienóis. Os tocotrienóis são significativos no óleo de palma, mas geralmente são menos comuns que os tocoferóis e, também, suas propriedades biológicas são pouco conhecidas. Os quatro tocoferóis diferem no número de grupos metil ligados ao anel heterocíclico. Eles são designados α (5,7,8-trimetil), β (5,7-dimetil), γ (7,8-dimetil) e δ (8-metil). Os *tocols* possuem propriedades valiosas: mostram atividade antioxidante e são fontes de vitamina E.

Os grupos de compostos conhecidos como antioxidantes tem por função inibir inibem a oxidação dos lipídios nos alimentos por estabilização do hidroperóxido e de radicais livres, e a presença destes componentes têm grande influência na qualidade e no *flavor* do óleo. Entretanto, estes componentes não demonstram atividade antioxidante até que tenham sido hidrolisados *in vivo* nas formas fenólicas livres. O óleo de palma bruto contém cerca de 700 ± 1100 ppm de *tocols* dos quais o α -tocoferol representa 22% e β -, γ -, e δ -tocotrienol representa 20, 46 e 12 % respectivamente. Níveis altos (acima de 1000 ppm) o α -tocoferol é considerado um agente pró-oxidante

Vitaminas Lipossolúveis

Os lipídios, de modo geral, são valiosas fontes dentre outras funções de energia e vitaminas lipossolúveis quando avaliados sob os aspectos nutricionais e funcionais para o metabolismo humano (NELSON, 2002; GUNSTONE, 2004). Dentre suas funções estas incluem o transporte das vitaminas como:

- Vitamina A (retinol) funciona como pigmento e hormônio, envolvida no crescimento e desenvolvimento dos tecidos, principalmente regulando a expressão gênica no desenvolvimento do tecido epitelial e da visão;
- Vitamina D (colecalfiferol) componente primordial para o metabolismo de reconstrução, crescimento e regeneração da estrutura óssea e dentária necessária para a absorção de cálcio e retenção na conformação estrutural do esqueleto humano;
- Vitamina E (tocoferol) e suas frações, estão envolvidos nos processos metabólicos de oxidação e aceleração do envelhecimento celular, atuando como antioxidante biológico juntamente com outros compostos minerais pode prevenir desacelerando o envelhecimento celular;
- Vitamina K (menaquinone) Tem sua principal função pautada no processo de na coagulação sanguínea, necessária para as converções e ativações das redes estruturais que mantém o processo de coagulação. Os lipídios são os principais meios de transporte dessas vitaminas, além de outros compostos de interação lipídica.

Carotenóides

São pigmentos naturais muito encontrados na natureza, aproximadamente 600 diferentes substâncias já foram identificadas, entretanto o β -caroteno é o mais amplamente distribuído. Somente as plantas, bactérias, fungos e algas podem

sintetizar os carotenóides, porém, muitos animais incorporam esses componentes na alimentação.

Sua estrutura é derivada de uma cadeia de 40 carbonos, a qual inclui duplas ligações conjugadas. De modo geral, os carotenóides podem ser divididos em dois grandes grupos, os carotenos, que apresentam em suas estruturas apenas átomos de carbono e hidrogênio, e as xantofilas, as quais apresentam pelo menos um átomo de oxigênio. São altamente instáveis, sensíveis ao calor, luz, ácidos, oxigênio, enzimas, como a lipooxigenase, podendo levar a alterações ou até a parcial destruição dos pigmentos e conseqüentemente perda da atividade biológica (BOBBIO, 2003).

A cor intensa dos carotenóides se deve ao grande número de insaturações conjugadas presentes na molécula. Assim, quanto maior o número de insaturações conjugadas, mais intensa é a cor do composto (BOBBIO, 2003).

Estudos demonstram que os carotenóides presentes em vegetais são fontes de vitamina A na alimentação, principalmente em países pobres. O β -caroteno é o principal composto com atividade pró-vitamina A. Quando incorporada na dieta, esta substância é quebrada em duas moléculas de retinol (vitamina A), por ação da enzima β -caroteno-15,15'-dioxigenase no intestino (BOBBIO, 2003; BICHARA, 2007).

Pesquisas têm demonstrado que a ação antioxidante do β -caroteno pode prevenir a peroxidação lipídica ou a formação de radicais peróxidos e radicais livres, podendo assim, estar relacionada com atividade anticarcinogênica sugerida em alguns estudos (FAROMBI, 1999; YUYAMA et al., 2005)

Estes são componentes secundários em muitos óleos vegetais e particularmente no óleo de palma. Possuem uma cadeia longa de insaturações conjugadas e são de cor amarelo, laranja ou vermelho. O óleo de palma bruto contém aproximadamente 500 a 700 ppm de carotenos. Estes são em sua maioria α - e β - caroteno (30 a 40% e 55 a 60 %, respectivamente), com níveis pequenos de outros carotenos (GUNSTONE, 2004).

Clorofilas

São pigmentos naturais fotossintéticos abundantes nas plantas, de acordo com sua espécie, ocorrem nos cloroplastos das folhas e outras partes dos vegetais.

O nome clorofila foi proposto por Pelletier e Caventou, em 1818, para designar a substância verde que se podia extrair das folhas com o auxílio do álcool. São de grande importância comercial, pois podem ser usados tanto como pigmentos como antioxidantes. As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o Mg (magnésio).

Em geral, as clorofilas são relativamente instáveis e sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio e a degradação química. A degradação das clorofilas em tecidos senescentes é iniciada por fatores externos, como o estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou a combinação destes fatores (STREIT, 2005).

O óleo de soja bruto contém baixos níveis de clorofila, 1 – 1,5 ppm, o que após o refino reduz para aproximadamente 15 ppb. Por sua vez, o óleo de palma contém 250 -1800 ppb de clorofila, este nível diminui com o aumento da maturidade do fruto (GUNSTONE, 2004).

1.3.2 Importância na alimentação

O conteúdo e a qualidade das gorduras dos alimentos ingeridos na dieta humana são de grande importância na saúde pública, principalmente pela associação entre o modo de alimentação e o surgimento de certas doenças crônico-degenerativas, principalmente a Diabetes, hipertensão e as arritmias cardiovasculares. Entretanto, a qualidade de determinadas gorduras são de fundamental importância na manutenção do metabolismo humano, com destaque para o sistema pró e antiinflamatório regulados pelo sistema imune (POMPÉIA, 2002; TRUMBO et al., 2002; SILVEIRA et al., 2005)

Os lipídios são a principal forma de armazenamento de energia na maioria dos organismos, bem como os principais constituintes das membranas celulares, além de funcionar como pigmentos, cofatores enzimáticos, detergentes (sais biliares), hormônios, transportadores e ainda como âncoras de proteínas biológicas (NELSON, 2002; TRUMBO et al., 2002; SILVEIRA et al., 2005).

Segundo pesquisas, o consumo de gorduras saturadas, compostas geralmente por três ácidos graxos principais, ácido láurico, mirístico e palmítico pode estar interligado com o aumento do nível de colesterol no sangue. Entretanto, o consumo de ácidos graxos poliinsaturados está relacionado com a redução do nível

de colesterol sanguíneo (MORETTO, 1998; JAMES, GIBSON E CLELAND ,2000; SAMBANTHAMURTHI, 2000; KELLEY ,2001;).

1.4 ÓLEO DE TUCUMÃ

O surgimento e aprimoramento dos métodos de análises têm alavancado o conhecimento e as informações disponíveis sobre as características físicas e químicas dos óleos extraídos de frutos Amazônicos como o tucumã, dentre estes aspectos é possível avaliar a qualidade desses compostos a partir das análises de acidez e peróxido com intuito de determinar seus parâmetros de qualidade, além de estimar outros parâmetros como tamanho de sua cadeia de ácidos graxos, além de outros aspectos que possam ser comparados a óleos comerciais de reconhecida qualidade nutricional e comercial. Algumas informações pesquisadas estão expressas nas Tabelas 3 e 4 .

Tabela 3. Propriedades físico-químicas do óleo de tucumã do Pará e do tucumã do Amazonas (*A. tucuma*) desidratada e pulverizada

Parâmetros	Pará (BORA,2001)		Amazonas (YUYAMA, 2008)
	Óleo da Polpa	Óleo da Amêndoa	Óleo da Polpa*
Índice de Refração	1.450 ± 0.00	1.451 ± 0.00	—
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1.12 ± 0.02	1.67 ± 0.32	20.63 ± 0.38
Índice de Peróxido (mEq O ₂ /Kg)	1.72 ± 0.21	0.46 ± 0.21	—
Índice de Iodo (g I ₂ /100g)	82.0 ± 1.54	12.5 ± 1.04	10.88 ± 1.40
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	110.5 ± 3.6	231.4 ± 4.3	298,39 ± 0,29

* óleo da polpa do tucumã do Amazonas (*A. tucuma*) desidratada e pulverizada

Fonte: BORA, 2001; YUYAMA, 2008.

Segundo Bora (2001), o óleo da polpa e da amêndoa do tucumã do Pará apresenta baixos índices de acidez e de peróxidos. Quando comparamos este primeiro índice com o óleo extraído do furto oriundo do estado do Amazonas, o

índice de acidez mostra-se muito superior, com relação aos índices de iodo os óleos das amêndoas do Pará e da polpa do Amazonas mostram resultados muito próximos. Entretanto, como se pode observar na Tabela 3, os óleos da polpa e da amêndoa apresentam diferenças para os demais parâmetros, tais variações podem ser atribuídas as diferenças apresentadas pelos locais de extração no fruto e conseqüentemente a composições de ácidos graxos desses óleos.

No que se refere a qualidade dos ácidos graxos Bora (2001) relata que o óleo da polpa possui um grande percentual de ácidos graxos insaturados, principalmente os ácidos linoléico (ω -6) e oléico (ω -9), revelando sua considerável potencialidade nutricional e funcional.

Segundo Guedes (2006), os componentes em maior concentração no óleo de tucumã, são os ácidos graxos insaturados, principalmente o ácido oléico, entretanto, pode-se destacar a presença considerável de ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico, sendo o segundo ácido graxo em maior concentração apresentado nesta composição dos frutos como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4. Composição de ácidos graxos do óleo de Tucumã do Pará (*A. vulgare*)

FONTES			
ÁCIDOS GRAXOS	BORA (2001)	GUEDES, (2006)	BARBOSA et al., (2009)*
C₁₂₋₀	—	—	51,42
C₁₄₋₀	—	—	26,09
C₁₆₋₀	13,86± 0,12	29,6 ± 0,23	5,55
C₁₈₋₀	9,80 ± 0,03	3,0 ± 0,05	2,36
C₁₈₋₁	46,81 ± 0,17	58,5 ± 0,05	5,97
C₁₈₋₂	26,13 ± 0,12	3,8 ± 0,03	2,09
C₁₈₋₃	0,93 ± 0,01	5,5 ± 0,11	—
AGS	25,6	—	—
AGM	47,34	—	—
AGP	27,06	—	—

AGS= Ácidos Graxos Saturados; AGM= Ácidos Graxos Monoinsaturados; AGP= Ácidos Graxos Poliinsaturados; Ácido Palmítico C16-0; Ácido Esteárico C18-0; Ácido Oléico C18-1; Ácido Linoléico C18-2; Ácido Linolênico C18-3.

* Óleo do Tucumã do Amazonas

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram a qualidade nutricional do óleo de tucumã do Pará entre diferentes pesquisas em comparação com o perfil de ácidos graxos obtidos do tucumã do Amazonas. De forma geral a composição de ácidos graxos encontrados nas pesquisas de Barbosa (2009) remetem a riqueza em compostos saturados, mas inferiores aos elementos de maior importância para fins nutricionais e funcionais representados pelos ácidos graxos essenciais da série Omega (ω -3, ω -6 e ω -9), se comparado ao perfil mostrado pelo óleo extraído das amêndoas de tucumã do Amazonas.

1.5 EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

Óleos vegetais são basicamente constituídos por triglicerídeos e outros componentes minoritários, apresentando uma vasta composição. Estas características são significativas na determinação das propriedades físicas do óleo, estas são importantes para a aplicação em usos específicos. A partir disso, há interesse em fracionar os óleos para obtenção de produtos naturais com determinadas especificações, inclusive legislativas (GAMARRA, 2004; FREITAS et al., 2007; TEMELLI, 2009).

Processos convencionais de extração do óleo, tais como extração por prensagem, extração por solvente, extração por solvente com pré-prensagem (extração mista), trazem alguns inconvenientes, como, produzir produtos com resíduos de solvente, degradação pelo emprego de altas temperaturas, quantidades significativas de resíduos de óleo na torta (FREITAS et al., 2007; TEMELLI, 2009). As diferenças entre alguns procedimentos de extração e suas principais vantagens são descritos a seguir.

1.5.1. Extração por prensagem

A extração por prensagem pode ser realizada com a utilização de prensas contínuas ou descontínuas, esta última, utilizada para uma remoção parcial do óleo. Este tipo de extração manteve-se como principal método até os anos 40 e é comumente utilizado em escalas de pequeno porte industrial.

Esta forma de extração apresenta alguns inconvenientes e limitações, como a não remoção de todo o óleo da matriz, restando considerável parcela de conteúdo

lipídico nas tortas, necessitando assim, o emprego de uma extração mais eficiente ou outro método para a remoção do conteúdo lipídico remanescente.

Apresenta como vantagens a facilidade de operação, a manutenção e principalmente a relação positiva entre o custo e o benefício, pois não requer utilização de reagente químico e não gera resíduos tóxicos ao ambiente (RODRIGUES et al., 2005; FREITAS et al., 2008; TEMELLI, 2009).

1.5.2 Extração sólido-líquido

Na extração sólido-líquido a obtenção do material oleoso é feita por meio de solventes, e o mais usado é o hexano. Este método foi desenvolvido com intuito de obter um maior rendimento em óleo a temperaturas mais baixas. Neste método, o solvente passa através de um leito do material previamente triturado e laminado para facilitar a penetração do solvente e remover o óleo contido por difusão. A remoção do solvente do óleo é feita por uma destilação convencional.

A extração mista é resultado da obtenção parcial do óleo bruto por prensagem e posterior remoção do óleo residual por solvente. Neste procedimento consegue-se reduzir a porcentagem de óleo na torta para valores inferiores a 1 %. O solvente é depois recuperado para ser utilizado em outros processos. O óleo separado do solvente é então adicionado ao óleo obtido pela prensagem hidráulica e a mistura dos dois é filtrada para a eliminação de impurezas (MORETTO, 1998 O'BRIEN, 2003).

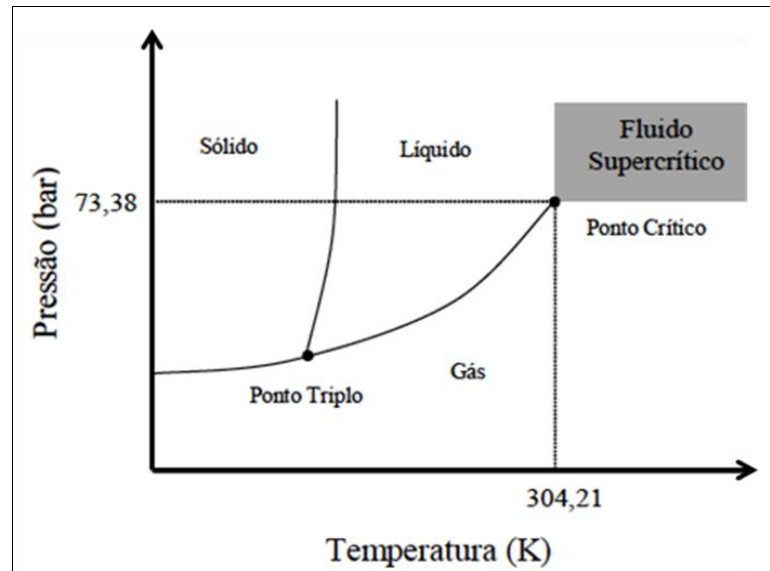
Outra alternativa que desponta já a algum tempo é a tecnologia de extração com aplicação de fluidos em estado supercrítico. Este pode ser empregado na substituição das formas convencionais, principalmente quando se tratar de produtos termossensíveis e de alto valor agregado.

1.5.3 Extração por fluido supercrítico

Este processo de extração utiliza como solvente um fluido, como por exemplo, o dióxido de carbono, em estado supercrítico, ou seja, à temperatura e pressão acima do ponto crítico. Cada fluido possui seu próprio ponto crítico, caracterizado por sua temperatura crítica (T_c), pressão crítica (P_c) e volume crítico (V_c) correspondentes; abaixo do ponto crítico a substância pode existir como um

líquido ou um como vapor como exemplificado na Figura 3 (OZKAL; SALGIN; YENER, 2005; RODRIGUES et al., 2005; TEMELLI, 2009).

Figura 3. Diagrama de fases do estado supercrítico para componentes puros



Fonte: BRUNNER (1994).

Uma substância aquecida acima da temperatura crítica e comprimida acima da densidade crítica é conhecida como fluido supercrítico. Os fluidos supercríticos podem variar entre estados de alta ou baixa densidade sem mudança de fase, desta forma a substância pode exibir propriedades de líquido ou gás, assim esses fluidos, nestas condições, situam-se em regiões superiores ao ponto crítico, alterações nessas regiões podem provocar intensas reações sobre os solutos e os reagentes (MACHADO, 1998; BRUNNER, 2005).

Gunstone (2004) considera o processo como sendo uma extração por solvente, apresentando algumas vantagens ambientais quando comparada com os métodos convencionais. Para o autor, o óleo extraído por fluido supercrítico difere do removido pelos métodos convencionais, por apresentar uma maior proporção polar e menor apolar de lipídios presentes.

Segundo Brunner (1994, 2005), a extração com gás supercrítico de uma matéria sólida é um processo que consiste basicamente em duas etapas: 1) a extração, e 2) a separação do extrato do solvente. Na extração, o solvente supercrítico flui por um leito fixo de partículas sólidas e dissolve os componentes solúveis da matéria. O comportamento da curva de concentração depende das

condições de operação e das propriedades cinéticas da extração do material sólido e do solvente usado. A extração gasosa de materiais sólidos ocorre através do contato contínuo do substrato sólido com o solvente supercrítico. O substrato sólido forma na maioria das vezes, um leito fixo, por onde o gás flui e carrega consigo os extratos do produto.

Para França (1999), a extração de produtos de um extrato sólido, com fluido supercrítico, é uma operação com semelhanças a uma extração sólido-líquido, onde o líquido é forçado através do sólido, de baixo para cima, ocupando todos os espaços vazios do leito.

A extração com fluidos supercríticos é realizada, colocando o solvente, em condições ideais de temperatura e pressão, em contato com a matéria-prima, esta por sua vez, absorve o solvente supercrítico, modificando as estruturas celulares e reduzindo a resistência à transferência de massa. Os componentes são dissolvidos pelo solvente e se transferem do sólido para a superfície, mais precisamente, pelo processo de difusão, onde serão carregados pelo solvente supercrítico e coletados no extrator (OZKAL; SALGIN; YENER, 2005; RODRIGUES et al., 2005).

Alguns parâmetros e condições do substrato sólido podem influenciar no processo de extração, entre eles, a pressão, a temperatura, a densidade, a concentração do solvente e o tamanho das partículas. Assim, a capacidade do solvente aumenta com a pressão à temperatura constante. Altas temperaturas também podem aumentar a razão de extração, se a pressão não estiver baixa. Com relação ao aumento da densidade, a extração aumenta à uma temperatura constante. A densidade é responsável pela capacidade do solvente em solubilizar os componentes da matéria (TURNER, KING e MATHIASSEN, 2001; RUBIO-RODRIGUEZ et al., 2008).

Em substratos sólidos a extração se dá pela transferência de massa, que é diminuída quanto menor o tamanho das partículas usadas no processo, a razão disso, se deve ao formato geométrico das partículas. Partículas largas apresentam um formato elipsóide, promovendo espaço para o fluido passar entre diferentes camadas de partículas, enquanto as partículas pequenas possuem geralmente o formato de folhas planas, formando camadas densas que não permitem a passagem do fluido (BRUNNER, 1994).

Na área alimentícia há algumas vantagens na utilização do dióxido de carbono como fluido supercrítico, sendo descritas por Machado (1998), seu baixo

custo, não tóxico, não inflamável, abundância, alta seletividade, não corrosivo, ideal para separação de substâncias não-polares, entre outras.

Quando se utiliza o dióxido de carbono para extração de produtos naturais, obtêm-se uma maior seletividade de micronutrientes, além disso, o extrato não é submetido à altas temperaturas ou à outras substâncias orgânicas que possam prejudicar a qualidade do produto, quando comparado com os processos convencionais de extração (DEL VALLE, 2008).

O uso de dióxido de carbono em estado supercrítico tem sido avaliado como o mais favorável para uma alternativa ao uso de solventes orgânicos no processamento de óleos e gorduras. Isto se deve ao aumento da demanda de produtos naturais que não utilizam solventes orgânicos (BRUNNER, 2005)

Gases supercríticos como o etano e o propano foram considerados potentes solventes para óleos e gorduras, devido à alta solubilidade dos lipídios no etano e propano. Uma desvantagem considerável é a alta inflamabilidade de ambos os gases, ao contrário do CO₂, que não é inflamável, além disso, é barato e abundante, tornando-se a escolha para o processamento de óleos e gorduras. Outro aspecto favorável é a preservação do *flavor* e do aroma de certos óleos durante a extração com dióxido de carbono, já que compostos voláteis são perdidos durante a evaporação do hexano, na extração tradicional com solventes (BRUNNER, 2005; TEMELLI, 2009).

A densidade da substância é um fator decisivo no poder solvente do fluido supercrítico, ou seja, o poder de solvatação está diretamente relacionado com a densidade. Quanto mais denso for o fluido, mais potente ele será como solvente (MACHADO, 1998). Este comportamento, referido como normal, pode não ocorrer em certas ocasiões e sim, um comportamento inverso, onde a solubilidade pode diminuir com o aumento da densidade em altas pressões (FRANÇA, 1999; BRUNNER, 2005; TEMELLI, 2009).

A utilização de gases supercríticos na indústria alimentícia estava relacionada inicialmente a aplicações como a descafeinização do café, chá preto, produtos de extratos e outros com maior valor agregado, como no isolamento de ácidos graxos da série Ômega, principalmente o ômega 3, obtenção de antioxidantes, dentre estes o tocoferol e tocotrienóis, vitamínicos lipossolúveis (A e E), pigmentos como os carotenóides, obtenção de aromas essenciais, obtenção de óleos de citrus, retenção

de *flavour* em sucos e bebidas, purificação de substâncias farmacológicas, dentre outras (BRUNNER, 2005).

A aplicação da extração por fluidos supercríticos em frutas amazônicas e seus produtos vem sendo estudadas nas pesquisas de separação de ácidos graxos saturados e insaturados do destilado de ácidos graxos de palma utilizando CO₂ supercrítico como solvente realizado por Machado (1997).

França (1999) utilizou a tecnologia supercrítica para a obtenção de carotenóides e lipídeos de uma palmeira amazônica, o buriti (*Mauritia flexuosa*) e avaliação dos efeitos nas condições operacionais propostas.

Nas pesquisas de Araújo (2000) a extração em leito fixo foram aplicadas em conjunto com os fluidos supercrítico para a extração de óleo de pupunha (*Guilielma speciosa*).

A extração supercrítica também foi estudada por Markom (2001), para avaliação dos efeitos das condições de extração na solubilidade dos triglicerídeos, distribuição dos ácidos graxos metil esterificados e concentração de β -caroteno em várias frações do óleo de palma bruto.

Rodrigues (2005) estudou a extração supercrítica de óleo de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) sob diferentes parâmetros nas fases de equilíbrio, avaliando esses efeitos sob as condições e rendimento das extrações.

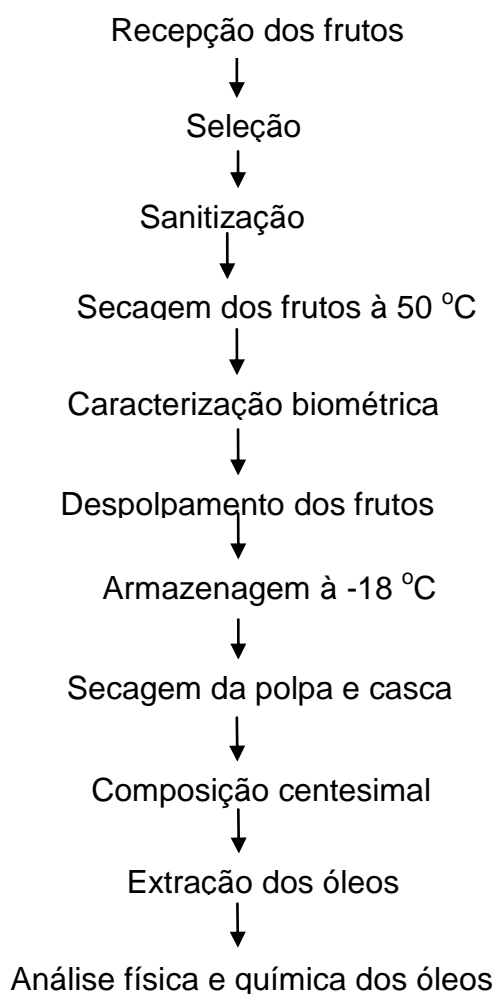
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Foram adquiridos 10 kg de frutos de Tucumã, provenientes do município de Augusto Corrêa – PA e no município de Rio Preto da Eva, região metropolitana de Manaus – AM, referentes a safra de 2009, o material foi transportado em embalagens primária de polietileno de baixa densidade e secundária em caixas de papelão, sendo armazenadas no Laboratório de Operações e Separações (LAOS) da UFPA.

Foram realizados os procedimentos de recepção, seleção, lavagem e secagem. Sendo determinadas as características biométricas, extração e análise dos óleos obtidos por prensagem hidráulica, extração sólido-líquido e por CO₂ pressurizado. As etapas são mostradas na Figura 4.

Figura 4 Fluxograma de tratamento das matérias-primas



2.2 BIOMETRIA DOS FRUTOS

A análise biométrica dos frutos parte da seleção e lavagem de 100 frutos retirados aleatoriamente e avaliados individualmente seguindo as variáveis: massa, comprimento e diâmetro do fruto inteiro; massa da casca e da polpa; espessura da casca e da polpa; diâmetro e massa da semente.

O tucumã foi descascado manualmente com auxílio de facas de aço inoxidável, pesado em balança analítica (GEHAKA® modelo AG200), com precisão de 0,0001g e para as medidas de comprimento, diâmetro e espessura foi utilizado paquímetro (VONDER®) com 0,05 mm de precisão, como pode ser observado nos Apêndices A e B.

2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA POLPA DE TUCUMÃ

Para a caracterização da polpa de tucumã foram usadas metodologias de análise oficiais, conforme descrição a seguir.

Teor de água O teor de água foi determinado utilizando método gravimétrico 931.04 da AOAC (1997). A amostra foi seca em estufa de circulação de ar (QUIMIS® modelo Q – 314M22) à 105 °C até peso constante.

Resíduo Mineral Fixo O teor de resíduo mineral fixo foi determinado através da massa de resíduo da queima da polpa da fruta à ≤ 525 °C em mufla (QUIMIS® modelo Q – 318M24), segundo método 940.26 da AOAC (1997).

Lipídeos totais Para a análise de lipídeos totais foi utilizado método oficial Ba 3-38 da AOCS (1998), onde a amostra seca e moída foi desengordurada por extração com solvente, sob aquecimento e com auxílio de tubo extrator de Soxhlet e placa aquecedora (QUIMIS® modelo Q-30826). O solvente foi retirado da amostra usando rota-evaporador (LABOROTA HEIDOLPH Modelo 4000). A porcentagem de lipídeos foi calculada pela Equação 1.

$$\text{Óleo (\%)} = \frac{\text{massa do óleo (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Proteínas A proteína bruta foi determinada pelo método Kjeldahl 920.152 da AOAC (1990), utilizando aparelho de destilação de nitrogênio (TECNAL modelo TE 036/1). O teor proteico (%N) representado pela Equação 2 foi calculado multiplicando o teor de nitrogênio por 6,25 (N = normalidade do ácido e da base).

$$\% N = \frac{(\text{mL ácido} \times N \text{ ácido}) - (\text{mL base} \times N \text{ base}) \times 1.4007}{\text{massa da amostra (g)}} \quad \text{Equação 2}$$

Fibra bruta A determinação das fibras totais foi realizada pelo método detergente ácido, segundo método 044/IV do Instituto Adolfo Lutz (4ª. Edição - 2005).

2.4 SECAGEM

O teor de água da matéria-prima pode influenciar no rendimento do processo de extração do óleo vegetal, tanto pelos métodos convencionais, como pelos métodos não convencionais. Dessa forma, se fez necessária a redução do teor de água da polpa e casca de tucumã para 6 % ± 2% (base úmida), tomando-se como base Guedes (2006), que também aplicou a extração com CO₂ supercrítico na obtenção de óleo de tucumã. Para isto, foi utilizada uma estufa (SOC. FABBE LTDA modelo 170) de bandeja de aço inoxidável, com circulação de ar a 60 °C.

2.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Realizada em Agitador de Peneiras Magnético BERTEL® Modelo 1713, aplicada para a amostra de tucumã (casca e polpa moídas) usada nas extrações com CO₂ supercrítico. Foram utilizadas peneiras padronizadas Serie Tyler com diâmetro da malha variando de 2,00 a 0,2 mm. O tempo de agitação empregado foi de aproximadamente 20 minutos.

2.6 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR

A análise de cor pode expressar a relação entre os parâmetros determinados de forma instrumental e as alterações perceptíveis nos matérias quando impostos ao processamento. O máximo valor de L^* (luminosidade) é 100, e representa uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo é zero e constitui o preto. A coordenada a^* varia do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), e a coordenada b^* do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$). Os valores delta (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) indicam o quanto a amostra diferiu do padrão para L^* , a^* e b^* , e são frequentemente utilizados no controle de qualidade e ajustes de formulação, além de serem utilizados para o cálculo da diferença total de cor (ΔE^*) (HUNTERLAB, 1996).

Foi utilizado para esta análise o equipamento MINOLTA® modelo CR-300 da Usina de Alimentos/FEA/ITEC/UFPA. O equipamento foi calibrado com os seguintes dados de $L^* = 97,51$, $a^* = +0,34$ e $b^* = +1,73$, fornecidos pelo próprio fabricante do aparelho.

2.7 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ

Prensagem hidráulica A extração foi realizada através da utilização de prensa hidráulica (SIWA modelo FM3) com capacidade de 15 toneladas, de operação manual, instalada no Laboratório de Operações de Separação (LAOS).

Extração sólido-líquido A forma de extração sólido-líquido utilizando solvente orgânico foi realizada para a determinação de lipídeos totais das amostras a partir do método oficial Ba 3-38 da AOCS (1998), seguindo-se os mesmos procedimentos experimentais do item 2.3.

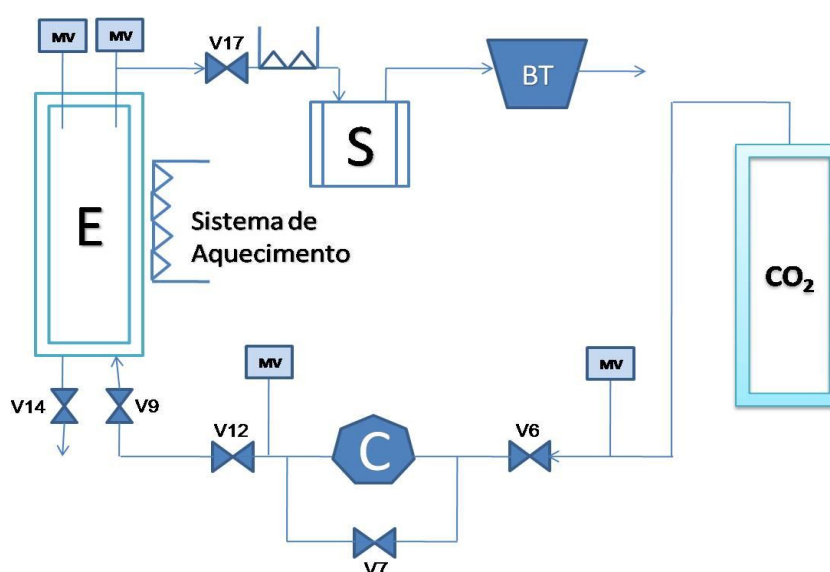
Extração com CO₂ supercrítico Os procedimentos de extração supercrítica foram realizados no LAOS. As condições de operação foram, 300 bar de pressão e temperatura de 40, 50 e 60 °C, realizados em triplicata para cada temperatura de operação. Foram mantidas constantes a altura do leito sólido de 10 cm e vazão de gás de aproximadamente 15g/min. A tabela 5 apresenta os dados operacionais dos experimentos.

Tabela 5. Parâmetros de extração com CO₂ em estado supercrítico

Experimento	Pressão (bar)	Temperatura (°C)
1	300*	60
2		50
3		40

*Pressão constante e temperaturas variáveis

A casca e a polpa de tucumã seca foram trituradas em moinho (WILLYE - TE-650), misturadas manualmente na proporção em que se apresentam no fruto (1:1,7 e 1:1,8, para o tucumã do Amazonas e do Pará, respectivamente, como representados nas figuras 8 e 9 e, posteriormente peneiradas, visando obter uma amostra homogênea com granulometria acima de 1,20 mm (peneira de 14 TYLER). Cerca de 100 g de amostra eram acondicionadas em um saco de tecido (brim – 100% algodão), medindo 20 cm de altura por 6 cm de largura, com o objetivo de evitar a perda de partículas sólidas por arraste com CO₂, e este acondicionado no extrator contido na planta de extração por fluido supercrítico (Figura 5).

Figura 5. Esquema da unidade de extração supercrítica.

Cilindro de CO₂, C, compressor; MV, medidor de vazão; E, extrator; S, separador; BT, banho termostático

Fonte: GUEDES (2006).

Para a operação, ligou-se inicialmente o banho termostático, que aquece o extrator a cerca de 5 °C acima da temperatura de 40, 50 ou 60 °C (temperatura de extração). Abriu-se então a válvula de controle de CO₂, V17, permitindo a circulação de CO₂ através do sistema, expulsando o ar existente no mesmo. A seguir, a mesma válvula era fechada para que houvesse o carregamento do sistema com CO₂, até que as pressões do extrator e do cilindro encontrarem-se em equilíbrio. Posteriormente, ligava-se o compressor para que a pressão de operação fosse alcançada, e abria-se a válvula de controle de CO₂, dando início ao processo de extração. A válvula V7 era utilizada para controle das condições de temperatura e pressão.

Foi utilizado um sistema de aquecimento local com imersão da válvula V17, para reduzir a possibilidade de entupimento da tubulação com o extrato, devido à redução da pressão antes do separador.

As coletas de óleo foram feitas a cada 10 minutos de extração, em tubo coletor contendo em seu interior um tubo de ensaio de 1,5 cm de diâmetro e 15 cm de altura. Para a determinação do tempo de extração, foi feita uma extração exaustiva durante 360 minutos, onde foi verificado que 180 minutos de extração seriam suficientes para extrair mais do que 80 % do total de matéria lipídica contida no fruto de tucumã por CO₂ supercrítico, nas condições descritas.

Depois de cada coleta o tubo coletor de óleo foi acondicionado em um dessecador até o momento de pesagem, para que não ocorresse a adsorção de água pelo produto. O rendimento percentual de óleo obtido pelo processo foi calculado pela soma da diferença de massa entre cada tubo após e antes da coleta, em relação à massa inicial de amostra, como expresso pela equação 3.

$$R = \frac{\sum(m_{\text{tubo+óleo}} - m_{t_i}) \times 100}{m_{\text{amostra}}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

R = Rendimento percentual de óleo;

$m_{\text{tubo+óleo}}$ = Massa de óleo coletada no tubo;

m_{t_i} = massa inicial do tubo;

m_{amostra} = massa da amostra.

Após o processo de extração os óleos obtidos foram armazenados em recipientes de vidro âmbar, protegidos da luz, e com atmosfera de gás nitrogênio, acondicionados sob congelamento em freezer, a - 4 °C, até a realização das análises físicas e químicas.

2.10 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS ÓLEOS

Teor de água . A determinação do teor de água contido no óleo extraído foi realizado segundo método Ca 2d-25, que utiliza estufa à vácuo (TECNAL modelo TE 395) da AOCS. Foram utilizadas as seguintes condições de operação, no máximo 63 °C e pressão de vácuo de – 500 mm de mercúrio, até obtenção de peso constante.

Densidade. Para análise da densidade foi utilizado densímetro digital (KEM KYOTO ELECTRONICS, Modelo DA – 130), a uma temperatura de 25 °C. O valor obtido das densidades foi obtido diretamente de leitura no equipamento.

Viscosidade cinemática. Para as análises de viscosidade dos óleos utilizou-se um viscosímetro Cannon-Fenske (SCHOTT GERATE, Tipo nº 520 23) de acordo com a norma ISO 3105, ASTM 446 a uma temperatura de 40 °C, onde o tubo utilizado para se colocar amostra foi o capilar de nº 200. O cálculo da viscosidade é dado pela equação 4:

$$v = k (t - v) \quad \text{Equação 4}$$

v - viscosidade cinemática (cSt ou mm²/s);

k - constante de referência do capilar (k = 0,1);

t - tempo obtido no decorrer da análise (s);

v - constante de correção cinética para t.

A constante de referência do capilar e a de correção cinética é fornecida pelo fabricante, enquanto que o tempo é lido no equipamento.

Índice de acidez (I.A.) É o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres em 1 grama da amostra. Esta metodologia é aplicável para óleo animal bruto e refinado, óleos e gorduras vegetais

e marinhos, e vários produtos derivados destes. Para esta análise será utilizado método Cd 3d-63 da AOCS. O índice de acidez foi calculado pela equação 5.

$$\text{I.A., mg KOH/g amostra} = \frac{(A - B) \times N \times 56,1}{W} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

A = Volume (mL) de base padronizada gasto na titulação;

B = Volume (mL) de base padronizada gasto para titular o branco;

N = Normalidade da base padronizada;

W = Massa da amostra (g).

Observação: Para expressar em termos de ácidos graxos livres como porcentagem dos ácidos oléico, láurico ou palmítico, dividir o índice de acidez por 1,99, 2,81 ou 2,19, respectivamente.

Índice de refração (I.R.) O I.R. foi realizado segundo método Refratometria 921.08 da AOAC (1990), usando refratômetro (ANALYTIK JENA modelo 200101048).

Índice de peróxido (I.P.) A determinação do I.P. foi realizada através do método ácido acético – clorofórmio, Cd 8-53 da AOCS, que determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido em 100g de amostra, que oxida iodeto de potássio (KI). As substâncias são geralmente consideradas peróxidos ou outro produto similar da oxidação de lipídios. O I.P. (miliequivalentes de peróxido/ 100 g de amostra) foi calculado através da equação 6.

$$\text{I.P., mEq peróxido/100g amostra} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{W} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

B = Volume de titulante, mL de branco.

S = Volume de titulante, mL de amostra.

N = Normalidade da solução de tiosulfato de sódio.

Nota: Se o volume de titulação da amostra for inferior a 0,5 mL usando 0,1 N de tiosulfato de sódio, repetir a determinação usando 0,01 N de tiosulfato de sódio.

Índice de saponificação (I.S.) O I.S. é definido como a quantidade de álcali necessária para saponificar uma quantidade definida de amostra. Expresso como número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) requerido para saponificar 1 grama de amostra. Aplicável para todos os óleos e gorduras normais. Este índice deverá ser determinado segundo metodologia Cd 3-25 da AOCS. O índice de saponificação foi calculado usando a equação 7.

$$I.S., \text{mg KOH/g amostra} = \frac{(B - S) \times N \times 56,1}{W} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

B = Volume de HCl 0,5 N usado para titular o branco.

S = Volume de HCl 0,5 N usado para titular a amostra.

N = Normalidade da solução de HCl.

W = Massa da amostra em gramas.

Ponto de fusão O ponto de fusão do óleo foi determinado segundo modificação do método, Cc 1-25 da AOCS. Foi utilizado tubo de vidro com 0,5 cm de diâmetro. O ponto de fusão (“melting point”) é a temperatura em que a amostra aparece transparente.

Carotenóides totais A análise de carotenóides foi feita tomando-se aproximadamente 20 mg de óleo, em balança analítica e dissolvidos em 50 mL de hexano/acetona 3:7. A leitura da absorbância foi feita num espectrofotômetro UV/visível no comprimento de onda de 450 nm. O valor registrado da absorbância máxima foi usado para o cálculo da concentração de carotenos, usando a equação 8.

$$\text{Carotenos (ppm)} = \frac{V (\text{mL}) \times A}{2592 \times m_0} \times 10^4 \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

V = Volume total (mL);

M₀ = Massa da amostra (g);

A = Absorbância

Perfil de ácidos graxos A determinação e quantificação dos ácidos graxos presentes nos óleos de tucumã foram feitas por cromatografia gasosa (CG), segundo metodologia da Commission des Communautés Européennes de 1977.

Preparação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos Na preparação das amostras para a injeção no cromatógrafo, os triacilgliceróis foram convertidos a ésteres metílicos de ácido graxo utilizando-se o método CE 266 da AOCS (1997).

Análise da composição em ácidos graxos por cromatografia gasosa A composição em ácidos graxos foi obtida por cromatografia gasosa, através do uso do cromatógrafo com auto-injetor CP 3800 da marca VARIAN equipado com detector de ionização de chama (FID), apresentando as seguintes características: coluna capilar CP MAX 52 CB com 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme. O gás hélio foi utilizado como fase móvel, na razão de 1,0 mL/min. A programação de temperatura usada foi T₁ de 80 °C por 2 minutos, R₁ de 10 °C/min. T₂ de 180 °C por 1 minuto, R₂ de 10 °C/min., T₃ de 250 °C por 5 minutos. A identificação e quantificação dos ácidos graxos foram determinados por comparação com os padrões de ésteres metílicos (Aldrich Chemical Company, USA). A quantificação dos ácidos graxos foi realizada por normalização da área dos picos usando o Software Star W.S 6.0 (VARIAN EUA).

2.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais obtidos dos processos de extração e respectivas análises foram avaliados em triplicatas (média ± desvio padrão), e os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, com o auxílio do programa *Statistica* versão 7.0 (STATSOFT INC., 2000), empregando as seguintes metodologias estatísticas:

Análise de variância (ANOVA) com nível de 5% de significância estatística;

Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE BIOMÉTRICA DOS FRUTOS

Os resultados descritos a seguir foram obtidos por meio das medidas dimensionais em centímetros, dos frutos selecionados aleatoriamente e por análises gravimétricas, determinadas para cada indivíduo.

Nas Figuras 6 (a e b) e 7 (a e b) pode ser observado algumas das diferenças físicas entre os frutos de tucumã do Amazonas e do Pará, como cor da casca e tamanho do fruto.

Figura 6 a e b. Biometria dos Frutos de tucumã do Amazonas



Figura. 7 a e b. Biometria dos Frutos de tucumã do Pará



Fonte: Autora

Os valores médios da massa, comprimento e diâmetro dos frutos inteiros; massa da casca e da polpa; espessura da casca e da polpa; diâmetro e massa da semente estão listados na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização física da matéria-prima

Parte do Fruto	Medidas	Tucumã do Amazonas	Tucumã do Pará
Fruto inteiro	Massa (g)	61,17 ± 8,65 ^a	27,23 ± 4,42 ^b
	Comprimento (cm)	4,98 ± 0,40 ^a	4,20 ± 0,27 ^b
	Diâmetro (cm)	4,63 ± 0,23 ^a	3,30 ± 0,21 ^b
Casca	Massa (g)	10,65 ± 1,52 ^a	5,65 ± 1,00 ^b
	Espessura (cm)	0,18 ± 0,03 ^a	0,16 ± 0,03 ^b
Polpa	Massa (g)	17,14 ± 4,52 ^a	10,09 ± 1,91 ^b
	Espessura (cm)	0,25 ± 0,08 ^a	0,32 ± 0,06 ^b
Semente	Massa (g)	36,81 ± 4,37 ^a	13,53 ± 1,76 ^b
	Comprimento (cm)	3,91 ± 0,39 ^a	2,57 ± 0,19 ^b
	Diâmetro (cm)	3,84 ± 0,25 ^a	3,29 ± 0,22 ^b

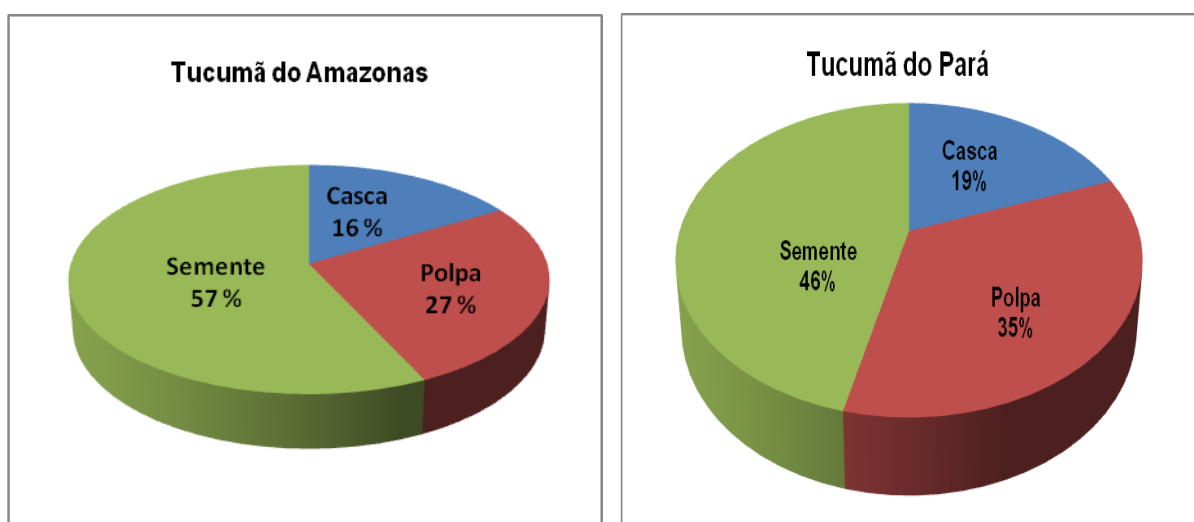
Resultados expressos em média ± desvio-padrão. ^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância).

Os resultados da Tabela 6 mostram que existe diferença significativa entre as espécies de tucumã, para cada parte do fruto analisada, segundo Teste de Tukey, com nível de significância de 5%. A espessura da casca foi o único resultado que não mostrou diferença significativa entre as espécies.

Nascimento (2007) e Carvalho (2005) encontraram para a massa do fruto inteiro os valores de 58 g e 35 g para o tucumã do Amazonas e do Pará, respectivamente. Para a medida de comprimento e diâmetro do fruto inteiro, os autores determinaram cerca de 5 e 4 cm para ambas medidas e para cada espécie respectivamente. Para as medidas, massa e espessura da polpa, Nascimento (2007), encontrou cerca de 16 g e 4 cm respectivamente.

Pode-se concluir que, em função dos resultados encontrados nas análises gravimétricas, para obtermos um quilo de polpa de tucumã do Amazonas será necessário aproximadamente 58 frutos. Enquanto que para o tucumã do Pará será cerca 99 frutos. Estas informações são importantes para a avaliação de rendimento em massa de uma determinada quantidade de frutos, bem como sua respectiva distribuição (Figura 8 e 9).

Figura 8 e 9. Distribuição percentual do fruto do tucumã do Amazonas e do Pará.

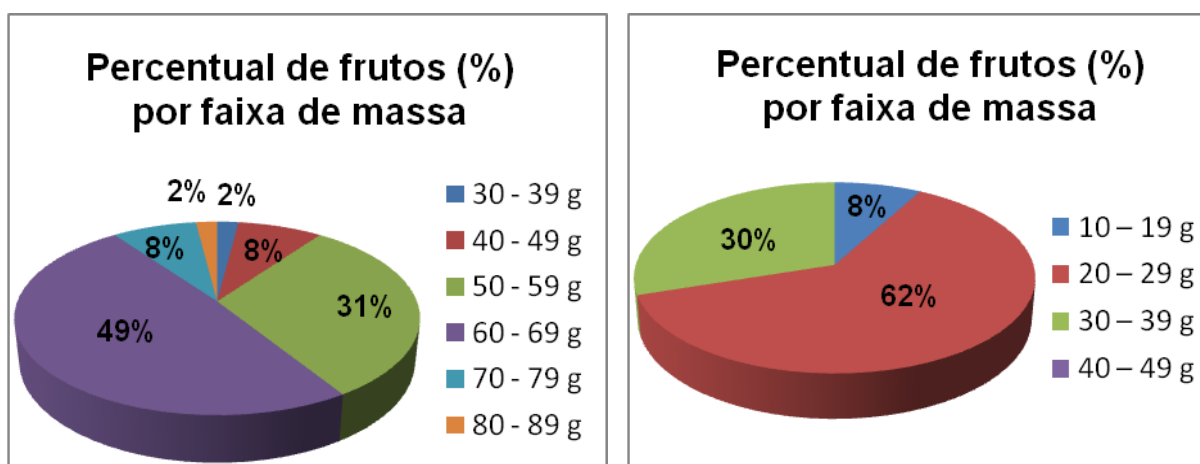


Fonte: Autora

Nas Figuras 8 e 9 respectivamente pode ser visualizado também o percentual correspondente de casca, polpa e semente para os frutos de ambas as espécies. A espécie do Amazonas apresenta um percentual de massa de semente maior, quando comparado com a espécie nativa do Pará. Esta última apresenta uma porcentagem de massa de polpa e casca maior do que a primeira espécie.

Nas Figuras 10 e 11 pode-se observar a distribuição de frutos de tucumã por faixa de massa. Os frutos de tucumã do Amazonas encontram-se mais concentrados na faixa de massa de 50 à 69 gramas, enquanto que os do Pará na faixa de massa de 20 à 39 gramas.

Figura 10 e 11. Percentual de polpa dos frutos de Tucumã do Amazonas e do Pará.



Fonte: Autora

Com base nos dados comparativos representados nas figuras apresentadas acima, tem-se que o tucumã do Amazonas é cerca de 55% maior em relação à massa, 15 % maior em relação comprimento e 28 % maior em relação ao diâmetro do fruto, do que o tucumã do Pará.

Estes dados biométricos são importantes como medidas de orientação para o a avaliação de rendimento de casca, polpa e semente, pois se sabe que essas medidas são influenciadas pela espécie botânica, variedade, clima, solo, regime de chuvas, entre outros fatos que podem justificar a variação destes dados.

3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MATÉRIA-PRIMA

Os resultados da caracterização centesimal da casca e polpa de ambas as espécies, tucumã do Amazonas (TA) e tucumã do Pará (TP) descritos a seguir:

A Tabela 7 exprime o teor de água determinado na casca e polpa do fruto.

Tabela 7. Teor de água da casca e polpa de tucumã

Composição Centesimal	Casca	Polpa
Tucumã do Amazonas	53,11 ± 0,01 ^a	60,73 ± 0,04 ^a
Tucumã do Pará	47,28 ± 0,00 ^b	53,10 ± 0,01 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Percebe-se observando a Tabela 7 e a Figura 12 (Apêndice C¹) que para o resultado da análise de teor de água, entre as espécies de tucumã, ocorre uma diferença significativa. Esta diferença também ocorre na avaliação da casca e polpa. Pelo teste de Tukey à 5% de significância, não apresentam diferenças significativas o resultado da análise em questão quando comparados a polpa de TA e casca de TP. Estes dados são importantes, principalmente, para o processo de secagem da polpa e casca, já que aqueles que apresentaram um percentual maior poderão necessitar de um período de secagem maior. Yuyama (2008) determinou $48,46\% \pm 0,48$, como teor de água da polpa de TA. Guedes (2006) determinou $52,12\% \pm 0,55$, como teor de água da polpa de TP.

Resíduo Mineral Fixo

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados percentuais de Resíduo mineral fixo determinados na casca e polpa do tucumã.

Tabela 8. Resíduo mineral fixo da casca e polpa de tucumã

Composição Centesimal	Casca	Polpa
Tucumã do Amazonas	$2,05 \pm 0,06^a$	$1,66 \pm 0,41^a$
Tucumã do Pará	$3,36 \pm 0,16^b$	$2,49 \pm 0,07^b$

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância).

Observando a Tabela 8 e a Figura 13 (Apêndice C), ocorre diferença significativa para todos os resultados da análise de percentual de cinzas da casca e polpa das espécies de tucumã, pelo teste de Tukey. Entretanto, não há diferença significativa entre a análise da casca e polpa de tucumã do Amazonas, o que não se repete para o tucumã do Pará. Yuyama (2008) determinou $1,26 \pm 0,09$, como percentual de cinzas da polpa de TA. Guedes (2006) determinou $1,74 \pm 0,03$, como percentual de cinzas da polpa de TP.

¹ As diferenças significativas do teste de Tukey são representadas pelos números em vermelho que aparecem nas respectivas figuras. Os números que aparecem em cinza, marcam os itens em que não ocorre diferença significativa.

Lipídeos Totais

Na Tabela 9 observa-se a porcentagem de lipídeos determinada na casca e polpa do tucumã.

Tabela 9. Composição em lipídeos da casca e polpa de Tucumã

Composição Centesimal (%)	Casca	Polpa
Tucumã do Amazonas	22,24 ± 0,70 ^a	39,58 ± 0,76
Tucumã do Pará	15,93 ± 0,71 ^b	37,35 ± 0,17

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância).

Analisando a Tabela 9 e a Figura 14 (Apêndice C), ocorre diferença significativa (Teste de Tukey a 5% de significância) para o resultado do percentual de lipídeos da casca de tucumã do Amazonas e do Pará. Esta diferença não é observada para a polpa. Yuyama (2008) encontrou cerca de 32 % de lipídeos da polpa de TA e Guedes (2006), 34 % para a polpa de TP, valores estes, abaixo dos encontrados neste trabalho. Isto, provavelmente se deve aos fatores geoclimáticos de cada região.

Proteínas

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos para as proteínas totais presentes na casca e na polpa do tucumã. Nota-se que ocorre diferença significativa para todos os resultados analisados pelo teste de Tukey (Figura 15 Apêndice C). Ou seja, a tucumã do Amazonas apresenta-se como uma fonte protéica maior do que o do Pará. Yuyama (2008) obteve cerca de 3,5 % de proteínas da polpa de TA e Guedes (2006), 2,4 % para a polpa de TP. Mais uma vez, observa-se que as espécies estudadas apresentam valores superiores aos da literatura, indicando dessa forma a necessidade de um estudo mais sistemático e contínuo para a avaliação dessas espécies.

Tabela 10. Composição protéica da casca e polpa de Tucumã

Composição Centesimal (g/100mL)	Casca	Polpa
Tucumã do Amazonas	10,09 ± 0,16 ^a	13,24 ± 0,30 ^a
Tucumã do Pará	5,55 ± 0,04 ^b	7,24 ± 0,01 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Fibra Bruta

Na Tabela 11 está expresso o percentual de fibra bruta determinado na casca e polpa do tucumã.

Tabela 11. Composição em Fibra Bruta da casca e polpa de Tucumã

Composição Centesimal (%)	Casca	Polpa
Tucumã do Amazonas	29,50 ± 4,95	35,00 ± 8,50
Tucumã do Pará	28,94 ± 2,80	22,43 ± 3,83

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

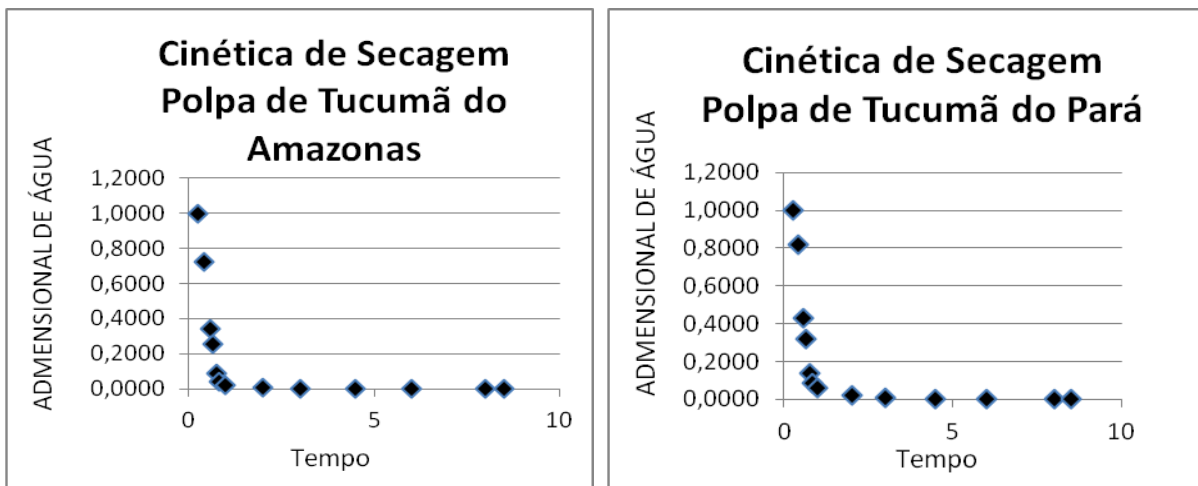
Observando a Tabela 11 e a Figura 16 (Apêndice C), percebe-se que não ocorre diferença significativa para todos os resultados da análise de percentagem de fibra bruta da casca e polpa das espécies de tucumã, pelo teste de Tukey. Aguiar (1996) determinou 19,20, como percentual de fibra bruta da polpa de TA. Bichara (2007) determinou 15,76 ± 0,30, como percentual de cinzas da polpa de TP.

Pode-se concluir com os dados apresentados que ocorre diferenças significativas entre as duas espécies de tucumã. A espécie do Amazonas apresentou valores maiores para as características como, lipídeos, proteínas e fibra bruta, do que a do Pará. Essas diferenças podem estar relacionadas com as diferenças botânicas e também pelas influências climáticas e de solo que os indivíduos sofreram durante o seu desenvolvimento, florescência, frutificação e amadurecimento.

3.3 SECAGEM

Os resultados obtidos na secagem da polpa e da casca de tucumã do Amazonas e do Pará são apresentados nas curvas cinéticas, expresso nas figuras 12 a 15.

Figura 12 e 13. Cinética de secagem da polpa de Tucumã do Amazonas e do Pará



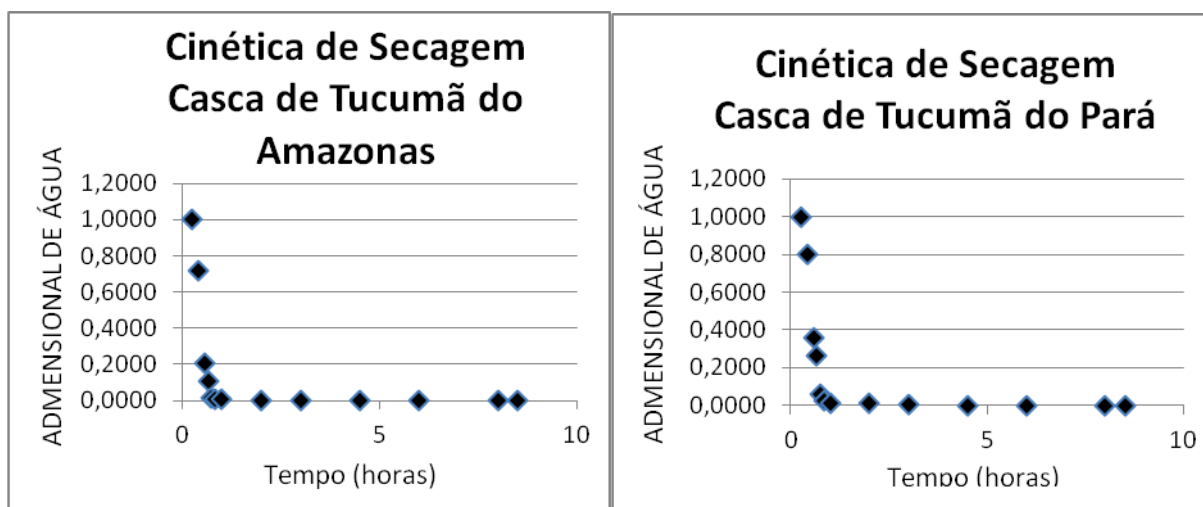
Fonte: Autora

O comportamento das curvas obtidas no processo de secagem dos frutos demonstram semelhanças entre as espécies, chegando ao ponto de estabilidade no período médio de duas horas, mantendo-se constante durante o período determinado da cinética de secagem.

Esse resultado mostra que estes frutos, mesmo oriundos de locais diferentes mantêm semelhanças quando impostos a alterações de temperatura no decorrer do tempo, além de mostrar a facilidade da retirada de água do produto, aumentando sua estabilidade a reações de degradação química, enzimática e microbiológica.

Outro componente avaliado nesses frutos foram a cinética de secagem da casca dos frutos, comparados como forma de se observar possíveis diferenças ou semelhanças entre estes. O comportamento gráfico das etapas de secagem é mostrado nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 e 15. Cinética de secagem da casca de Tucumã do Amazonas e do Pará



Fonte: Autora

Avaliando as curvas cinéticas de secagem das cascas dos frutos é possível notar que os comportamentos frente a elevação de temperatura em função do tempo, aplicados nas etapas de secagem não mostram diferenças entre as espécies, tendo apresentado reduzido tempo de secagem, ou seja, alcançando sua estabilidade num intervalo de tempo próximo a uma hora, inferior se comparados com as polpas dos mesmos frutos.

Em suma pode-se notar que a secagem da casca e polpa dos frutos do tucumã de ambas as espécies torna-se constante (sem significativa perda de água) aproximadamente no mesmo período de tempo, com comportamento cinético de secagem similar entre as espécies.

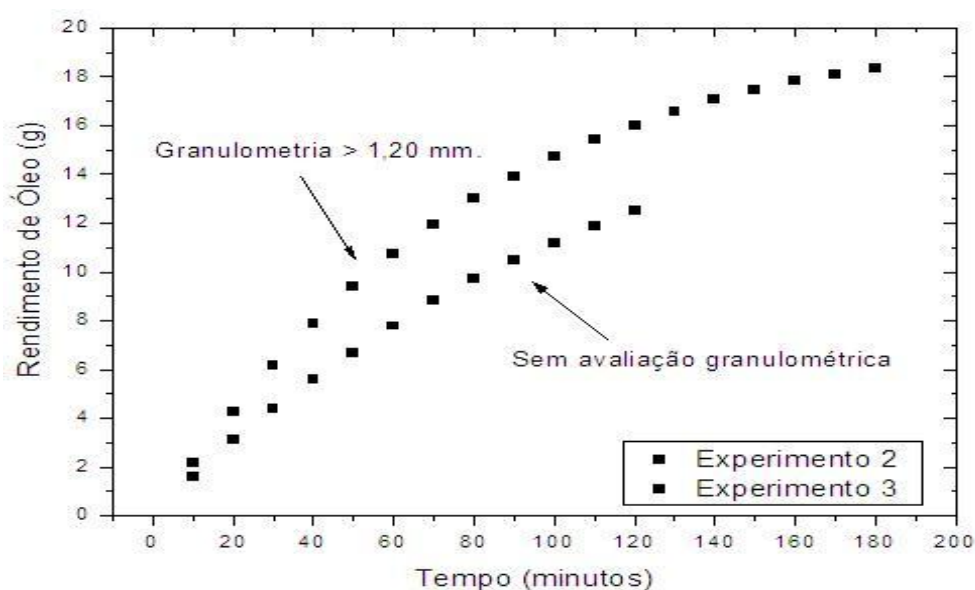
3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados referentes à análise granulométrica na casca e polpa dos frutos realizados pela necessidade de uniformização e possibilidade de melhor eficiência nos processos de extração empregados nesta pesquisa, os dados obtidos mostram diâmetros médios das malhas variando de 0,2 a 2,00 mm. O resultado da análise granulométrica está expresso na Tabela 12.

Tabela 12. Granulométrica da casca e polpa de Tucumã do Amazonas e do Pará

Peneiras (Tyler)	Diâmetro das malhas (mm)	Massa retida (g) Tucumã do AM	Massa retida (g) Tucumã do PA
9	2,00	46,45	16,47
14	1,20	22,95	21,86
20	0,85	14,10	15,17
28	0,60	11,08	15,50
35	0,42	4,59	18,23
60	0,25	0,77	11,97
100	0,149	0,13	1,05
-	Total	≅100	≅100

Observa-se na tabela 12, que para o tucumã do Amazonas, ocorreu uma concentração de partículas nas malhas de 0,60 a 2,00 mm. Para o tucumã do Pará, essa característica é mais homogênea, pois as partículas se distribuem nas malhas de 0,25 à 2,00 mm. Essa variabilidade no tamanho das partículas poderia interferir na extração supercrítica devido a possibilidade de entupimento das tubulações do equipamento. Desta forma, foi utilizado para a extração supercrítica somente os grânulos com tamanho superior a 1,20 mm. Definidos através de testes preliminares como podem ser observado abaixo na Figura 16.

Figura 16. Influência da granulometria no processo de extração com CO₂ supercrítico a 60 ° C

Na Figura 16 pode ser observado que há diferença no comportamento da extração devido à mudança na granulometria da amostra. No experimento 2 não houve avaliação granulométrica, diferentemente do experimento 3 em que a amostra utilizada para a extração possuía granulometria maior que 1,20mm. Percebe-se assim que quanto maior a granulometria da amostra a ser utilizada na extração supercrítica, mais eficiente será a extração. Segundo Brunner (1994) a transferência de massa é diminuída quanto menor o tamanho das partículas usadas no processo de extração supercrítica. Desta forma, para os demais experimentos foi utilizada granulometria da amostra maior que 1,20mm.

Observou-se que durante as extrações com o tucumã do Amazonas, houve necessidade de utilização de dois sacos de tecido para reter material sólido que continuava a ser arrastado durante o processo. Na Figura 22 pode ser observado o granulado de tucumã, retido nas peneiras 9 e 14 série TYLER.

Figura 17. Triturado de polpa e casca de tucumã



Fonte: Autora

3.5 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR

Os valores de cor instrumental do triturado seco e das tortas resultantes das extrações de tucumã encontram-se nas Tabelas 13, 14 e 15. Esta análise é

frequentemente utilizada no controle de qualidade e ajuste de formulação, entre outras aplicações.

Tabela 13. Análise de cor instrumental da polpa e casca dos frutos

Parâmetros	L*	a*	b*	ΔE^*
Triturado de Tucumã do Amazonas	37,29 ^a	+ 14,73 ^a	+ 26,82 ^a	66,81 ^a
Triturado do Tucumã do Pará	42,33 ^b	+ 14,16 ^b	+ 35,78 ^b	66,30 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

Observando a Tabela 13, percebe-se que o triturado seco de polpa e casca de tucumã, de ambas as espécies, apresentam uma coloração amarelo-avermelhada (ver Figura 15). Entretanto a espécie do Pará mostrou uma tendência cerca de 25% maior ao amarelo ($b^* = + 35,78$) do que a do Amazonas ($b^* = + 26,82$). Nota-se também, que o ΔE^* , apesar de possuir valores semelhantes para as duas espécies, apresenta diferença significativa no teste de Tukey à 5 %. Assim como o ΔE^* , os demais parâmetros avaliados demonstraram diferença significativa entre as espécies, no teste de Tukey a 5%.

Tabela 14. Análise de cor da torta de tucumã via prensagem hidráulica

Parâmetros	L*	a*	b*	ΔE^*
Torta (polpa e casca) Tucumã do Amazonas	46,99 ^a	+ 14,54 ^a	+ 32,22 ^a	60,70 ^a
Torta (polpa e casca) de Tucumã do Pará	58,64 ^b	+ 15,16 ^b	+ 47,29 ^b	61,69 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

Na Tabela 14 pode-se notar que a tendência de cor para a torta resultante da extração com prensa hidráulica é de amarelo-avermelhado como mostram os parâmetros a^* e b^* , para as duas espécies de tucumã. Observando a coordenada b^* percebe-se que para o tucumã do Pará o valor (+ 47,29) é superior ao do Amazonas (+ 32,22), o que justifica a cor avermelhada mais intensa na primeira espécie. O valor de L^* apresenta-se superior quando comparado com o da tabela 15 (matéria-prima sem processo de extração), isto representa um aumento da luminosidade com tendência ao branco, possivelmente devido ao processo de prensagem hidráulica

aplicado à matéria-prima. Para todos os parâmetros avaliados houve diferença significativa, quando aplicado o teste de Tukey à 5 % de significância.

Tabela 15. Análise de cor da Torta de tucumã via extração supercrítica

Parâmetros	L*	a*	b*	ΔE
Torta de polpa e casca de Tucumã do Amazonas de extração supercrítica à 60 °C.	58,62	+ 10,49	+ 24,17	46,03
Torta de polpa e casca de Tucumã do Amazonas de extração supercrítica à 50 °C.	59,42	+ 10,59	+ 23,66	45,60
Torta de polpa e casca de Tucumã do Amazonas de extração supercrítica à 40 °C.	58,76	+ 10,70	+ 26,54	47,16
Torta de polpa e casca de Tucumã do Pará de extração supercrítica à 60 °C.	66,33	+ 8,71	+ 30,02	42,93
Torta de polpa e casca de Tucumã do Pará de extração supercrítica à 50 °C.	65,83	+ 9,16	+ 31,10	44,10
Torta de polpa e casca de Tucumã do Pará de extração supercrítica à 40 °C.	66,63	+ 9,08	+ 32,36	44,36

A Tabela 15 mostra os valores obtidos da análise de cor das tortas resultantes das extrações supercríticas. Avaliando os resultados expressos, observa-se que todas as tortas, demonstraram tendência de cor amarelo-avermelhada. Os valores de a^* e b^* mostram que houve uma diminuição da intensidade da cor vermelha e amarela respectivamente, enquanto que para L^* , ocorreu um aumento deste índice, gerando um aumento da luminosidade com a tendência ao branco, devido à remoção do óleo através da extração supercrítica.

O ΔE também apresentou redução dos valores quando comparados com a matéria-prima antes de passar pelos processos de extração. Para todos os parâmetros avaliados houve diferença significativa entre as espécies, quando aplicado o teste de Tukey à 5 % de significância.

Estes dados são importantes para a avaliação dos processos de extração aplicados à matéria-prima, devido à colaboração entre a relação da cor apresentada nas tortas residuais e a presença de óleo nas mesmas. Conclui-se que quanto

menor o valor de ΔE , nas tortas residuais dos processo extrativos, possivelmente será menor a quantidade de óleo e pigmentos nas mesmas, pois o ΔE é a relação entre o cálculo da diferença total de cor (cor padronizada menos a cor obtida da análise das amostras).

3.5.1 Análise de cor instrumental dos óleos

Os valores de cor instrumental dos óleos de tucumã encontram-se nas Tabelas 16 a 20.

Tabela 16. Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com solvente

Espécie de tucumã	Parâmetros			
	L*	a*	b*	ΔE
Amazonas	29,39 ^a	+4,48 ^a	+3,73 ^a	68,28 ^a
Pará	34,91 ^b	+17,23 ^b	+9,41 ^b	65,30 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

Pode-se observar na Tabela 16 as diferenças significativas para todos os parâmetros da análise de cor, entre as espécies estudadas, pelo teste de Tukey a 5% de significância, neste tipo de extração. Percebe-se que o valor de a^* para a óleo do TP é superior ao do TA, o que justifica a cor avermelhada mais intensa (cerca de 3 vezes maior) do óleo de TP em relação ao TA. Visualmente, também se observou-se a diferença nas cores dos óleos de ambas as espécies.

Tabela 17. Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos por prensagem

Espécie de tucumã	Parâmetros			
	L*	a*	b*	ΔE
Amazonas	27,83 ^a	+ 3,38 ^a	+ 0,98 ^a	69,75 ^a
Pará	35,28 ^b	+ 15,88 ^b	+ 10,20 ^b	64,70 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância).

Na Tabela 17 pode-se notar que ocorre diferença significativa entre as espécies de tucumã para todos os parâmetros de cor. O óleo de TA extraído com a prensa também apresenta cor pouco avermelhada, tendendo ao verde, como justificado pelo parâmetro a^* cerca de 5 vezes menor do que o da espécie do Pará, Este comportamento também foi observado no óleo extraído com solvente. A cor do óleo de TP apresenta uma cor avermelhada mais intensa do que o do TA, como expresso pelos valores de a^* e b^* .

Tabela 18. Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO₂ à 60 °C

Espécie de tucumã	Parâmetros			
	L*	a*	b*	ΔE
Amazonas	33,7 ^a	+8,61 ^a	+11,04 ^a	65,00 ^a
Pará	40,20 ^b	+24,74 ^b	+18,55 ^b	64,52 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância).

Os resultados expressos na Tabela 18 mostram a análise de cor. Nota-se a ocorrência de diferenças significativas entre o TA e o TP. Ainda observando a tabela, verifica-se que o óleo de TP apresenta cor vermelho-amarelada mais intensa quando comparada com o óleo de TA. No óleo do TA a cor amarela (b^*) é mais predominante que o vermelho (a^*), apresentando assim uma cor avermelhada, tendendo ao castanho.

Tabela 19. Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO₂ à 50 °C

Espécie de tucumã	Parâmetros			
	L*	a*	b*	ΔE
Amazonas	33,62 ^a	+8,53 ^a	+10,89 ^a	65,06 ^a
Pará	42,65 ^b	+25,06 ^b	+22,87 ^b	63,78 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

Verifica-se na Tabela 19 que a tendência de cor dos óleos de TA e TP, representada anteriormente, se repetem para esta extração, persistem as diferenças significativas para o teste de Tukey a 5 % de significância.

Tabela 20. Análise de cor dos óleos de tucumã extraídos com CO₂ à 40 °C

Espécie de tucumã	Parâmetros			
	L*	a*	b*	ΔE
Amazonas	31,35 ^a	+6,17 ^a	+6,98 ^a	66,62
Pará	43,59 ^b	+25,54 ^b	+24,48 ^b	66,61

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

A tendência de cor mostrada na Tabela 20 apresenta a cor dos óleos de TA e TP, para os parâmetros de extração por CO₂ em estado supercrítico. Para todos os parâmetros avaliados, persistem as diferenças significativas entre as espécies.

Pode-se observar na Tabela 20 que o óleo de tucumã do Amazonas, apresenta cor levemente amarelo-avermelhada, diferente significativamente da espécie do Pará, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nota-se que em todas as extrações, o óleo de TP apresentou cor avermelhada cerca 3 vezes de mais intensa que o óleo de TA, quando avaliamos o parâmetro a*. Este resultado pode ter sido influenciado pela utilização da casca e polpa do fruto para a extração do óleo, uma vez que a casca do TA apresenta visivelmente cor amarelo esverdeada e o TP, cor alaranjada (Apêndices A e B).

3.6 PRODUTO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ

3.6.1 Extração com solvente

O óleo da casca e polpa do tucumã fora extraído com hexano sob aquecimento. Os dados de rendimento da extração estão dispostos na tabela 21.

Tabela 21. Teor de lipídios dos frutos de tucumã extraídos via solvente

Amostra	Rendimento Óleo (%)
Casca e Polpa de Tucumã Amazonas	35,0155 ^a
Casca e Polpa de Tucumã Pará	25,6776 ^b

^a e ^b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância)

Observando a tabela 21 é possível notar a diferença significativa apresentada entre os rendimentos obtidos nas etapas de extração lipídica dos óleos aplicadas via solvente nestes frutos. Os resultados demonstram a prevalência percentual da composição lipídica dos frutos oriundos do estado do Amazonas em relação aos frutos do Pará.

3.6.2 Extração com prensagem hidráulica

O óleo da casca e polpa do tucumã extraído por prensagem hidráulica. Os dados de rendimento da extração e a torta estão dispostos na tabela 22 e foram calculados pela diferença de massa da amostra antes e depois da prensagem hidráulica e expressos em percentagem.

Tabela 22. Rendimento dos óleos extraídos com prensa hidráulica

Amostra	Rendimento Óleo (%)
Casca e Polpa de Tucumã Amazonas	9,97 ^a
Casca e Polpa de Tucumã Pará	7,31 ^b

a e b na mesma coluna: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5 % de significância).

Na Figura 18 pode-se observar a torta (resíduo da prensagem) de tucumã. Nota-se na Figura que mesmo após a prensagem, a matéria prima ainda apresenta certa quantidade de óleo, marcada pela coloração característica da mesma.

Figura 18. Torta desengordurada de tucumã



Fonte: Autora

3.6.3 Extração com CO₂ Supercrítico

Os resultados de rendimento e perdas das extrações dos óleos de tucumã estão expressos na tabela 23.

Tabela 23. Parâmetros de extração aplicados com CO₂ supercrítico.

Experimento	Pressão (bar)	Temperatura (°C)	Tempo (Min.)	Rendimento de Óleo (g)	Perdas (g)
Tucumã do Amazonas	300	60	180	30,52 ± 0,65	5,82 ± 0,87
		50	180	31,61 ± 0,33	7,59 ± 1,38
		40	180	31,89 ± 0,32	7,24 ± 0,51
Tucumã do Pará	300	60	180	23,80 ± 0,64	5,76 ± 0,25
		50	180	22,25 ± 1,14	4,87 ± 0,78
		40	180	21,05 ± 0,35	3,05 ± 0,37

Nos três experimentos foram mantidas constantes, a pressão, temperatura e vazão do gás. Da mesma forma, foi mantido constante o tempo de extração de 180 minutos, que foi determinado através de testes para avaliar o tempo necessário para retirar 80 % do material lipídico das amostras. Determinou-se o rendimento do óleo extraído através da diferença de massa do saco contendo a amostra antes e depois do processo. As perdas ocorreram durante a retirada dos tubos a cada coleta.

Analisando os dados acima, através do teste de Tukey à 5 % de significância, verificou-se que não ocorre diferença entre os resultados de rendimento das extrações de óleo de TA. Entretanto, para os rendimentos das extrações de óleo de TP, ocorre diferença entre as extrações à 60 e 40 °C. Quando comparado os resultados das extrações de TA e TP, nas mesmas condições de temperatura, verificou-se que ocorre diferença entre todas as condições, o que pode ser observando no comportamento gráfico das extrações representadas na Figura 19.

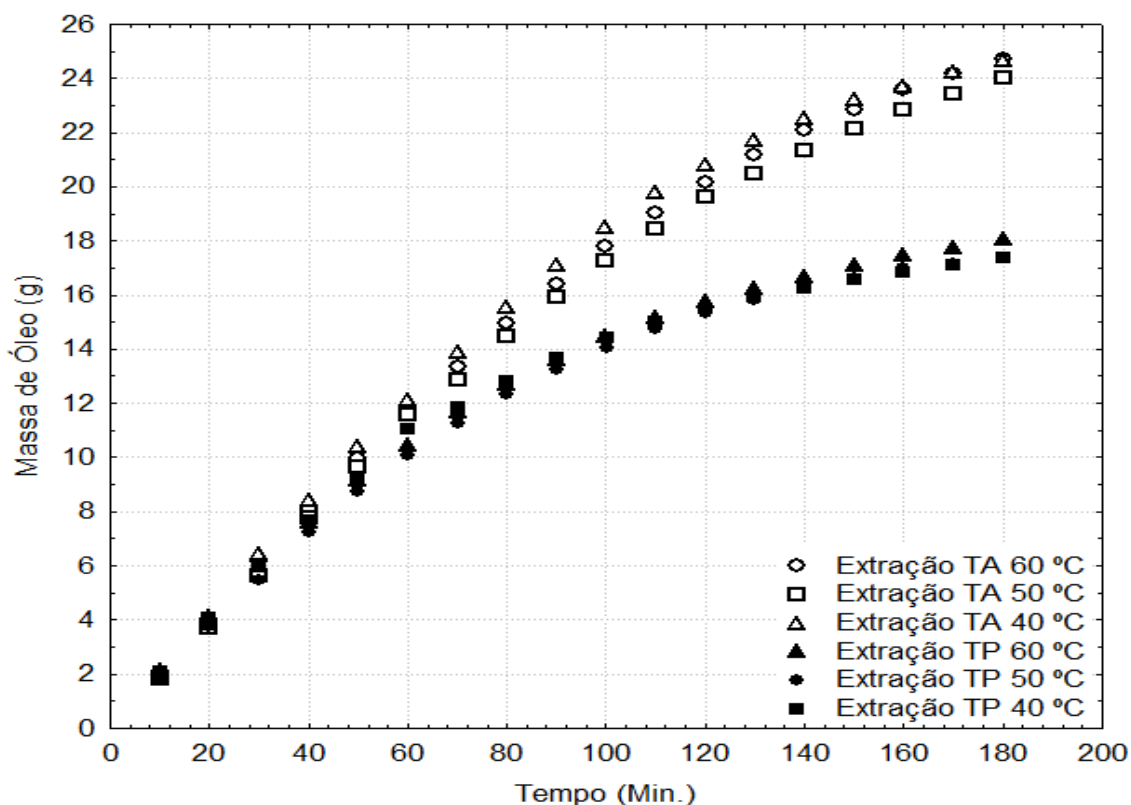


Figura 19. Cinéticas de extrações supercríticas do óleo de Tucumã

Na Figura 19 estão representados graficamente as médias do acumulado de massa de óleo, obtidos das coletas das extrações. Assim como citado anteriormente, percebe-se a ocorrência de diferenças significativas entre as extrações de TA e TP.

Detalhando os resultados da cinética de extração, mostram que o fruto de tucumã do Amazonas (TA) quando imposto a extração com fluido supercrítico sob condições de pressão constante e temperatura variável, apresentam alterações de rendimentos que aumentam no decorrer do tempo e se tornam cada vez menos significativos entre as temperaturas aplicadas no processo.

Os rendimentos das extrações de (TA) no decorrer do tempo chegam a se sobrepor nos intervalos de tempo entre 160 a 180 minutos, nas faixas de temperatura entre 40 e 60 °C. Este fato pode ser explicado pelas características do fruto, do material extraído e pelos processos de transferência de massa, densidade do material, alterações na fluidez dos óleos dentre outros parâmetros.

Quando avaliados os comportamentos das curvas cinéticas de extração do óleo do fruto do tucumã do Pará (TP), expresso pelo rendimento em massa de óleo, é possível determinar que não há diferenças entre os parâmetros de temperatura

aplicados nesta pesquisa. Entretanto, na faixa de tempo em torno de 160 a 180 minutos, ultimo período de extração, houve uma visível predominância do rendimento no parâmetro de temperatura de 60 °C.

Quando comparados os rendimento de óleo dos frutos TA e TP, é possível definir que o fruto de tucumã do Amazonas apresentou maior rendimento em massa de óleo que o fruto de tucumã do Pará, aplicando-se os mesmos parâmetros de extração.

3.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS ÓLEOS

A caracterização dos óleos extraídos com solvente, prensa hidráulica e com as extrações supercríticas, da casca e polpa de tucumã está relacionada à determinação dos índices, teor de água; densidade; viscosidade cinemática; índice de refração; índice de acidez; índice de peróxido e índice de saponificação, expressos nas Tabelas 24 a 30.

Teor de água

Os resultados encontrados na determinação do teor de água, em percentagem, dos óleos de tucumã estão dispostos na tabela 24.

Tabela 24. Teor de água dos óleos de tucumã

Métodos de extração	Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente	0,1675 ± 0,00 ^a	0,7100 ± 0,00 ^b
Prensagem hidráulica	0,1065 ± 0,00 ^a	0,2054 ± 0,00 ^b
CO ₂ supercrítico	60 °C	0,1646 ± 0,00 ^a
	50 °C	0,1363 ± 0,00 ^a
	40 °C	0,0852 ± 0,00 ^a

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância).

Nota-se que existem diferenças significativas entre os óleos das duas espécies de Tucumã e entre os tipos de extrações realizadas, representadas pela

presença das letras a e b na mesma linha. Não há parâmetros definidos pela RDC 270 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, que aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, para o teor de água em óleos vegetais. Entretanto estes resultados podem influenciar nos altos índices de peróxido, já que o mesmo está relacionado com a oxidação e deterioração dos óleos.

Observando a Figura 25 (Apêndice D), onde está avaliado o teor de água nas extrações do óleo de tucumã do Amazonas, pode-se concluir que as diferenças são significativas entre as extrações do Soxhlet, Prensa e supercrítico à 60 °C. A extração com a prensa apresenta a mesma característica anterior. A extração com supercrítico à 60 °C apresenta diferença significativa com todas as demais extrações. A extrações com supercrítico à 50 °C e à 40 °C apresentam diferença somente a extração com supercrítico à 60 °C.

Pela avaliação da Figura 26 (Apêndice D), onde avaliou-se o teor de água nas extrações do óleo de tucumã do Pará, pode-se concluir que as diferenças são significativas entre as extrações do soxhlet, com os demais métodos. A extração com a prensa apresentou diferença com as extrações do soxhlet e supercrítico à 60 °C. A extração com supercrítico à 60 °C só não apresenta diferença significativa com a extração com supercrítico à 50 °C. A extração com supercrítico à 50 °C só apresenta diferença com a extração do soxhlet e a supercrítico à 40 °C apresenta diferença com a extração do soxhlet e com supercrítico à 60 °C.

Nota-se que não ocorre um padrão de repetibilidade entre os óleos de tucumã, pois na espécie do Amazonas, a extração que apresentou diferença significativas com todos os demais métodos foi a com supercrítico à 60 °C. Já a espécie do Pará, o Soxhlet apresentou esta diferença significativa dentre todas as extrações. Isto pode ser justificado pela característica da matéria prima e pelo processo que a mesma fora submetida.

Densidade

Estão expressos na Tabela 25 os resultados da análise de densidade dos óleos de tucumã do Amazonas e do Pará.

Tabela 25. Densidade dos óleos de tucumã

Métodos de extração	Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente	0,9095 ± 0,00 ^a	0,9046 ± 0,00 ^b
Prensagem hidráulica	0,9086 ± 0,00	0,9085 ± 0,00
CO ₂ supercrítico	60 °C	0,9081 ± 0,00
	50 °C	0,9092 ± 0,00
	40 °C	0,9083 ± 0,00

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Analisando a tabela acima, verifica-se que somente a extração por solvente apresentou diferença significativa para a análise de densidade (g/cm^3), entre as espécies de tucumã. Este fato pode ser justificado pela forma com o método é realizado e ainda pela diferença entre as matérias-primas.

Na Figura 27 (Apêndice D) pode-se notar a ausência de diferenças significativas entre os métodos de extração para a densidade do óleo de tucumã nativo do Amazonas.

Percebe-se, observando a Figura 28 (Apêndice D) que ocorre diferenças significativas entre os métodos de extração do óleo de tucumã do Pará, para a comparação entre o método que emprega o solvente (soxhlet) e os demais. Pode-se pressupor que o fato ocorre devido a forma como o método é realizado, principalmente pela presença do solvente e também pelo calor empregado.

Viscosidade cinemática

Na Tabela 26 estão dispostos os resultados da determinação da viscosidade cinemática (cSt) dos óleos.

Tabela 26. Viscosidade cinemática dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente		46,82 ± 0,00 ^a	45,84 ± 0,09 ^b
Prensagem hidráulica		45,92 ± 0,01 ^a	46,34 ± 0,17 ^b
CO ₂ supercrítico	60 °C	42,18 ± 0,11 ^a	46,09 ± 0,35 ^b
	50 °C	42,03 ± 0,17 ^a	45,75 ± 0,06 ^b
	40 °C	41,76 ± 0,04 ^a	44,18 ± 0,10 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância).

Verificou-se a ocorrência de diferenças significativas (teste de Tukey à 5 % de significância) entre os óleos de TA e TP, na avaliação de cada método de extração. Analisando ainda, os resultados do teste de Tukey, para o óleo do Amazonas, concluiu-se que só não ocorre diferença significativa entre as extrações supercríticas à 60 e 50 °C, como mostra a Figura 29 (Apêndice D). Este comportamento não se aplica ao óleo do Pará (Figura 30 no Apêndice D).

Índice de acidez (I.A.)

A Tabela 27 Apresenta o índice de acidez dos óleos dos frutos de tucumã.

Tabela 27. Índice de acidez dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente		4,432 ± 0,02 ^a	3,346 ± 0,05 ^b
Prensagem hidráulica		6,528 ± 0,01 ^a	4,508 ± 0,27 ^b
CO ₂ supercrítico	60 °C	20,808 ± 0,08 ^a	6,481 ± 0,03 ^b
	50 °C	20,286 ± 0,12 ^a	6,520 ± 0,17 ^b
	40 °C	19,133 ± 0,23 ^a	6,379 ± 0,11 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Observando a Tabela 27, verificou-se a ocorrência de diferenças significativas (teste de Tukey à 5 % de significância) entre os óleos de TA e TP, na avaliação de cada método de extração. Analisando ainda, os resultados do teste de Tukey, para o óleo do Amazonas e do Pará, concluiu-se que não ocorre diferença significativa entre as extrações supercríticas, como mostra a Figura 31 e 32 (Apêndice D). Bora (2001), determinou aproximadamente 1,12 mg KOH/g, para o índice de acidez do óleo da polpa de tucumã do Pará.

A RDC N^o. 270, de 22/09/2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA que aprova o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, estabelece o limite máximo para o índice de acidez do óleo de palma virgem em 10,0 mg KOH/g.

Analisando o valor do índice de acidez do óleo de tucumã, em relação a esta norma, observou-se dentre que os óleos extraídos pelos métodos avaliados, somente o óleo de TA extraído com CO₂ supercrítico não se enquadra no limite máximo definido pela mesma.

Índice de refração (I.R.)

O I.R. dos óleos de tucumã está demonstrado na Tabela 28.

Tabela 28. Índice de refração dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente		1,47 ± 0,00 ^a	1,46 ± 0,00 ^b
Prensagem hidráulica		1,46 ± 0,00	1,46 ± 0,00
CO ₂ supercrítico	60 °C	1,46 ± 0,00	1,46 ± 0,00
	50 °C	1,46 ± 0,00	1,46 ± 0,00
	40 °C	1,46 ± 0,00 ^a	1,46 ± 0,00 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Nota-se que ocorre diferença significativa (teste de Tukey à 5 % de significância) entre os óleos de TA e TP, na avaliação do método de extração com solvente e com supercrítico à 40°C.

Observando as figuras 33 e 34 do Apêndice D, pode-se verificar que não ocorre diferença significativa entre os métodos de extração para a mesma espécie de tucumã, logo, individualmente para cada espécie, o método de extração não influencia no índice de refração.

Bora (2001) determinou aproximadamente 1,45 para o índice de refração do óleo da polpa de tucumã do Pará. A RDC 270/2005 da ANVISA define o limite para o índice de refração do óleo de palma, 1.454 - 1.456 a 50°C. Os óleos de tucumã no que se refere ao índice de refração encontram-se fora do limite definido para o óleo de palma.

Índice de peróxido (I.P.)

O I.P expresso em miliequivalente de Peróxido por 100 gramas de amostra dos óleos de tucumã está demonstrado na Tabela 29.

Tabela 29. Índice de peróxido dos óleos de tucumã

Métodos de extração	Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente	3,88 ± 0,52	2,24 ± 0,35
Prensagem hidráulica	11,81 ± 0,00 ^a	11,26 ± 0,02 ^b
CO ₂ supercrítico	60 °C	11,83 ± 0,01 ^a
	50 °C	11,83 ± 0,00 ^a
	40 °C	11,84 ± 0,01 ^a

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Nota-se que ocorre diferença significativa (teste de Tukey à 5 % de significância) entre os óleos de TA e TP, na avaliação do método de extração com a prensagem hidráulica e com CO₂ supercrítico. Isto pode ser justificado pelas características de cada espécie, além da exposição do óleo ao oxigênio nos dois métodos de extração que apresentaram tal diferença.

Bora (2001), em suas pesquisas determinou aproximadamente 1,72 mEqO₂/Kg, para o índice de peróxido do óleo da polpa de tucumã do Pará. Teixeira (2009) determinou aproximadamente 0,082 mEqO₂/Kg para o óleo da polpa de

tucumã do Amazonas. Todos esses resultados estão abaixo dos encontrados nesta pesquisa, com os menores valores obtidos nas análises dos óleos de tucumã do Para, com o método de extração sólido-líquido utilizando como solvente o hexano.

A Norma citada anteriormente, ainda estabelece o limite de índice de peróxidos para óleos prensados a frio e não refinados, no máximo 15 meq/kg. Assim, os óleos de tucumã das diferentes localidade encontram-se dentro dos limites de tolerância máxima permitido pela legislação brasileira.

Índice de saponificação (I.S.)

O I.S. dos óleos de tucumã está expresso na Tabela 30.

Tabela 30. Índice de saponificação dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente		186,40 ± 0,65	186,56 ± 0,11
Prensagem hidráulica		193,61 ± 0,30	192,91 ± 0,06
CO ₂ supercrítico	60 °C	196,29 ± 0,06 ^a	208,59 ± 0,18 ^b
	50 °C	196,14 ± 0,15 ^a	209,85 ± 0,24 ^b
	40 °C	196,15 ± 0,52 ^a	209,53 ± 0,15 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Observou-se diferenças entre os óleos de TA e TP somente para as extrações realizadas com CO₂ supercrítico, como expresso na Tabela 30. Essas diferenças podem estar relacionadas ao tipo e características do método de extração realizado. Bora (2001), determinou aproximadamente 110,5 mg KOH/g, para o índice de peróxido do óleo da polpa de tucumã do Pará. Teixeira (2009) determinou aproximadamente 191,14 mg KOH/g para o óleo da polpa de tucumã do Amazonas.

De acordo com os padrões para óleos vegetais do CODEX Alimentarius – CODEX STAN 210 – 1999, o óleo de palma deve ter um índice de saponificação com valores aproximados a 190 – 209 mg KOH/g de óleo. Os valores encontrados

para este índice nos óleos de tucumã também encontram-se aproximadamente nesta faixa.

O elevado valor do índice de saponificação nos proporciona a indicação que o óleo de tucumã é composto por ácidos graxos de baixo peso molecular, o que está relacionado com a propriedade do óleo ser comestível. Assim, grosseiramente, para as gorduras vegetais, quanto mais altos os índices de saponificação mais se prestam para fins alimentares.

Ponto de fusão

O ponto de fusão dos óleos de tucumã estão relacionados na Tabela 31.

Tabela 31. Ponto de fusão dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do Amazonas	Óleo de Tucumã do Pará
Solvente		17,5 ± 0,71	19,5 ± 0,71
Prensagem hidráulica		17,5 ± 0,71	20,5 ± 0,71
CO ₂ supercrítico	60 °C	16,5 ± 0,00 ^a	24,5 ± 0,71 ^b
	50 °C	17,5 ± 0,00 ^a	24,5 ± 0,71 ^b
	40 °C	16,5 ± 0,00 ^a	24,5 ± 0,71 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Notou-se diferenças significativas (Teste de Tukey a 5% de significância) entre os óleos de TA e TP somente para as extrações realizadas com CO₂ supercrítico, como expresso na Tabela 31.

Carotenóides totais

A avaliação de carotenóides totais em (ppm) dos óleos de tucumã está representada na Tabela 32.

Tabela 32. Carotenóides totais dos óleos de tucumã

Métodos de extração		Óleo de Tucumã do (AM)	Óleo de Tucumã (PA)
Solvente		472 ^a	895 ^b
Prensagem hidráulica		367 ^a	807 ^b
CO ₂ supercrítico	60 °C	1021 ^a	2077 ^b
	50 °C	1006 ^a	2065 ^b
	40 °C	1065 ^a	2101 ^b

^a e ^b na mesma linha: representam diferenças significativas entre as espécies (Teste de Tukey a 5% de significância)

Pela avaliação da Tabela 32 pode-se notar que ocorreram diferenças significativas entre as espécies de tucumã para todos os métodos de extração. As diferenças encontradas podem estar relacionadas com as análises de cor dos óleos que já foram anteriormente avaliadas (tabelas de 16 a 20), com atenção específica nas diferenças encontradas no parâmetro a* (variação do vermelho +a*, ao verde -a*).

Estas variações de cor foram encontradas entre as espécies (TP e TA) independentes da forma de extração com a qual o óleo foi obtido. Este fato comumente é explicado pelas diferenças entre espécies e pelos períodos de maturação dos frutos, se considerarmos que o período de maturação influencia diretamente na degradação estrutural da clorofila e na síntese paralela de caroteno, estas interconversões pode alterar, subestimando os valores de carotenóides totais encontrados nos frutos de TA (KOBBLITZ, 2008).

Outro ponto relevante na análise dos resultados encontrados para o teor de carotenóides totais nos métodos de extração via sólido-líquido (solvente) e a prensagem hidráulica, envolvem os parâmetros peculiares destas formas de extração, uma vez que expõem o material a ação degradativa dos produtos extraídos, por ação fotoquímica da luz, oxidativa pelo contato com o oxigênio e o efeito térmico imposto pela temperatura (termossensibilidade). Estas variáveis podem influenciar diretamente nos resultados encontrados quanto aplicados estas formas de extração (KOBBLITZ, 2008, FENNEMA, 2010).

Uma informação importante para este resultado pode ter sido a influência da casca do fruto que foi utilizada juntamente com a polpa para a extração dos

óleos, uma vez que já mencionado anteriormente, o TA possui casca amarelo-esverdeada, enquanto que o TP possui a casca alaranjada.

Comparando os resultados para as extrações via CO₂ pode-se notar que ocorreram diferenças significativas no teor de carotenóides totais entre os óleos extraídos das diferentes espécies de tucumã. Entretanto, este comportamento não é observado na avaliação dos dados obtidos para os diferentes parâmetros para a extração supercrítica, onde nota-se que o TP possui aproximadamente o dobro de carotenóides totais que o TA, este resultado esta ao encontrado dos resultados das pesquisas de Teixeira (2009) com média de 993 µ/g de carotenóides totais no óleo bruto da polpa de tucumã do Amazonas.

3.8 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS ÓLEOS DE TUCUMÃ

A análise cromatográfica dos óleos de tucumã está representada nas tabelas de 33 à 37.

Na Tabela 33 nota-se a predominância do ácido graxo insaturado, ácido Oléico, representando cerca de 65%, e pelo ácido graxo saturado, ácido Palmítico, com cerca de 23%, no óleo de TP.

No óleo de TA, determinou-se 73% do ácido Oléico, cerca de 12% de ácido Linoléico e ainda 7% de ácido Palmítico. Foram detectados pelo cromatógrafo outros picos de substâncias não identificadas, 0,3% no TA e 0,9% no TP.

Tabela 33. Comparação dos perfis de ácidos graxos nos óleos de TA e TP obtidos pela extração com solvente

Ácidos Graxos	Ácidos Graxos Nomes Sistemáticos e Comuns	Óleo Tucumã AM Área [%]	Óleo Tucumã PA Área [%]
16:0	Ácido Hexadecanóico ou Palmítico (P)	7,38 %	22,98 %
C18:0	Ácido Octadecanóico ou Esteárico (S)	5,28 %	5,20 %
C18:1	Ácido cis-Octadecenóico ou Oléico (O)	73,28 %	65,21 %

C18:2	Ácido cis-Octadecadienóico ou Linoléico (Li)	11,75 %	3,62 %
C20:0	Ácido eicosanóico ou Araquídico (A)	2,01 %	2,074 %
	Outros não identificados	0,32 %	0,93 %
	TOTAL	≈ 100	≈ 100

Bora (2001) e Guedes (2006) encontraram respectivamente 13,8 e 29,6%, de ácido Palmítico; 46,8 e 58,5% de ácido Oléico, no óleo de tucumã do Pará. Verificou-se que os resultados encontrados neste trabalho são superiores à outros estudos. Isto pode estar relacionado com as características individuais de cada espécie, além da possibilidade de influência do clima, solo, floração e outras vertentes que podem ser estudadas futuramente.

Tabela 34. Comparação dos perfis de ácidos graxos nos óleos de TA e TP obtidos pela extração com prensagem hidráulica

Ácidos Graxos	Ácidos Graxos Nomes Sistemáticos e Comuns	Óleo Tucumã AM Área [%]	Óleo Tucumã PA Área [%]
C16:0	Ácido Hexadecanóico ou Palmítico (P)	8,30 %	22,23 %
C18:0	Ácido Octadecanóico ou Esteárico (S)	6,06 %	5,24 %
C18:1	Ácido cis-Octadecenóico ou Oléico (O)	72,65 %	65,50 %
C18:2	Ácido cis-Octadecadienóico ou Linoléico (Li)	11,60 %	3,79 %
C20:0	Ácido eicosanóico Araquídico (A)	1,40 %	2,18 % / 28,16 min.
	Outros não identificados	0 %	1,03 %
	TOTAL	≈ 100	≈ 100

Na Tabela 34 verificou-se a manutenção das mesmas características de demonstradas na tabela anterior. Percebeu-se a predominância do ácido graxo insaturado, ácido Oléico, representando cerca de 65,5%, e pelo ácido graxo saturado, ácido Palmítico, com cerca de 22%, no óleo de TP.

No óleo de TA, determinou-se aproximadamente 73% do ácido Oléico, 12% de ácido Linoléico e ainda 8% de ácido Palmítico. Foram detectados pelo cromatógrafo outros picos de substâncias não identificadas, somente no óleo de TP cerca de 1 %.

Tabela 35. Comparação dos perfis de ácidos graxos nos óleos de TA e TP obtidos pela extração supercrítica à 60 °C

Ácidos Graxos	Ácidos Graxos Nomes Sistemáticos e Comuns	Óleo Tucumã AM Área [%]	Óleo Tucumã PA Área [%]
C16:0	Ácido Hexadecanóico ou Palmítico (P)	8,04 %	22,60 %
C18:0	Ácido Octadecanóico ou Esteárico (S)	6,12 %	5,16 %
C18:1	Ácido cis-Octadecenóico ou Oléico (O)	73,81 %	65,38 %
C18:2	Ácido cis-Octadecadienóico ou Linoléico (Li)	12,03 %	3,68 %
C20:0	Ácido eicosanóico ou Araquídico (A)	0 %	2,10 %
	Outros não identificados	0 %	1,07 %
	TOTAL	≈ 100	≈ 100

Na Tabela 35, avaliou-se a composição de ácidos graxos da extração supercrítica à 60 °C. Pode-se averiguar a constância de aparecimento do ácido graxo insaturado, ácido Oléico, representado por cerca de 65%, e pelo ácido graxo saturado, ácido Palmítico, com cerca de 23%, no óleo de tucumã do Pará.

No óleo da espécie do Amazonas, determinaram-se aproximadamente 74% do ácido Oléico, 12% de ácido Linoléico e ainda 8% de ácido Palmítico. Outros picos

não identificados foram detectados pelo cromatógrafo, somente no óleo de tucumã do Pará, cerca de 1 %.

Tabela 36. Comparação dos perfis de ácidos graxos nos óleos de TA e TP obtidos pela extração supercrítica à 50 °C

Ácidos Graxos	Ácidos Graxos Nomes Sistemáticos e Comuns	Óleo Tucumã AM Área [%]	Óleo Tucumã PA Área [%]
C16:0	Ácido Hexadecanóico ou Palmítico (P)	7,89 %	26,49 %
C18:0	Ácido Octadecanóico ou Esteárico (S)	6,07 %	0,85 %
C18:1	Ácido cis-Octadecenóico ou Oléico (O)	71,97 %	71,77 %
C18:2	Ácido cis-Octadecadienóico ou Linoléico (Li)	11,90 %	0 %
C20:0	Ácido eicosanóico ou Araquídico (A)	1,89 %	0%
	Outros não identificados	0,28 %	0,90 %
	TOTAL	≈ 100	≈ 100

Na Tabela 36, está representada a composição de ácidos graxos da extração supercrítica à 50 °C. Notou-se a presença do ácido graxo insaturado, ácido Oléico, representado por cerca de 71%, e pelo ácido graxo saturado, ácido Palmítico, com cerca de 26%, no óleo de tucumã do Pará. No óleo de tucumã do Amazonas, determinou-se aproximadamente 72% do ácido Oléico, 12% de ácido Linoléico e ainda 8% de ácido Palmítico.

No óleo de TP não há o aparecimento dos ácidos graxos Linoléico e Araquídico, que apareciam em pequenas quantidades nas tabelas anteriores. Outros picos não identificados foram detectados pelo cromatógrafo, no óleo de TP cerca de 1 % e no TA, cerca de 0,2%.

Tabela 37. Comparação dos perfis de ácidos graxos nos óleos de TA e TP obtidos pela extração supercrítica à 40 °C.

Ácidos Graxos	Ácidos Graxos Nomes Sistemáticos e Comuns	Óleo Tucumã AM Área [%]	Óleo Tucumã PA Área [%]
C16:0	Ácido Hexadecanóico ou Palmítico (P)	8,46 %	23,10 %
C18:0	Ácido Octadecanóico ou Esteárico (S)	6,72 %	5,08 %
C18:1	Ácido cis-Octadecenóico ou Oléico (O)	72,50 %	64,14 %
C18:2	Ácido cis-Octadecadienóico ou Linoléico (Li)	12,14 %	3,90 %
C20:0	Ácido eicosanóico ou Araquídico (A)	0 %	2,18 %
C22:0	Ácido docosanóico ou behênico	0,10 %	0,59 %
	Outros não identificados	0,08 %	1,01 %
	TOTAL	≈ 100	≈ 100

Na tabela 37, está demonstrada a composição de ácidos graxos da extração supercrítica à 40 °C. Pode-se notar o que ácido graxo insaturado, ácido Oléico, está presente com cerca de 64 %, e o ácido graxo saturado, ácido Palmítico, com cerca de 23 %, no óleo de tucumã do Pará. No óleo de tucumã do Amazonas, determinou-se aproximadamente 73 % do ácido Oléico, 12% de ácido Linoléico e ainda 8% de ácido Palmítico.

Verificou-se que as quantidades em que os ácidos graxos saturados e insaturados aparecem nos óleos de tucumã permanecem semelhantes quando comparados os métodos de extração. Entretanto quando comparamos as espécies notamos grandes diferenças na quantidade e qualidade dos ácidos graxos ali presentes.

O óleo de tucumã do Pará possui uma quantidade maior de ácido Oléico (ácido graxo insaturado) e Ácido Palmítico (ácido graxo saturado), o óleo de tucumã

do Amazonas apresenta quantidades superiores de ácido Oléico e ácido Linoléico, ambos ácidos graxos insaturados. Podemos afirmar desta forma, que o óleo de TA tem em sua composição de ácidos graxos insaturados de melhor qualidade do que os encontrados no óleo de TP.

Ainda assim, são necessário outros estudos para melhor averiguar a composição dos óleos de tucumã, tanto a nível de ácidos graxos conhecidos, como também, para avaliação de outras substâncias que foram detectadas pelo cromatógrafo, mas não identificadas.

Avaliando todas as informações, pode-se afirmar que os óleos de tucumã das espécies estudadas são similares em alguns aspectos, entretanto em sua maioria, são diferentes significativamente. Além da diferença constitucional, verificou-se que o método empregado para a obtenção do óleo, também influencia nas características físicas e químicas. Outras fontes importantes de interferência na composição dos óleos, como a maturidade dos frutos, o armazenamento dos frutos e dos óleos, prazo de validade, exposição à luz e ao oxigênio, entre outras, devem ser estudadas para melhor compreensão das diferenças encontradas.

CONCLUSÕES

Os dados obtidos pelas análises biométricas permitiram definir que o rendimento em polpa da espécie de Tucumã do Amazonas (TA) é maior de o do fruto do Tucumã do Pará (TP). Esta informação é de grande relevância se consideramos que o tamanho e rendimento do fruto pode influenciar nas características dos demais componentes nutricionais, bem como na implementação do tamanho e características de maquinário industrial necessário para seu processamento.

A polpa de TA demonstrou ter em média 2,2 % a mais de lipídios do que a polpa de TP. Além disso, o valor protéico da polpa da primeira espécie foi superior, cerca de 6% do que a segunda. Para a análise de fibra bruta a espécie do Amazonas apresentou resultado maior do que o da espécie do Pará, aproximadamente 12%. Estes dados são relevantes para composição nutricional desses frutos.

A análise granulométrica para essas matérias-primas, avaliadas a partir de seus resultados, permiti definir o tamanho do grânulo médio de 1,2 mm como adequado para as extrações supercríticas para estes frutos. Pois partículas inferiores a este, tendem a pulverizar-se durante o processo extrativo podendo acumular-se nas tubulações e peças do equipamento supercrítico e assim, prejudicar a extração.

A variação da cor dos óleos de tucumã com os diferentes métodos de extração mostrou que nos processos extrativos esta varia com os mesmo de forma mais intensa de forma ordenada e decrescente em extração supercrítica, com solvente e com prensa. Esta característica pode ser justificada pela solubilidade dos pigmentos e lipídios nos solventes, CO₂ e Hexano, utilizados nas duas primeiras extrações relacionadas. Além da influência de maturidade e características das espécies. Outra variável a ser considerada é a utilização da casca juntamente com a polpa para a extração do óleo, uma vez que os elementos da casca podem estar relacionados às diferenças encontradas.

Na extração supercrítica, o óleo de TA apresentou melhor rendimento à temperatura de 40 °C, diferentemente, o óleo de TP, que apresentou melhor rendimento à temperatura de 60 °C. Estas diferenças podem estar relacionadas

com as características intrínsecas de cada espécie e também com sua a composição de ácidos graxos.

Para quase todas as análises químicas dos óleos de tucumã, ocorreram não só diferenças entre as espécies, mas também diferenças significativas entre os processos extrativos, diferenças essas, significativas na quantidade e qualidade dos ácidos graxos detectados no óleo de tucumã. A espécie do Amazonas apresentou ácidos graxos insaturados, como o ácido linoléico, que não foi determinado na do Pará. O óleo de TP apresentou quantidade de ácido oléico inferior à quantidade encontrada do mesmo, no óleo de TA, levando em consideração os diferentes processos de extração.

A partir desses dados é possível definir que o óleo de TA apresenta qualidade nutricional superior ao óleo de TP, quando considerados os dados determinados neste trabalho. O óleo de tucumã apresenta boa qualidade sensorial. Entretanto são necessários outros estudos para determinar a aceitabilidade comercial do óleo, além da sua estabilidade e prazo de validade, avaliados para cada tipo de extração aqui trabalhados.

Há espaço para outros estudos referentes ao tema abordado neste projeto, como a utilização cosmética do óleo de tucumã, desenvolvimento de produtos alimentícios à base deste óleo, como por exemplo, enriquecimento de biscoitos, criação de margarinas, purificação e concentração de ácidos graxos e carotenóides, a elaboração de óleo de mesa, entre tantos outros possíveis.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. P. L. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Revista Acta Amazônica** - v. 26, n.1/2, 1996, p.121–126.

AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A.; REBÊLO, Y. S. e SHRIMPTON, R. Aspectos nutritivos de alguns frutos da amazônia. **Revista Acta Amazônica**- v. 10, n.4, 1980, p.755–758.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C). **Official methods of analysis of the Association of official agricultural chemist.** Maryland, U.S.A. 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C) **Official methods of analysis of the Association of official agricultural chemist.** Maryland, U.S.A. 1997.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (A.O.C.S) **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.** Fifth edition, Champaign, USA,1998. il.

ARAÚJO, J.M. de A.; NICOLINO, A.P.N.; BLATT, C. Utilização do dióxido de carbono na concentração de tocoferóis do destilado desodorizado do óleo de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.1, 2000, p.201-205.

ARAÚJO, M.E.; MACHADO, N.T.; FRANÇA, L.F.; MEIRELES, M.A.A. Supercritical extraction of Pupunha (*Guilielma speciosa*) oil in a fixed bed using carbon dioxide, **Brazil Journal Chemistry Eng.**, v. 17, 2000, p.297–306.

BACELAR-LIMA, C. G.; MENDONÇA, M.S. e BARBOSA, T. C. T. S. Morfologia floral de uma população de Tucumã, *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. (Arecaceae) na Amazônia Central. **Revista Acta Amazônica** - v. 36, n.4, 2006, p.407–412.

BARBOSA, B.S; KOOLEN, H.H.F; BARRETO, A.C; SILVA,J.D; FIGLIUOLO, R; NUNOMURA, S.M. Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel. **Revista Acta Amazônia**, v.39, n.2, 2009, p.371-376.

BRASIL. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional De Vigilância Sanitária – ANVISA. Aprova o "regulamento técnico para óleos

vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal”. D.O.U. - **Diário Oficial da União: ANVISA**, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Superintendência da Zona Franca de Manaus SUFRAMA. **Projeto potencialidades regionais - estudo de viabilidade econômica: dendê**. Manaus: SUFRAMA, 2003.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT). Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2009.

BICHARA, C. M. G. **Estudo in vivo de uma suplementação rica em Betacaroteno: biodisponibilidade e efeito antioxidativo no plasma humano**. (Dissertação) Universidade Federal do Pará, Instituto Tecnológico, Programa Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, 2007, p. 30 – 33.

BOBBIO, F.O e BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3ª. Edição – São Paulo: Livraria Varela, 2003.

BORA, P.S.; NARAIN, N; ROCHA, R.V.M.; MONTEIRO, A.C.O.; MOREIRA, R.A. Caracterización de las fracciones proteicas y lípidicas del pulpa y semillas de Tucuma (*Astrocaryum vulgare*, Mart). *Ciencia e Tecnología Alimentaria*, vol. 3, n.2. **Sociedad Mexicana de Nutrición e Tecnología de Alimentos**, Reynosa – México. 2001, p. 111 – 116.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M.R.; ZAKRZEWSKI, C.; CORAZZA, F.C.; CORAZZA, M.L.; OLIVEIRA, J.V. Determinação da viscosidade e condutividade térmica em óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28, 2008, n.3, p.1-7.

BRUNNER, Gerd. **Gas extraction – An introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes**. Darmstadt: Steinkopff; New York: Springer, 1994.

BRUNNER, G. Supercritical fluids: technology and application to food processing. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, 2005, p. 21-33.

CALZAVARA, B. B. **Fruticultura tropical amazônica**. In: I SEMINÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Cruz das Almas, Bahia, 1968.

CARVALHO, J.E.U de; MÜLLER, C.H. Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. **Comunicado Técnico** 139. Belém: EMBRAPA, 2005.

CASTRO, A.A. e PAGANI, G.D. Secagem e composição química da cabeça de camarão (*Letopenaeus vannamei* Boone) a diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, 2004, p.123-129.

CHUNHIENG, T. et al. Detailed study of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*) oil micro-compounds: phospholipids, tocopherols and sterols. **Journal Brazil Chemistry Society**, v. 19, n. 7, 2008, p. 1374-1380.

CLEMENT, C.R.; PÉREZ, L.E.; LEEUWEN, J. VAN. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencias**, Montevideu, v. 9, n 1-2, 2005, p.67-71.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Méthode d'analyse communautaire à utiliser pour la détermination de la teneur en acid érucique, en ce qui concerne les graines prises en charge par les organismes d'intervention. **Journal Offic. Commun. Eur.** L12:12-18. 1977.

DEL VALLE, J.M.; MENA, C. e BUDINICH, M. Extraction of garlic with supercritical CO₂ and conventional organic solvents. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 25, n. 3, 2008, p. 535-542.

FAROMBI, E.O.; BRITTON, G. Antioxidant activity of palm oil carotenes in organic solution: e effects of structure and chemical reactivity. **Food Chemistry** v. 64, 1999, p.315-321.

FENNEMA, O.R; PARKIN,K.L; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 4ed. São Paulo: Artmed, 2010.

FERRÃO, J. E. M. **Fruticultura tropical: espécies frutos comestíveis**. v. 1. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 625p, 1999.

FERREIRA, S.A.N. e GENTIL, D.F.O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Revista Acta Amazônica** - v. 36, n.2, 2006, p.141-146.

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

FRANÇA, L.F de, REBER G.; MEIRELES, M.A.A.; MACHADO, N.T.; BRUNNER, G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. **Journal of Supercritical Fluids** v. 14, 1999, p.247–256.

FREITAS, C.O.; SILVA, M.M.; SILVA, I.Q.; RODRIGUES, A.M.C. **Características físicas da oleaginosa Tucumã** (*Astrocaryum vulgare*, Mart.). Belém: UFPA, 2006.

FREITAS, S. P. et al. Extração e fracionamento simultâneo do óleo de castanha-do-brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, supl., p. 14-17, ago. 2007.

FREITAS, L. S. et al. Extraction of grape seed oil using compressed carbon dioxide and propane: extraction yields and characterization of free glycerol compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**,v. 56, 2008, p.2558-2564.

GAMARRA, F.M.C. **Solubilidade de óleos e gorduras em dióxido de carbono supercrítico**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP: 2004.

GENTIL, D.F.O. e FERREIRA, S.A.N. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). **Revista Acta Amazônica** v. 35, n.3, 2005, p.337–342.

GUEDES, A.M.M. **Estudo da extração de óleo da polpa de tucumã por CO2 supercrítico** (Dissertação). Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, 2006.

GUNSTONE, F. D. **The chemistry of oils and fats: Sources, Composition, Properties and Uses**. CRC Press LLC, Boca Raton, FL – USA, 2000.

HAMM, W.H.; HAMILTON, R.J. **Edible oil processing**. CRC Press LLC. 2000.

HURST, W. J. **Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals**. Editado por W. J. Hurst. Capítulo 2 – Gary Dobson. CRC Press LLC, 2002.

HUNTERLAB. **Applications note: CIE L* a* b* color scale**. Vol. 8, n. 7. Virginia, 1996

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAMES, M. J.; GIBSON, J. R. A.; CLELAND, L. G. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 71, n. 1, 2000, p. 343-348.

JARDIM, M.A.G; MEDEIROS, T.D.S. Plantas oleaginosas do Estado do Pará: composição florística e usos medicinais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 87, n.4, 2006, p. 124–127.

KELLEY, D. S. Modulation of human immune and inflammatory responses by dietary fatty. **Nutrition**, v. 17, n. 7/8, 2001, p. 669-673.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações praticas**. Ed.Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2008.

LEAL, P.F. **Estudo comparativo entre os custos de manufatura e as propriedades funcionais de óleos voláteis obtidos por extração supercrítica e destilação por arraste a vapor**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP: 2008

LIMA, R. R.; COSTA, J. P. C. **Coleta de plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia brasileira: metodologias e expedições realizadas para coleta de germoplasma**. Belém: EMBRAPA-CPATU, (Documentos, 99), 1997, 148p.

LIMA, H.T. **Aplicação de resíduos agroindustriais (Borra de açaí e glicerol) na elaboração de biscoito tipo cookie** (Dissertação) Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, 2008.

MACÊDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 3ª Ed. – Belo Horizonte: MACÊDO, 2005, p. 495–506.

MACHADO, N.T. e BRUNNER, G. Separation of saturated and unsaturated fatty acids from palm fatty acids distillates in continuous multistage countercurrent columns

with supercritical carbon dioxide as solvent: a process design methodology. **Ciência e Tecnologia de Aliment.**, v. 17, n. 4, 1997.

MARKOM, M.; SINGH, H.; HASAN, M.; Supercritical CO₂ fractionation of crude palm oil. **Journal of Supercritical Fluids** v. 20, 2001, p. 45–53.

MEIRELES, M.A.A. Extração supercrítica de óleos essenciais de condimentos usando dióxido de carbono. **Boletim SBCTA**, v. 31, n.1, 1997, p. 9–14.

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

NASCIMENTO, J.F ; FERREIRA, E.J.L ; REGIANI, A.M. Parâmetros biométricos dos cachos, frutos e sementes da palmeira Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*, Meyer) no estado do Acre, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia 5, 2007. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Porto Alegre- RS, v.2, 2007, p. 1314-1318.

NELSON, D.L. e COX, M.M. Lehninger – **Princípios de bioquímica**. 3ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

O'BRIEN, R.D. **Fats and oils – Formulating and processing for applications**. Technomic Publishing Co., INC. – Lancaster, U.S.A.: 1998.

O'BRIEN, R.D. **Fats and Oils – Formulating and processing for applications**. 2 Ed. CRC – Press LLC. – Florida, U.S.A.: 2003.

OLIVEIRA, M. S. P. **Caracterização e avaliação preliminar de germoplasma de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) nas condições de Belém-PA**. Belém: EMBRAPA, 1998, p. 1-4.

OZKAL, S. G.; SALGIN, U.; YENER, M. E. Supercritical carbon dioxide extraction of hazelnut oil. **Journal of Food Engineering**, v. 69, 2005, p. 217-223.

PESCE, Celestino. Oleaginosas da Amazônia. Of. Graf. da **Revista da Veterinária**. Belém, PA: 1941.

POMPÉIA, C. Essencialidade dos ácidos graxos. In: CURI, R. et al. **Entendendo a gordura – os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. p. 27-32.

RAJAH, K.K. **Fats in food technology**. Boca Raton, FL, U.S.A.: CRC, 2000.

RODRIGUES, J.E.; ARAÚJO, M.E.; AZEVEDO, F.F.M.; MACHADO, N.T. Phase equilibrium measurements of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil in supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 34, 2005, p.223–229.

RUBIO-RODRÍGUEZ, N. et al. Supercritical fluid extraction of the omega-3 rich oil contained in hake (*Merluccius capensis–Merluccius paradoxus*) by-products: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 47, 2008, p. 215-226.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM K.; TAN Y. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research** v.39, 2000, p. 507 - 558.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Ilustrado por Silvia Cordeiro, Antônio Valente, Bee Gunn, Miguel Imbiriba, Fábio Strympl. Belém: CIFOR, **Imazon**, 2005, p. 209-222.

SILVA, F.P.T; LIBERAL, E.M.; PESSOA, F.L.P. Uso de fluido supercrítico na extração de produtos naturais. **Boletim SBCTA**, v. 31, n.1, 1997, p.48–61.

SILVA, L.C. da. Secagem de grãos. **Revista Grãos Brasil: da semente ao consumo**, Ano III, no XIV, Maio, 2004, p. 10 – 14.

SILVEIRA, C. S. et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de *Syagrus racea* e *Mauritia vinífera*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 5, 2005, p. 143-148.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas – revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, 2005, p.748-755.

TAN, C.H.; GHAZALI, H.M.; KUNTOM, A.; TAN, C.P.; ARIFFIN, A.A. Extraction and physicochemical properties of low free fatty acid crude palm oil. **Food Chemistry**, v. 10, 2008.

TEMELLI, F. Perspectives on supercritical fluid processing of fats and oils. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 47, 2009, p. 583-590.

TEIXEIRA, S. M. L. **Caracterização e aproveitamento do óleo da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) para elaboração de molho para salada.**

Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos. Manaus, 2009.

TURNER, C.; KING, J. W.; MATHIASSEN, L. Supercritical fluid extraction and chromatography for fat-soluble vitamin analysis. **Journal of Chromatography**, v. 936, 2001, p. 215-237.

TRUMBO, P. et al. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, n. 11, nov. 2002.

VISENTAINER, J. V. e FRANCO, M. R.B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras: Identificação e quantificação**. São Paulo: Varela, 2006.

YUYAMA, L. K. O. et al. Polpa e casca de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer): quais os constituintes nutricionais? **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 30, supl., 2005, p. 225.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A – Biometria de frutos de Tucumã do Amazonas



Biometria do Tucumã do Amazonas: Comprimento do fruto inteiro



Biometria do Tucumã do Amazonas: Diâmetro do fruto inteiro

APÊNDICE A – Biometria de frutos de Tucumã do Amazonas



Biometria do Tucumã do Amazonas: Espessura da casca



Biometria do Tucumã do Amazonas: Espessura da polpa

APÊNDICE A – Biometria de frutos de Tucumã do Amazonas



Biometria do Tucumã do Amazonas: Comprimento da semente



Biometria do Tucumã do Amazonas: Diâmetro da semente

APÊNDICE B – Biometria de frutos de Tucumã do Pará

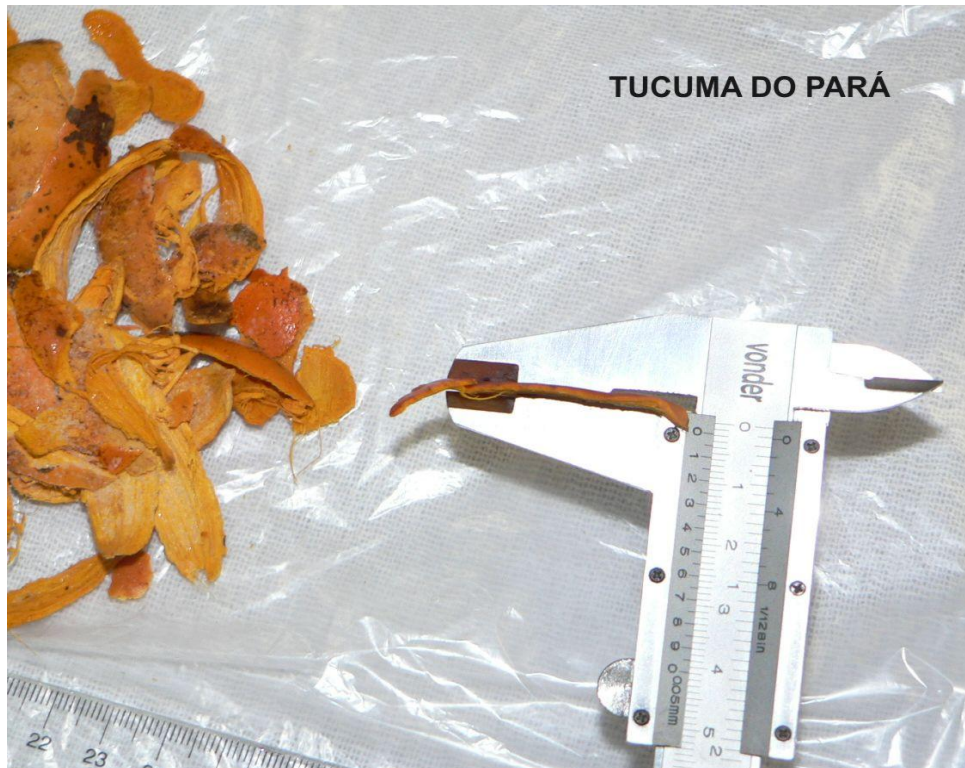


Biometria do Tucumã do Pará: Comprimento do fruto inteiro



Biometria do Tucumã do Pará: Diâmetro do fruto inteiro

APÊNDICE B – Biometria de frutos de Tucumã do Pará



Biometria do Tucumã do Pará: Espessura da casca



Biometria do Tucumã do Pará: Espessura da polpa

APÊNDICE B – Biometria de frutos de Tucumã do Pará



Biometria do Tucumã do Pará: Comprimento da semente



Biometria do Tucumã do Pará: Diâmetro da semente

APÊNDICE C – Análise estatística da composição centesimal da matéria-prima

Teor de Água

Tukey HSD test; variable Teor de Água (Umidade) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00041, df = 8,0000					
Cell No.	Partes Fruto	{1}	{2}	{3}	{4}
		,53110	,60730	,47283	,53100
1	Casca TA		0,007729	0,032282	1,000000
2	Polpa TA	0,007729		0,000372	0,007671
3	Casca TP	0,032282	0,000372		0,032552
4	Polpa TP	1,000000	0,007671	0,032552	

Teste de Tukey do teor de água para a casca e polpa de Tucumã do Amazonas (TA) e do Pará (TP)

Resíduo Mineral Fixo

Tukey HSD test; variable Cinzas (Cinzas) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05062, df = 8,0000					
Cell No.	Partes Fruto	{1}	{2}	{3}	{4}
		2,0462	1,6560	3,3554	2,4910
1	Casca TA		0,224524	0,000630	0,150111
2	Polpa TA	0,224524		0,000271	0,008287
3	Casca TP	0,000630	0,000271		0,006789
4	Polpa TP	0,150111	0,008287	0,006789	

Teste de Tukey da percentagem de cinzas para a casca e polpa de TA e do TP

Lipídeos Totais

Tukey HSD test; variable Lipídios (Lipídios) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,39437, df = 4,0000					
Cell No.	Partes Fruto	{1}	{2}	{3}	{4}
		22,237	39,583	15,930	37,253
1	Casca TA		0,000296	0,002093	0,000308
2	Polpa TA	0,000296		0,000291	0,067027
3	Casca TP	0,002093	0,000291		0,000292
4	Polpa TP	0,000308	0,067027	0,000292	

Teste de Tukey da percentagem de lipídeos para a casca e polpa TA e TP

APÊNDICE C – Análise estatística da composição centesimal da matéria-prima

Proteínas

Tukey HSD test; variable Proteínas (Proteínas) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02815, df = 4,0000					
Cell No.	Partes Fruto	{1}	{2}	{3}	{4}
		10,089	13,243	5,5540	7,2384
1	Casca TA		0,000394	0,000297	0,000459
2	Polpa TA	0,000394		0,000291	0,000291
3	Casca TP	0,000297	0,000291		0,002095
4	Polpa TP	0,000459	0,000291	0,002095	

Teste de Tukey para a análise de proteínas para a casca e polpa de TA e do TP

Fibra Bruta

Tukey HSD test; variable Fibra Bruta (Fibra Bruta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 29,744, df = 4,0000					
Cell No.	Partes Fruto	{1}	{2}	{3}	{4}
		29,500	35,000	28,940	22,425
1	Casca TA		0,754459	0,999565	0,609644
2	Polpa TA	0,754459		0,703063	0,239719
3	Casca TP	0,999565	0,703063		0,660943
4	Polpa TP	0,609644	0,239719	0,660943	

Teste de Tukey da percentagem de fibra bruta para a casca e polpa de TA e do TP

APÊNDICE D – Análise estatística da caracterização física e química dos óleos

Tukey HSD test; variable %_Água TA (Teor de Água SUPERCRÍTICO 40) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00131, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,16760	,03997	,87225	,13635	,08522
1	SOXHLET		0,010296	0,000176	0,822602	0,107784
2	PRENSA	0,010296		0,000176	0,052040	0,565845
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000176	0,000176		0,000176	0,000176
4	SUPERCRÍTICO 50	0,822602	0,052040	0,000176		0,458036
5	SUPERCRÍTICO 40	0,107784	0,565845	0,000176	0,458036	

Teste de Tukey para a avaliação do teor de água do óleo de TA

Tukey HSD test; variable %_Água TP (Teor de Água TP Extrações) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00073, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,71007	,20543	,10449	,15880	,19260
1	SOXHLET		0,000176	0,000176	0,000176	0,000176
2	PRENSA	0,000176		0,007194	0,286836	0,975029
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000176	0,007194		0,176795	0,017088
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000176	0,286836	0,176795		0,567456
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000176	0,975029	0,017088	0,567456	

Teste de Tukey para a avaliação do teor de água do óleo de TP

Tukey HSD test; variable %_Densidade TA Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00001, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,90947	,90857	,90807	,90503	,90833
1	SOXHLET		0,993944	0,968909	0,350749	0,985552
2	PRENSA	0,993944		0,999406	0,551673	0,999971
3	SUPERCRÍTICO 60	0,968909	0,999406		0,675949	0,999951
4	SUPERCRÍTICO 50	0,350749	0,551673	0,675949		0,609500
5	SUPERCRÍTICO 40	0,985552	0,999971	0,999951	0,609500	

Teste de Tukey para a avaliação da densidade do óleo de TA

Tukey HSD test; variable %_Densidade TP (Densidade TP Extrações) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00000, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,90460	,90847	,90907	,90920	,91007
1	SOXHLET		0,000494	0,000251	0,000230	0,000182
2	PRENSA	0,000494		0,827107	0,706737	0,106631
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000251	0,827107		0,999260	0,449343
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000230	0,706737	0,999260		0,575477
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000182	0,106631	0,449343	0,575477	

Teste de Tukey para a avaliação da densidade do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Viscosidade TA (Viscosidade TA Extrações) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00899, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		46,820	45,923	42,189	42,037	41,765
1	SOXHLET		0,000176	0,000176	0,000176	0,000176
2	PRENSA	0,000176		0,000176	0,000176	0,000176
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000176	0,000176		0,347281	0,002071
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000176	0,000176	0,347281		0,035685
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000176	0,000176	0,002071	0,035685	

Teste de Tukey para a avaliação da viscosidade cinemática do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Viscosidade TP (Viscosidade TP Extrações) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03582, df = 10,000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		45,846	46,343	46,096	45,756	44,187
1	SOXHLET		0,056444	0,519264	0,974461	0,000177
2	PRENSA	0,056444		0,531072	0,022863	0,000176
3	SUPERCRÍTICO 60	0,519264	0,531072		0,253741	0,000176
4	SUPERCRÍTICO 50	0,974461	0,022863	0,253741		0,000179
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000177	0,000176	0,000176	0,000179	

Teste de Tukey para a avaliação da viscosidade cinemática do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Acidez (Acidez TA Extrações) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19242, df = 9,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		4,4324	6,5287	20,808	20,286	19,133
1	SOXHLET		0,003788	0,000180	0,000180	0,000180
2	PRENSA	0,003788		0,000180	0,000180	0,000180
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000180	0,000180		0,610426	0,007841
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000180	0,000180	0,610426		0,061790
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000180	0,000180	0,007841	0,061790	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de acidez do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Acidez (Acidez TP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,03113, df = 9,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		3,3467	4,5084	6,4810	6,5201	6,3796
1	SOXHLET		0,000494	0,000180	0,000180	0,000180
2	PRENSA	0,000494		0,000180	0,000180	0,000180
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000180	0,000180		0,998601	0,950627
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000180	0,000180	0,998601		0,859858
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000180	0,000180	0,950627	0,859858	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de acidez do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Refração (Refração TA Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,00000, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,4712	1,4682	1,4697	1,4682	1,4678
1	SOXHLET		0,156557	0,637748	0,156557	0,096688
2	PRENSA	0,156557		0,637748	1,000000	0,986899
3	SUPERCRÍTICO 60	0,637748	0,637748		0,637748	0,418474
4	SUPERCRÍTICO 50	0,156557	1,000000	0,637748		0,986899
5	SUPERCRÍTICO 40	0,096688	0,986899	0,418474	0,986899	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de refração do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Refração (Refração TP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,00000, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,4692	1,4682	1,4652	1,4688	1,4687
1	SOXHLET		0,865106	0,060383	0,986415	0,983773
2	PRENSA	0,865106		0,156608	0,986415	0,988754
3	SUPERCRÍTICO 60	0,060383	0,156608		0,096262	0,098590
4	SUPERCRÍTICO 50	0,986415	0,986415	0,096262		1,000000
5	SUPERCRÍTICO 40	0,983773	0,988754	0,098590	1,000000	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de refração do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Peróxido (Peróxido TA Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,06315, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		3,8871	11,815	11,832	11,831	11,840
1	SOXHLET		0,000271	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000271		0,999992	0,999994	0,999968
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,999992		1,000000	1,000000
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,999994	1,000000		1,000000
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,999968	1,000000	1,000000	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de peróxido do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Peróxidos (Peróxido TP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,03067, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,2429	11,269	13,797	13,759	13,774
1	SOXHLET		0,000271	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000271		0,000362	0,000380	0,000368
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,000362		0,999360	0,999914
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,000380	0,999360		0,999983
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,000368	0,999914	0,999983	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de peróxido do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Saponificação (Saponificação TA Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,16388, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		186,40	193,61	196,29	196,14	196,15
1	SOXHLET		0,000285	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000285		0,006399	0,008183	0,008065
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,006399		0,994999	0,996024
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,008183	0,994999		1,000000
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,008065	0,996024	1,000000	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de saponificação do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Saponificação (SaponificaçãoTP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,02698, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		186,57	192,91	208,60	209,86	209,53
1	SOXHLET		0,000271	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000271		0,000271	0,000271	0,000271
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,000271		0,003331	0,012341
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,000271	0,003331		0,380722
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,000271	0,012341	0,380722	

Teste de Tukey para a avaliação do índice de saponificação do óleo de TP

Tukey HSD test; variable Ponto_Fusão (Ponto de Fusão TA Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,42500, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		17,500	17,500	16,250	17,500	16,500
1	SOXHLET		1,000000	0,412314	1,000000	0,585892
2	PRENSA	1,000000		0,412314	1,000000	0,585892
3	SUPERCRÍTICO 60	0,412314	0,412314		0,412314	0,993957
4	SUPERCRÍTICO 50	1,000000	1,000000	0,412314		0,585892
5	SUPERCRÍTICO 40	0,585892	0,585892	0,993957	0,585892	

Teste de Tukey para a avaliação do ponto de fusão do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Ponto_Fusão (Ponto de Fusão TP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,50000, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		19,500	20,500	24,500	24,500	24,500
1	SOXHLET		0,645817	0,004788	0,004788	0,004788
2	PRENSA	0,645817		0,012588	0,012588	0,012588
3	SUPERCRÍTICO 60	0,004788	0,012588		1,000000	1,000000
4	SUPERCRÍTICO 50	0,004788	0,012588	1,000000		1,000000
5	SUPERCRÍTICO 40	0,004788	0,012588	1,000000	1,000000	

Teste de Tukey para a avaliação do ponto de fusão do óleo de TP

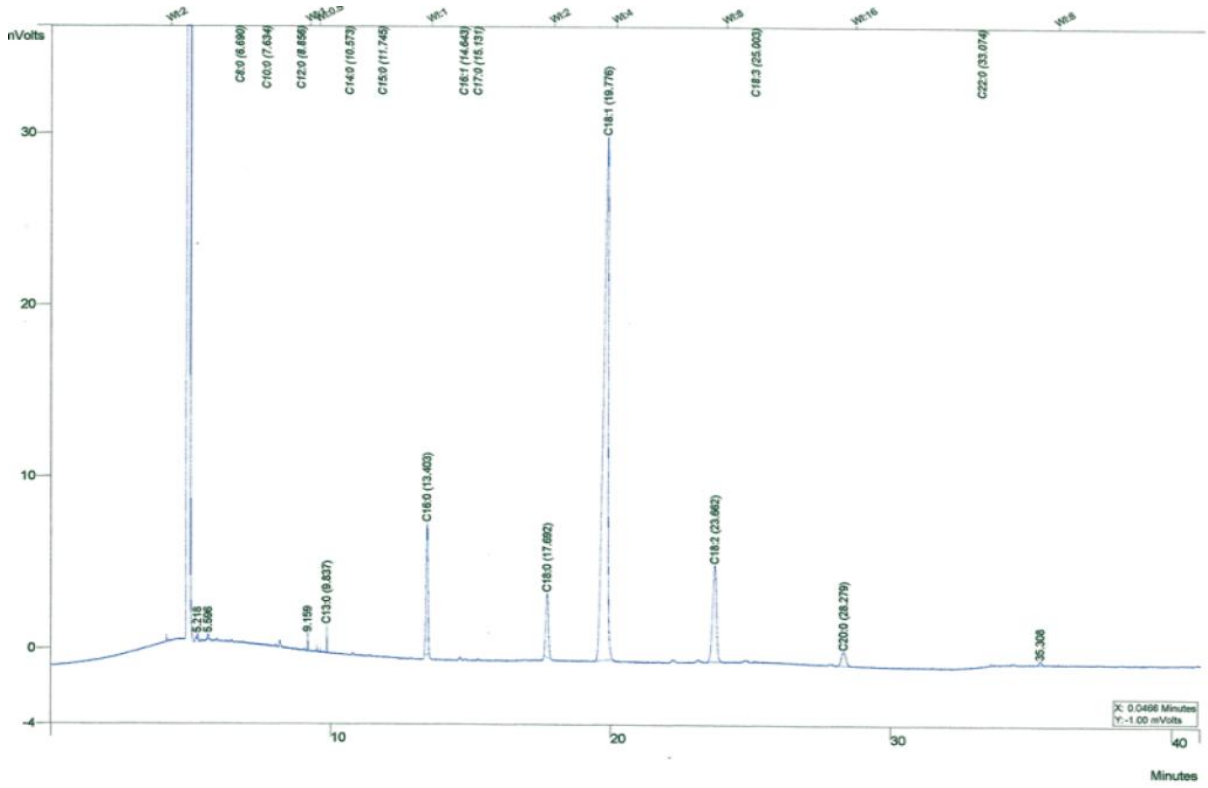
Tukey HSD test; variable Carotenóides (Carotenóides TA Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 53,135, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		466,18	343,46	177,57	167,03	176,48
1	SOXHLET		0,000295	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000295		0,000272	0,000271	0,000272
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,000272		0,630398	0,999853
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,000271	0,630398		0,705466
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,000272	0,999853	0,705466	

Teste de Tukey para a avaliação de carotenóides totais do óleo de TA

Tukey HSD test; variable Carotenóides (Carotenóides TP Extrações)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 26,245, df = 5,0000						
Cell No.	Met_Extração	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		889,98	806,68	258,66	191,95	404,31
1	SOXHLET		0,000304	0,000271	0,000271	0,000271
2	PRENSA	0,000304		0,000271	0,000271	0,000271
3	SUPERCRÍTICO 60	0,000271	0,000271		0,000454	0,000271
4	SUPERCRÍTICO 50	0,000271	0,000271	0,000454		0,000271
5	SUPERCRÍTICO 40	0,000271	0,000271	0,000271	0,000271	

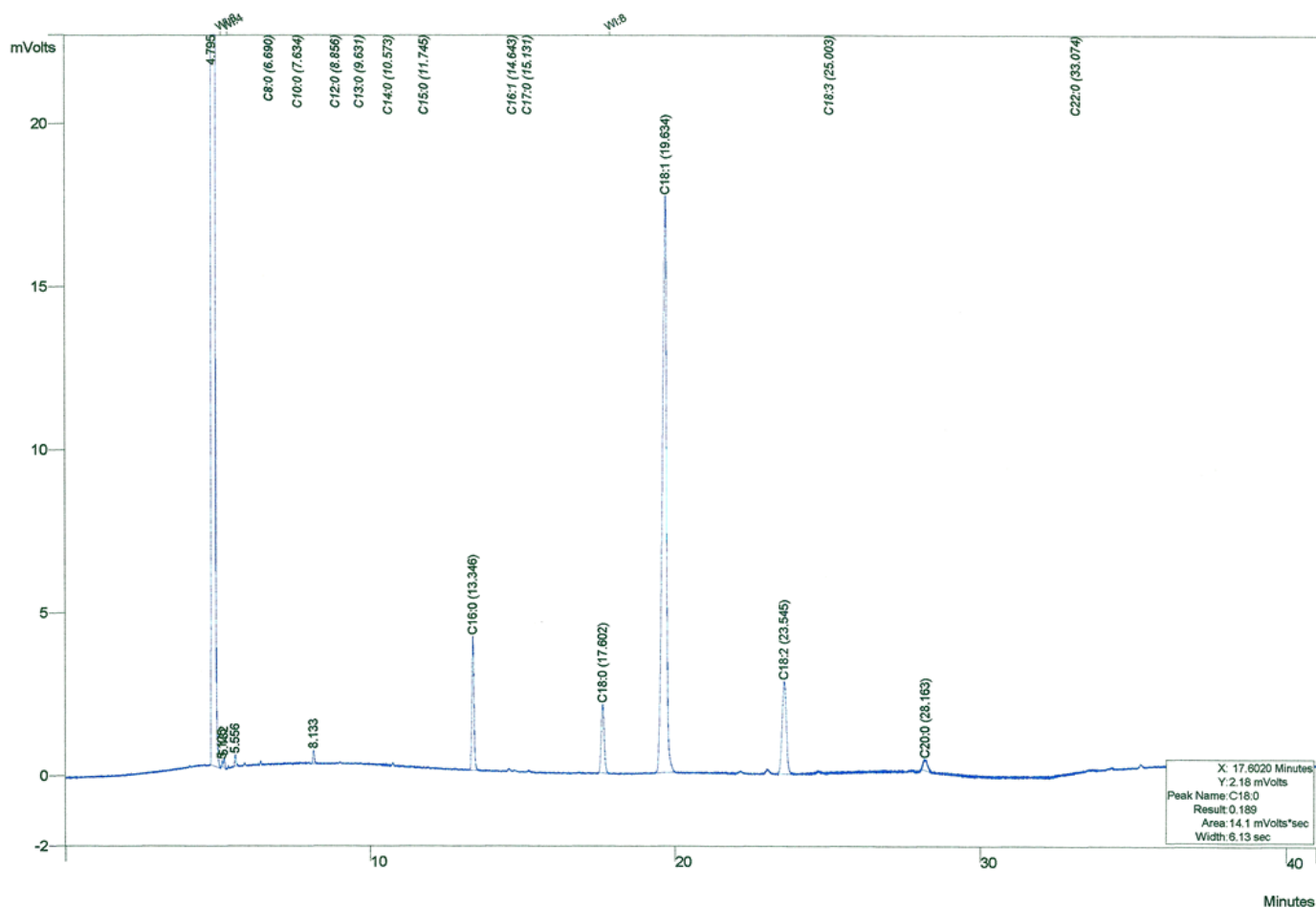
Teste de Tukey para a avaliação de carotenóides totais do óleo de TP

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



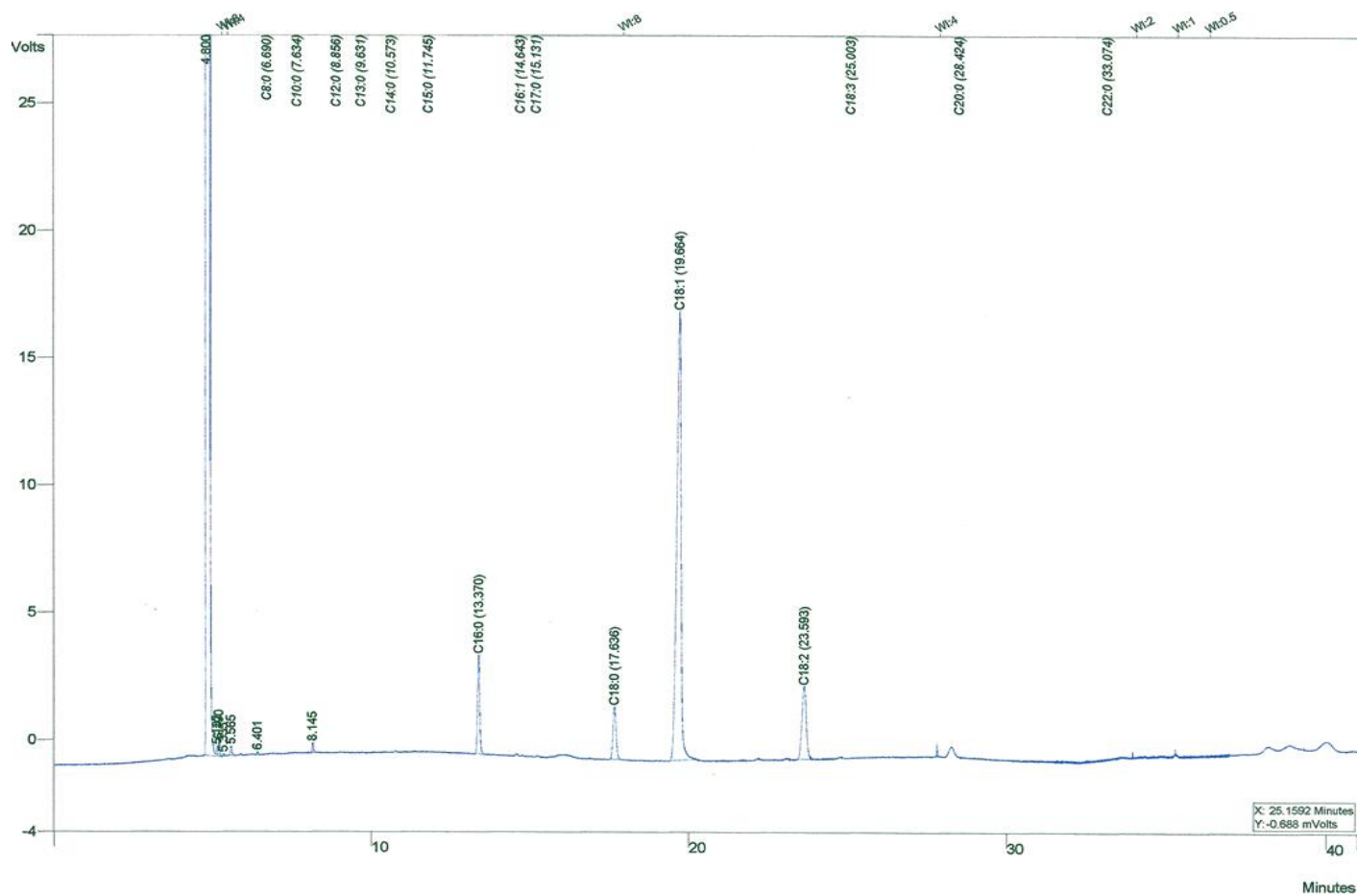
Cromatograma do óleo de tucumã do Amazonas da extração com solvente

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



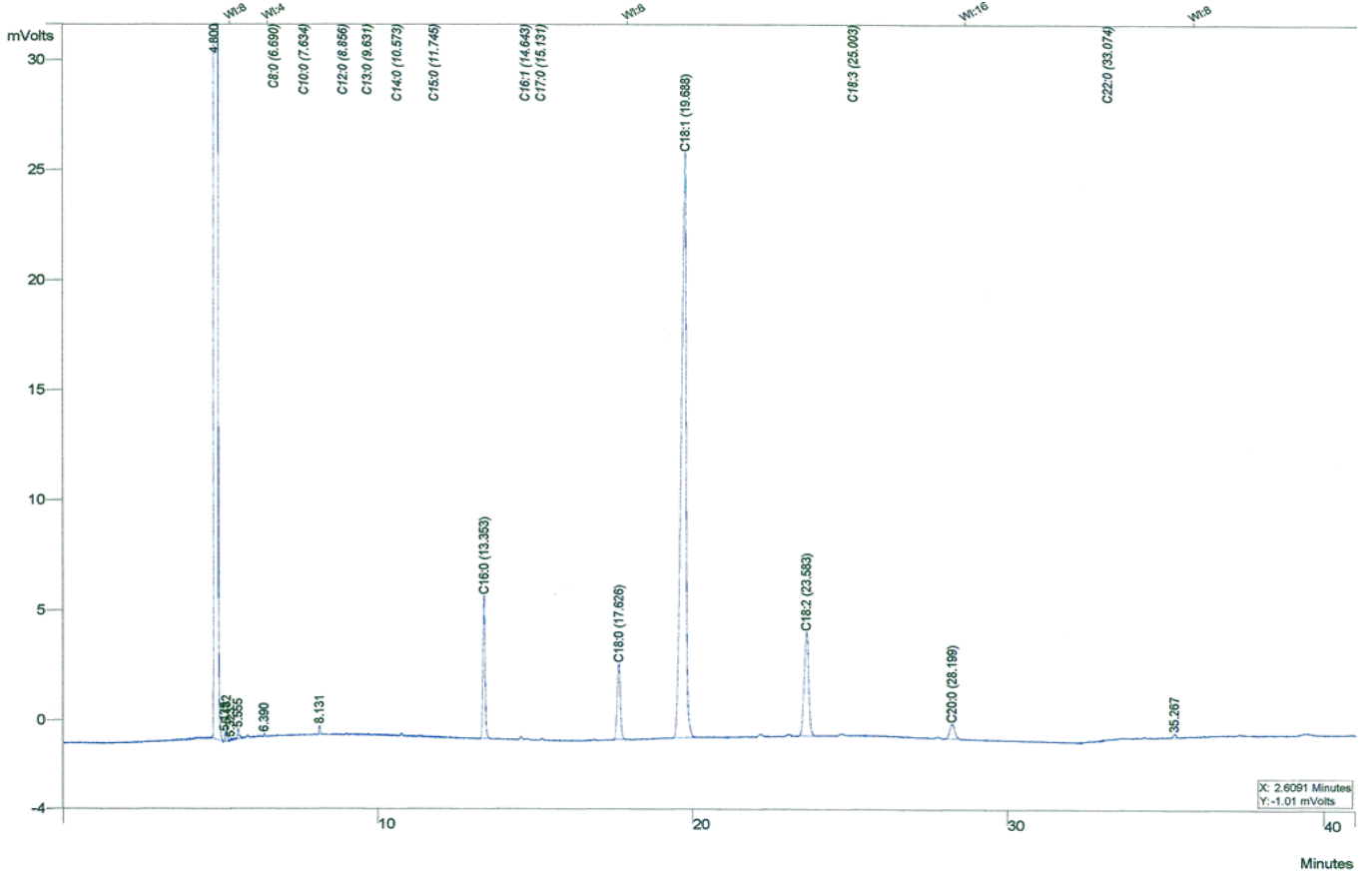
Cromatograma do óleo de tucumã do Amazonas da extração com prensa hidráulica

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



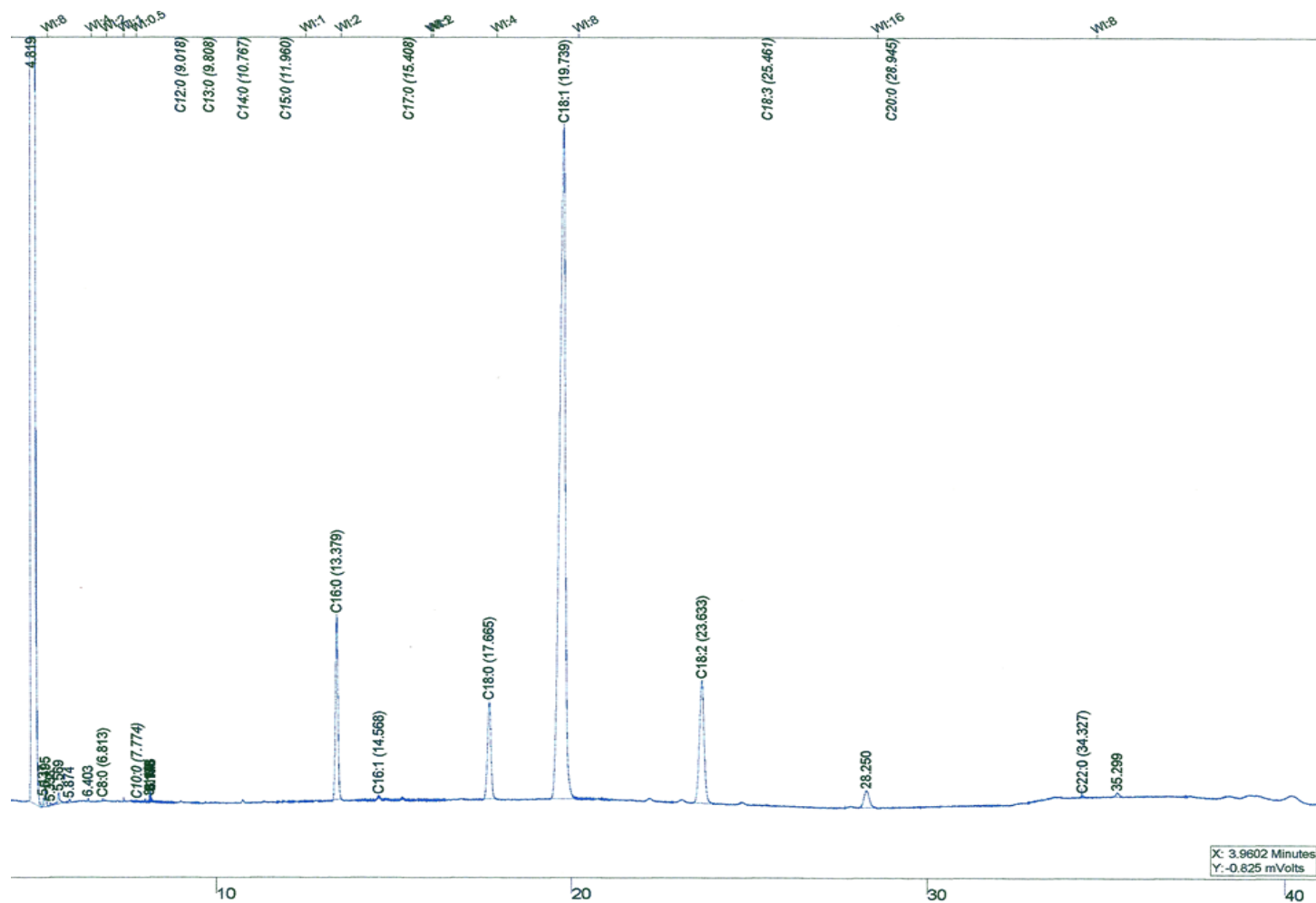
Cromatograma do óleo de tucumã do Amazonas da extração com CO₂ Supercrítico à 60 °C

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



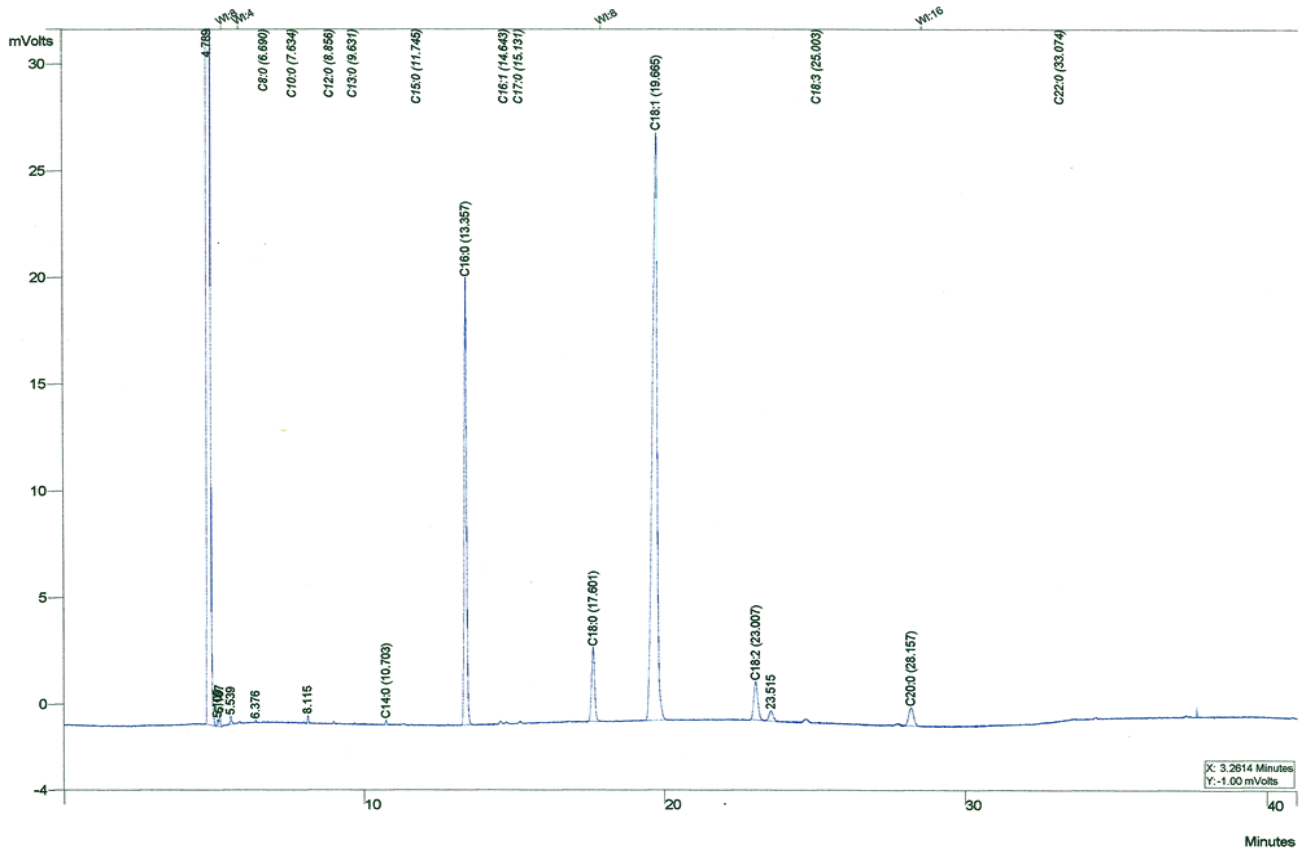
Cromatograma do óleo de tucumã do Amazonas da extração com CO₂ Supercrítico à 50 °C

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



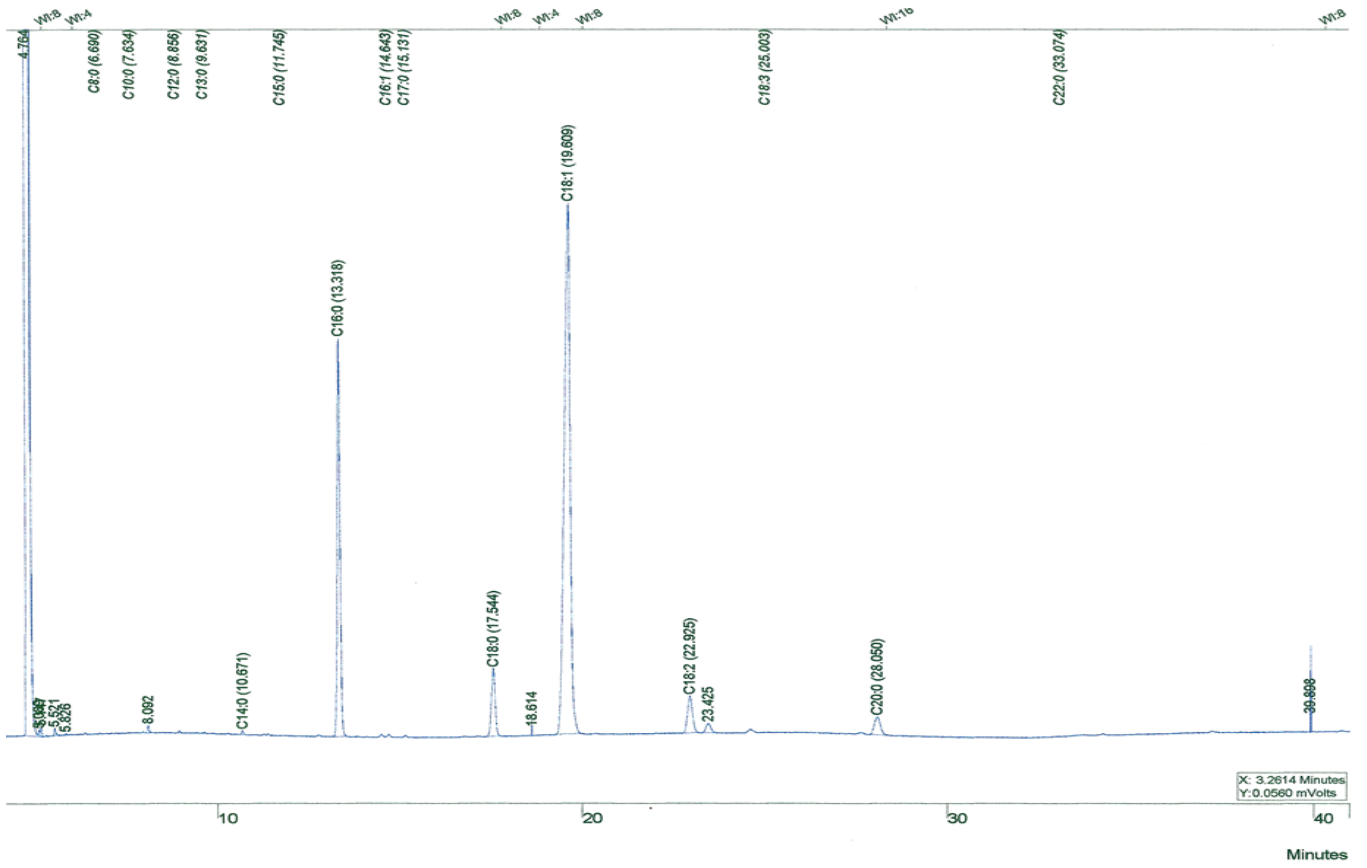
Cromatograma do óleo de tucumã do Amazonas da extração com CO₂ Supercrítico à 40 °C

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



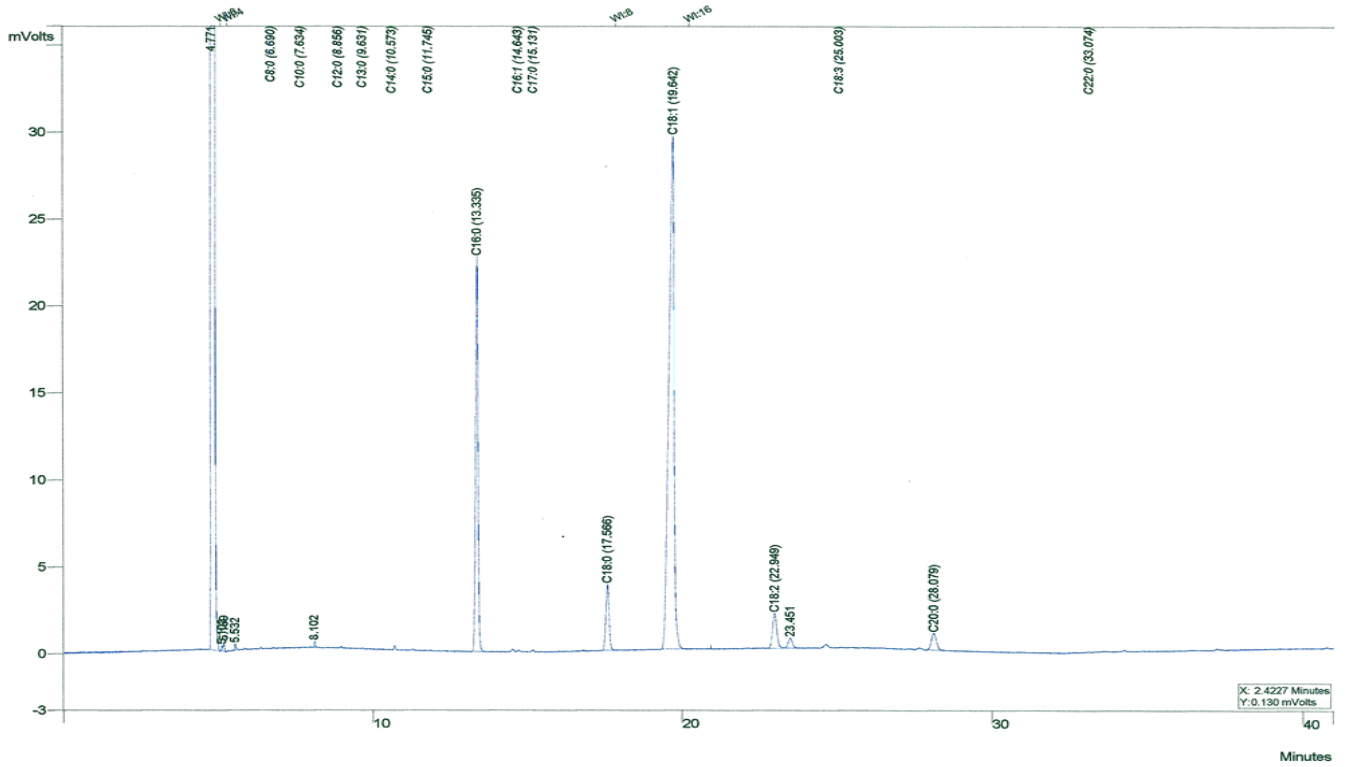
Cromatograma do óleo de tucumã do Pará da extração com solvente

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



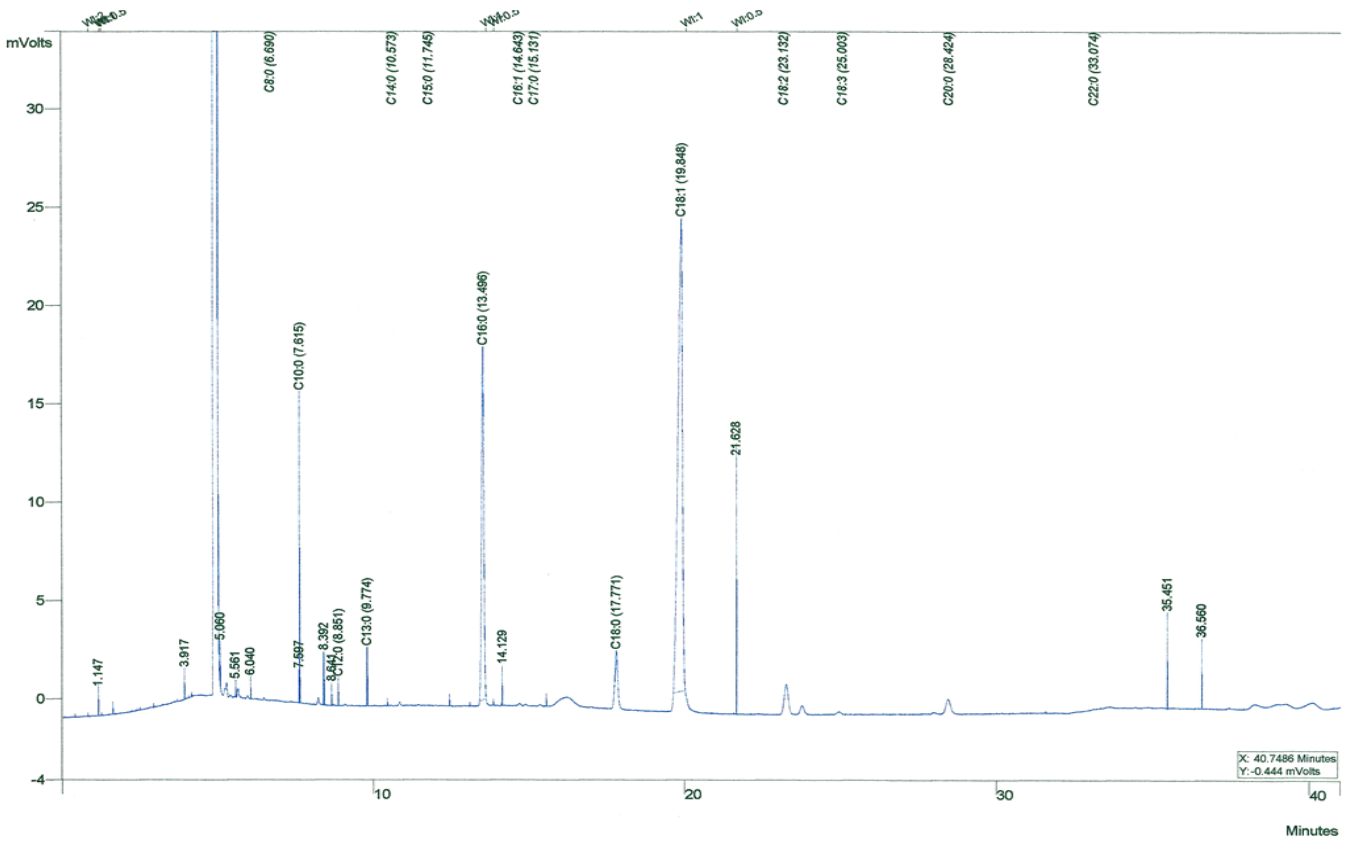
Cromatograma do óleo de tucumã do Pará da extração com prensa Hidráulica

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



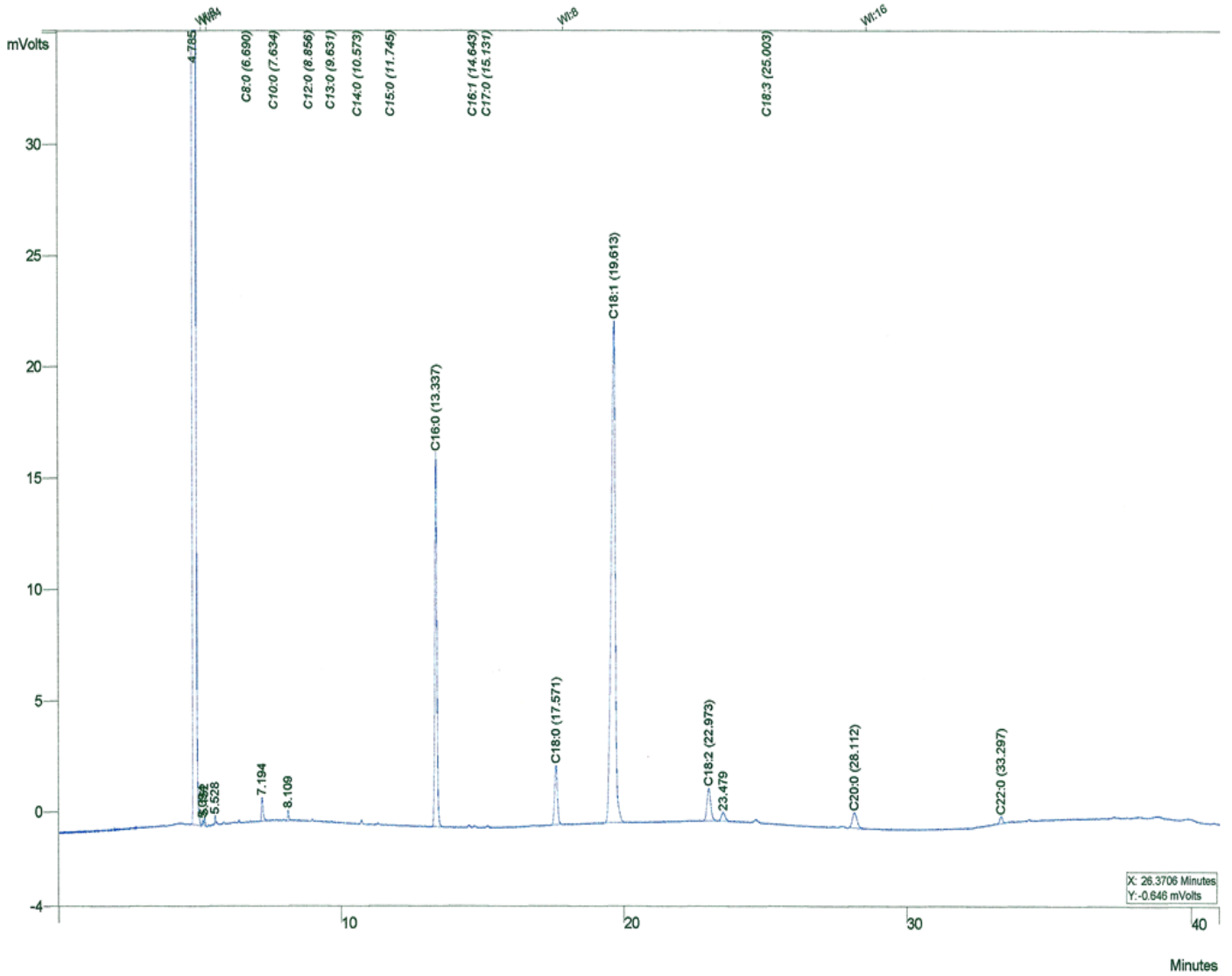
Cromatograma do óleo de tucumã do Pará da extração com CO₂ supercrítico à 60 °C

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



Cromatograma do óleo de tucumã do Pará da extração com CO₂ supercrítico à 50°C

APÊNDICE E – Cromatogramas da análise de perfil de ácidos graxos dos óleos



Cromatograma do óleo de tucumã do Pará da extração com CO₂ supercrítico à 40°C