

# CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO E DO FARELO DESENGORDURADO DA POLPA DE MACAÚBA OBTIDOS A PARTIR DA EXTRAÇÃO COM SOLVENTES ORGÂNICOS A BAIXA PRESSÃO

C. P. TRENTINI<sup>1</sup>, D. M. OLIVEIRA<sup>2</sup>, C. M. ZANETTE<sup>3</sup>, C. SILVA<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia de Alimentos

E-mail para contato: camiladasilva.eq@gmail.com

**RESUMO** – O presente trabalho teve como objetivo a extração do óleo da polpa de macaúba, bem como avaliar as características dos extratos e farelos obtidos. Para este fim, avaliou a influência do tipo de solvente, *n*-hexano, acetato de etila e isopropanol, no rendimento em óleo, perfil de ácidos graxos, teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides, bem como nas características físico-química e tecnológicas dos farelos desengordurados. Os resultados reportam maiores rendimentos em óleo (~27,5%) na utilização do isopropanol ( $p < 0,05$ ), sendo que os maiores teores em  $\beta$ -caroteno e flavonóides foram obtidos com este solvente. Na composição dos extratos predomina os ácidos graxos monoinsaturados e relata-se que o tipo de solvente não tem influencia significativa ( $p > 0,05$ ) no perfil de ácidos graxos. O farelo desengordurado apresenta maiores teores de proteína e fibras. A remoção do óleo favorece a capacidade de retenção de água e óleo e volume de intumescimento do farelo, no entanto, não tem influência na capacidade emulsificante.

## 1. INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresenta em sua composição óleo de alta qualidade, sendo considerada uma matriz oleaginosa com grande potencial para a produção sustentável de alimentos e biocombustíveis (Silva e Andrade, 2013). A macaúba apresenta melhores condições de rendimento em terras de cerrado, praticamente não sofre ataque de doenças e apresenta elevado teor de óleo (~30%) (Abreu *et al.*, 2011). A polpa da macaúba representa em torno de 45% da composição do fruto (Ramos *et al.*, 2008) e fornece um óleo com coloração amarelo-alaranjado, rico em compostos bioativos, e na composição de ácidos graxos, elevados teores de ácido oleico e palmítico (Hiane *et al.*, 2005; Ramos *et al.* 2008; Ciconini *et al.*, 2010; Amaral *et al.*, 2011; Coimbra e Jorge, 2011 a, b). Dentre os compostos bioativos, presente na polpa da macaúba destaca-se o  $\beta$ -caroteno, um poderoso antioxidante, que é um precursor da vitamina A no metabolismo humano e animal, e os flavonóides que pertencem ao grupo dos compostos fenólicos, destacando-se por sua atividade antioxidante e diversos efeitos biológicos (Prior e Cao, 2000; Huber e Rodriguez-Amaya, 2008). O óleo obtido na polpa da macaúba pode ser usado para diferentes fins industriais, tais como cosméticos, produtos farmacêuticos, alimentos e na produção de biocombustíveis (Amaral *et al.*, 2011; Coimbra e Jorge, 2011a, b; Ciconini *et al.*, 2013).

Entre os métodos para extração de óleo de sementes oleaginosas podemos citar a extração por prensagem, extração com solvente, extração com fluido supercrítico e extração assistida por ultrassom, sendo as duas primeiras consideradas como técnicas convencionais. Recentemente, estudos vêm sendo desenvolvidos como alternativas a estes métodos tradicionais utilizando

solventes aceitáveis na indústria de alimentos tais como: acetato de etila (Aquino *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2012; Tian *et al.*, 2013), etanol (Freitas *et al.*, 2007; Vatai *et al.*, 2009; Dutta *et al.*, 2014), isopropanol (Seth *et al.*, 2007; Dutta *et al.*, 2014; Ramluckan *et al.*, 2014) entre outros. Dentre as técnicas aplicadas utilizando tais solventes, os trabalhos de Oliveira *et al.* (2013a) e Oliveira *et al.* (2014) reportam a extração sólido-líquido, a baixa pressão, em equipamento de agitação orbital. Em relação à obtenção do óleo da polpa de macaúba, na literatura, reporta-se a utilização da extração por solvente orgânico em Soxhlet (Hiane *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2008; Coimbra e Jorge, 2011 a, b; Coimbra e Jorge, 2012; Ciconini *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013b) e prensagem (Silva e Andrade, 2013).

A obtenção do óleo de macaúba gera o farelo desengordurado como subproduto, o qual pode ser destinado à ração animal e utilizado em formulações alimentícias, como farinha desengordurada após a moagem e peneiramento. A remoção do óleo pode potencializar características tecnológicas do farelo devido ao aumento dos teores de proteína e fibras alimentares, podendo ser utilizado no enriquecimento proteico de produtos e a determinação destas características torna-se essencial a fim estabelecer o potencial de incorporação deste subproduto.

De acordo com o contexto descrito, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação de solventes para extração do óleo da polpa de macaúba a baixa pressão. Os experimentos foram conduzidos em equipamento de agitação orbital utilizando razão sólido:solvente de 1:8, mantendo a temperatura em 40°C, agitação em 40 rpm e tempo de extração em 4 horas. O rendimento em óleo, perfil de ácidos graxos, teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides, bem como as características físico-química e tecnológicas dos farelos desengordurados são reportadas.

## 2. MATÉRIAS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

Os frutos de Macaúba (*Acrocomia aculeata*) foram coletados na região do Cariri no Ceará. Os frutos foram higienizados e posteriormente realizou-se a separação das partes: casca, polpa (mesocarpo), endocarpo e amêndoa. A polpa foi submetida à secagem a 60°C por 8 h, sendo a umidade determinada em  $3,6 \pm 0,1\%$ . A polpa foi triturada utilizando um moinho elétrico (Marconi) e classificada usando peneiras da série Tyler (Bertel, ASTM) para produzir partículas com diâmetro médio de 0,5 mm. Para as extrações foram utilizados os solventes: acetato de etila (F Maia), *n*-hexano (F Maia) e isopropanol (JT Baker). Os padrões de heptadecanoato de metila (>99% de pureza) e  $\beta$ -caroteno (>99% de pureza) e derivatizante BF<sub>3</sub>-metanol foram obtidos da Sigma-Aldrich Chemical Co. Todos os solventes e reagentes utilizados neste estudo foram de grau analítico.

### 2.2. Procedimentos Experimentais

Extração sólido-líquido: A extração do óleo da polpa de macaúba foi realizada em agitador orbital (Marconi, MA 839/A), onde 5 g de polpa foram colocadas em Erlenmeyers com tampa de vidro (250 mL) juntamente com os solventes na razão 1:8 (massa de polpa:volume de solvente). A temperatura de extração foi de 40 °C, agitação de 100 rpm e tempo de 4 horas. Após o período de extração as amostras foram filtradas e o excesso de solvente, no filtrado, foi evaporado em rota evaporador (Marconi, MA120) e o remanescente mantido em estufa até peso constante. Os extratos foram armazenados sob refrigeração até a realização das análises, as quais foram realizadas em duplicata. O rendimento foi calculado como a razão entre a massa extraída de óleo e a massa de polpa utilizada.

Análises dos Extratos Obtidos: A concentração de  $\beta$ -caroteno nos extratos foi determinada em espectrofotômetro UV (Femto, 700 plus). As amostras foram preparadas em *n*-hexano e o teor de  $\beta$ -caroteno foi determinada em 450 nm. Soluções de  $\beta$ -caroteno (Sigma-Aldrich) foram preparadas em concentrações de 1,0 - 100,0 mg L<sup>-1</sup> para obter a curva de calibração com coeficiente de regressão (R) de 0,998. A análise dos flavonóides totais foi realizada de acordo com o procedimento reportado por Francis (1982). Em um balão de 50 mL, pesou-se 1 g de óleo, completou-se o volume do balão com etanol/HCl (1,5 mol L<sup>-1</sup>) e deixou-se a amostra descansar em local protegido da luz por 12 horas. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (Femto, 700plus) em 374 nm. Com a finalidade de determinar o perfil de ácidos graxos totais presentes nas amostras de óleo extraídas por cromatografia gasosa, foi realizada a derivatização do óleo com solução metanólica de BF<sub>3</sub> seguindo a metodologia padrão AOAC Ce 2-66 (Walker, 1990). Posteriormente, as análises foram conduzidas em cromatógrafo a gás acoplado a espectro de massa (Thermo-Finnigan), utilizando uma coluna capilar Agilent HP-5MS (30 m x 0,250 mm x 0,25  $\mu$ m) e as condições utilizadas foram: injeção de 0,4  $\mu$ L no modo split 1:10, temperatura inicial da coluna de 120 °C, mantida nesta temperatura por 5 minutos, aumentando para 180 °C à taxa de 15 °C min<sup>-1</sup> e para 240 °C à 5 °C min<sup>-1</sup>, permanecendo por 5 minutos. A vazão do gás de arraste, hélio, foi de 1 mL min<sup>-1</sup>. A identificação dos componentes presentes nas amostras foi realizada pelo programa Xcalibur® (Thermo Electron) e para a quantificação dos ácidos graxos totais, heptadecanoato de metila foi utilizado como padrão interno.

Caracterização do Farelo Desengordurado: As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com as metodologias da AOAC (2005). Para as análises tecnológicas, as amostras de farelo desengordurado foram secas em estufa à 60°C até peso constante e trituradas em moinho de facas tipo Willye Modelo SL-031. Após a moagem foram peneiradas e a fração classificada como farinha fina com 100 mesh foi destinada às análises. Foram realizadas as análises de volume de intumescimento (VI), índice de absorção de água (IAA) e índice de absorção de óleo (IAO) segundo metodologia proposta por Seibel (2006). A atividade emulsificante foi realizada conforme metodologia proposta por Dench *et al.* (1981).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Rendimento e Caracterização dos Extratos

Os resultados de rendimento em óleo utilizando diferentes solventes e teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides nos extratos obtidos são apresentados na Tabela 1. Os resultados obtidos demonstram maiores rendimento para a utilização do isopropanol e reporta-se que os rendimentos utilizando acetato de etila e *n*-hexano não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A extração do óleo pode ser atribuída à polaridade dos solventes, o acetato de etila apresenta maior polaridade, seguido pelo isopropanol e o *n*-hexano apresenta propriedades apolares (Takeuchi *et al.*, 2009; Ramluckan *et al.*, 2014). Os solventes com característica apolar, como o *n*-hexano, extraem seletivamente lipídios superficiais (Ramluckan *et al.*, 2014), já o isopropanol por ser um álcool pode apresentar características bipolares, apresentando rendimento superior em comparação a outros solventes, demonstrando-se adequado para extração de compostos bioativos (Almeida *et al.*, 2012) e da fração lipídica (Rodriguez-Solana *et al.*, 2014). Em outros trabalhos da literatura foi observado que o isopropanol proporcionou maior rendimento no processo de extração. Seth *et al.* (2007) realizaram a extração do óleo de flocos de soja comercial e relatam rendimentos de 84,2% e 77,8% utilizando como solvente o isopropanol e o *n*-hexano, respectivamente. Dutta *et al.* (2014) extraíram o óleo de sementes de *Crotalaria juncea* em Soxhlet e reportam que o isopropanol apresentou maior rendimento em óleo 11,34% quando comparado ao *n*-hexano 2,3%.

A polaridade não é a única o fator que afeta a eficiência de extração, sendo importante compreender as diferentes interações entre soluto e solvente (Almeida *et al.*, 2012). Tian *et al.* (2013) extraíram óleo da semente de romã com *n*-hexano, acetato de etila e isopropanol utilizando ultrassom a 40°C em 36 minutos. O *n*-hexano apresentou melhor rendimento em óleo (20,48 %) seguido pelo acetato de etila (20,04%) e isopropanol (18,56%). Pode ser observado na Tabela 1 que rendimentos em óleo entre 23 e 27,43% foram obtidos. Na literatura relatam-se teores de 18,7% a 29% de óleo na polpa de *Acrocomia aculeata*. Ciconini *et al.* (2013) e Oliveira *et al.* (2013b) utilizaram éter de petróleo na extração por Soxhlet, obtendo rendimento de 25,1% e 18,7% em óleo, respectivamente. Coimbra e Jorge (2012) utilizaram *n*-hexano na extração por Soxhlet e reportam 28,94% de óleo.

Tabela 1 – Resultados de rendimento em óleo e teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides na polpa e extratos obtidos com diferentes solventes. Médias seguidas pela mesma letra, não se diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

	Solvente			
	Polpa	Acetato de Etila	<i>n</i> -hexano	Isopropanol
<b>Rendimento (%)</b>	25,72 $\pm$ 0,02 <sup>1</sup>	22,97 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	23,39 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	27,43 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>
<b><math>\beta</math>-caroteno (mg 100 g<sup>-1</sup>)</b>	44,15 $\pm$ 0,06	305,49 $\pm$ 0,60 <sup>a</sup>	331,13 $\pm$ 0,47 <sup>b</sup>	345,46 $\pm$ 0,31 <sup>b</sup>
<b>Flavonóides (mg 100 g<sup>-1</sup>)</b>	16,40 $\pm$ 0,10	13,87 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	13,61 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	14,79 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Obtido pelo método de Soxhlet com éter de petróleo como solvente em refluxo por 8 horas.

Em relação aos teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides relatados na Tabela 1, verifica-se que o isopropanol forneceu um extrato com maiores concentrações de flavonóides, seguido do acetato de etila e *n*-hexano ( $p<0,05$ ). Os flavonóides são moléculas polares, sendo extraídas por solventes com maior polaridade (Huber e Rodriguez-Amaya, 2008), como o isopropanol. Em relação aos teores de  $\beta$ -caroteno, o isopropanol e *n*-hexano apresentaram maior eficiência na extração deste composto, sendo que não foi observada diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os solventes. Na literatura relata-se que o *n*-hexano é um bom solvente para o  $\beta$ -caroteno (Mustapa *et al.*, 2011; Jaime *et al.*, 2010; Sagani *et al.*, 2005). Os carotenóides em geral apresentam moléculas com características apolares (Temelli *et al.*, 2008), entretanto alcoóis podem apresentar características bipolares, dissolvendo com facilidade substâncias orgânicas apolares (Takeuchi *et al.*, 2009), desta forma, o  $\beta$ -caroteno pode ser adequadamente extraídos por solventes como o isopropanol (Mezzomo *et al.*, 2011). O acetato de etila apresentou menor rendimento na extração do  $\beta$ -caroteno, quando comparado aos demais solvente, no entanto, Três *et al.* (2007) reporta que o  $\beta$ -caroteno apresenta elevada solubilidade em acetato de etila.

A Tabela 2 apresenta o perfil de ácidos graxos dos extratos obtidos utilizando os diferentes solventes, onde verifica-se que, em geral, os teores não foram afetados ( $p>0,05$ ) pela natureza do solvente extrator. Conforme os resultados apresentados na Tabela 2 os extratos apresentaram elevados teores de ácido oleico (~60%) e ácido palmítico (~27%), e baixas concentrações do ácido linoleico (~6%) e linolênico (~3%). Alguns autores na literatura reportam resultados semelhantes para a composição do óleo de polpa da macaúba. Coimbra e Jorge (2011) obtiveram como principais ácidos graxos o ácido oleico (52,6%) e ácido palmítico (24,6%). Hiane *et al.* (2005) analisaram a composição do óleo de macaúba, obtendo predominância do ácido oleico (62,2%) e palmítico (18,5%) e teores de 4% do ácido linoleico. Amaral *et al.* (2011) reportam como principais ácidos graxos no óleo da polpa de macaúba o ácido oleico (69,07%), ácido palmítico (12,18%) e ácido linoléico (6,77%). A variação da composição do óleo da *Acrocomia aculeata* pode estar relacionada à variabilidade fenotípicas (Ciconini *et al.*, 2013), aspectos relacionados ao clima podem se manifestar na planta por meio de processos fisiológicos, provocando variações, na

produção e características do óleo. Os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados apresentaram valores similares aos reportados por Hiane *et al.* (2005) e Coimbra e Jorge (2011b).

Tabela 2 – Quantificação de ácidos graxos do óleo da polpa de macaúba obtidos com diferentes solventes. Médias seguidas pela mesma letra, não se diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

Solvente		Acetato de Etila	<i>n</i> -hexano	Isopropanol
Ácidos graxos <sup>1</sup>	Caprílico	0,275±0,03 <sup>a</sup>	0,136±0,01 <sup>b</sup>	0,095±0,01 <sup>b</sup>
	Cáprico	0,040±0,01 <sup>a</sup>	0,057±0,01 <sup>a</sup>	0,035±0,01 <sup>b</sup>
	Láurico	0,091±0,01 <sup>a</sup>	0,111±0,01 <sup>a</sup>	0,114±0,01 <sup>a</sup>
	Mirístico	0,220±0,01 <sup>a</sup>	0,184±0,02 <sup>a</sup>	0,183±0,01 <sup>a</sup>
	Palmítico	27,777±0,29 <sup>a</sup>	27,395±0,12 <sup>a</sup>	27,242±0,42 <sup>a</sup>
	Esteárico	1,809±0,29 <sup>a</sup>	1,804±0,14 <sup>a</sup>	2,488±0,46 <sup>a</sup>
	Oleico	61,034±0,48 <sup>a</sup>	61,157±0,15 <sup>a</sup>	60,169±0,51 <sup>a</sup>
	Linoléico	5,794±0,03 <sup>a</sup>	6,344±0,19 <sup>b</sup>	5,725±0,07 <sup>a</sup>
	Linolênico	2,961±0,11 <sup>ab</sup>	2,813±0,05 <sup>a</sup>	3,095±0,07 <sup>b</sup>
AGS <sup>2</sup>		30,212	29,687	30,157
AGM <sup>3</sup>		61,034	61,157	60,169
AGP <sup>4</sup>		8,755	9,157	8,820

<sup>1</sup> Resultados em g 100 g<sup>-1</sup> de óleo; <sup>2</sup> AGS – ácidos graxos saturados; <sup>3</sup> AGM – ácidos graxos monoinsaturados; <sup>4</sup> AGP – ácidos graxos poli-insaturados.

### 3.3. Caracterização do Farelo desengordurado

A caracterização físico-química da polpa (sem remoção do óleo) e dos farelos obtidos a partir da extração com os diferentes solventes é apresentada na Tabela 3. Pode se verificar que a remoção do óleo possibilita o aumento dos teores de proteína e fibras no farelo.

Tabela 3 – Características físico-químicas e cor da polpa de macaúba e farelo desengordurado (em base seca). Médias seguidas pela mesma letra, não se diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

	Polpa	Solventes		
		Acetato de Etila	<i>n</i> -hexano	Isopropanol
Cinzas	2,42±0,03 <sup>a</sup>	3,96±0,12 <sup>b</sup>	3,86±0,24 <sup>c</sup>	4,63±0,24 <sup>b</sup>
Fibra Bruta	8,76±0,50 <sup>a</sup>	12,74±0,14 <sup>b</sup>	11,41±0,15 <sup>c</sup>	9,89±0,39 <sup>a</sup>
Lipídios	26,31±0,02 <sup>1a</sup>	1,80±0,20 <sup>b</sup>	1,80±0,39 <sup>b</sup>	1,30±0,13 <sup>b</sup>
Proteína	3,79±0,07 <sup>a</sup>	6,58±0,04 <sup>a</sup>	6,71±0,03 <sup>a</sup>	6,65±0,06 <sup>a</sup>

A Tabela 4 apresenta as características tecnológicas da polpa (sem remoção do óleo) e dos farelos desengordurados com os diferentes solventes.

Tabela 4 – Características tecnológicas da polpa de macaúba e farelo desengordurado. Médias seguidas pela mesma letra, não se diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

	Polpa	Acetato de Etila	<i>n</i> -hexano	Isopropanol
Índice de absorção de água (g de água/g de matéria seca)	2,69±0,05 <sup>a</sup>	3,61±0,26 <sup>b</sup>	3,89±0,05 <sup>b</sup>	3,98±0,05 <sup>b</sup>
Índice de absorção de óleo (g de óleo/g de matéria seca)	2,25±0,39 <sup>a</sup>	2,86±0,03 <sup>a</sup>	2,88±0,05 <sup>a</sup>	3,01±0,24 <sup>a</sup>
Volume de Intumescimento (mL)	3,75±0,35 <sup>a</sup>	3,75±0,35 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	4,75 <sup>a</sup> ±0,35 <sup>a</sup>
Capacidade Emulsificante (%)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>



Pode ser observado que a remoção do óleo aumentou a capacidade de retenção de água dos farelos, porém quanto as demais características tecnológicas não foi verificada diferença. As propriedades de hidratação (IAA e VI) são importantes para utilização como ingredientes funcionais para evitar sinérese e modificar a viscosidade e textura de alimentos industrializados. Já a capacidade emulsificante e de retenção de óleo são características importantes que permitem a estabilização de produtos gordurosos e emulsificados. (Elleuch et al., 2011). Os resultados das características tecnológicas indicam que o farelo desengordurado da macaúba pode ser utilizado como um ingrediente funcional em alimentos.

#### 4. CONCLUSÃO

O isopropanol apresentou maior eficiência na extração do óleo da polpa de macaúba, obtendo os maiores teores de  $\beta$ -caroteno e flavonóides no extrato. O perfil de ácidos graxos dos extratos, em geral, não foram afetados ( $p>0,05$ ) pela natureza do solvente extrator, sendo os principais ácidos graxos, o ácido palmítico e o ácido oleico. O farelo desengordurado apresenta maiores teores de proteína e fibras. A remoção do óleo favorece a capacidade de retenção de água e óleo e volume de intumescimento do farelo, no entanto, não apresentou influência na capacidade emulsificante.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC – Association of official analytical chemist. Official methods of analysis. 16 th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005.
- ABREU, I. S.; CARVALHO, C. R.; CARVALHO, G. M.; MOTOIKE, S. Y. First karyotype, DNA C-value and AT/GC base composition of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) – a promising plant for biodiesel production. *Australian J. Botany*, v.59, p.149-155, 2011.
- ALMEIDA, P. P.; MEZZOMO, N.; FERREIRA, S. R. S. Extraction of *Mentha spicata* L. Volatile Compounds: Evaluation of Process Parameters and Extract Composition. *Food Bioproc. Technol.* v. 5, p.548–559, 2012.
- AMARAL, F. P.; BROETTO, F.; BATISTELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*acrocomia aculeata* (jacq) lodd. ex mart] coletada na região de Botucatu, SP. *Rev. Energ. Agric.*, v. 26, p. 12-20, 2011.
- AQUINO, L. P.; FERRUA, F. Q. BORGES, S. V.; CIRILLO, M. A.; VIEIRA, A. P. Influência do Pré-tratamento da Polpa de Pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) no Rendimento do Extrato Lipídico. *Alim. Nutr.*, v.20, p. 289-294, 2009.
- CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; MIRANDA C. H. B.; TAPETI, C. F.; MIYAHIRA, M. A. M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO, A. V.; COLNAGO, L. A.; NAKA M. H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Ind. Crops Prod.*, v.45, p. 208-214, 2013.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleraceas*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*). *J Sci Food Agric.*, v. 92, p. 679–684, 2012.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Research Internat.*, v. 44, p. 2139-2142, 2011a.

- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus lereacea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. *J. Food Sci.*, v.76, p. 1156-1161, 2011b.
- DENCH, J.E.; RIVAS, N.; CAYGILL, J.C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agri.*, v.32, p.557-564, 1981.
- DUTTA, R.; SARKAR, U.; MUKHERJEE, A. Extraction of oil from *Crotalaria Juncea* seeds in a modified Soxhlet apparatus: Physical and chemical characterization of a prospective bio-fuel. *Fuel*, v. 116, p. 794–802, 2014.
- ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem*, v.124, p.411-421, 2011.
- FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Pres, p.181-207, 1982.
- FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA I. C.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v. 27, p. 14-17, 2007.
- HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; MACEDO, M. L. R. Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. *Braz. J. Food Technol.*, v. 8, p. 256-259, 2005.
- HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonoids and flavones the Brazilian sources and factors that influence the composition in food. *Food Nutr.*, v.19, p. 97-108, 2008.
- JAIME, L.; RODRIGUEZ-MEIZOSO, I.; CIFUENTES, A.; SANTOYO, S.; SUAREZ, S.; IBANEZ, E.; SENORANS, F.J. Pressurized liquids as an alternative process to antioxidant carotenoids' extraction from *Haematococcus pluvialis* microalgae. *LWT - Food Sci. Technol.*, v. 43, p. 105–112, 2010.
- MEZZOMO, N.; MAESTRIA, B.; SANTOS, R. L.; MARASCHIN, M.; FERREIRA, S. R. S. Pink shrimp (*P. brasiliensis* and *P. paulensis*) residue: Influence of extraction method on carotenoid concentration. *Talanta*, v. 85, p. 1383–1391, 2011.
- MUSTAPA, A. N.; MANAN, Z. A.; AZIZI, C. Y. M.; SETIANTO, W. B.; OMAR, A. K. M. Extraction of b-carotenes from palm oil mesocarp using sub-critical R134a. *Food Chem.*, v.125, p. 262-267, 2011.
- OLIVEIRA, R.C.; BARROS, S.T.D.; GIMENES, M.L. The extraction of passion fruit oil with green solvents. *J. Food Eng.*, v. 117, pp.458-463, 2013a.
- OLIVEIRA, D. M.; COSTA, J. P.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Characterization of Grugru Palm Pulp for Food Applications. *J. Food Sci. Eng.*, v. 3, p.107-112, 2013b.
- OLIVEIRA, R.C.; GUEDES, T.A.; GIMENES, M.L.; BARROS, S.T.D. Effect of process variables on the oil extraction from passion fruit seeds by conventional and non-convention techniques. *Acta Scien. Tech.*, v. 36, p.87-91, 2014.
- PIETA, P. G. Flavonoids as Antioxidants. *J. Nat. Prod.*, v. 63, p. 1035-1042, 2000.
- PRIOR, R. L.; CAO, G. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables. Diet and health implication. *Horticult. Sci.*, v.35, p.588-592, 2000.

- RAMLUKAN, K.; MOODLEY, K. G.; BUX, F. An evaluation of the efficacy of using selected solvents for the extraction of lipids from algal biomass by the soxhlet extraction method. *Fuel*, v. 116, p. 103–108, 2014.
- RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. A. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v. 28, p. 90-94, 2008.
- RODRÍGUEZ-SOLANA, R.; SALGADO, J. M.; DOMÍNGUEZ, J. M.; CORTÉS-DIÉGUEZ, S. Characterization of fennel extracts and quantification of estragole: Optimization and comparison of accelerated solvent extraction and Soxhlet techniques. *Ind. Crops Prod.*, v. 52, p. 528– 536, 2014.
- SANAGI, M. M.; SEE, H. H.; IBRAHIM, W. A. W.; NAIM, A. A. Determination of carotene, tocopherols and tocotrienols in residue oil from palm pressed fiber using ressurized liquid extraction-normal phase liquid chromatography. *Anal. Chim. Acta*, v. 538, p. 71–76, 2005.
- SANJINEZ-ARGANDOÑA, L. J.; CHUBA, C. A. M. caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd . *Rev. Bras. Frutic.*, v. 33, n. 3, p. 1023-1028, 2011.
- SEIBEL, N. F. *Caracterização, Fracionamento e Hidrólise Enzimática dos Componentes do Resíduo do Processamento da Soja [Glycine Max (L.) Merrill], Fibras dos Cotilédones*. Universidade Estadual de Londrina, 2006.
- SETH, S.; AGRAWALA, Y. C.; GHOSHB, P. K.; JAYASB, D. S.; SINGH, B. P. N. Oil extraction rates of soya bean using isopropyl alcohol as solvent. *Biosyst. Eng.*, v. 97, p. 209 – 217, 2007.
- SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of macauba palm tree. *J. Food Proc. Eng.*, v. 36., p. 134-145, 2013.
- TAKEUCHI, T. M; PEREIRA, C. G.; BRAGA, M. E. M.; MARÓSTICA, M. R. JR.; LEAL, P. F.; MEIRELES, M. A. A. Low-Pressure Solvent Extraction (Solid–Liquid Extraction, Microwave Assisted, and Ultrasound Assisted) from Condimentary Plants. In: Meireles, M. A. A. Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications. *CRC Press*, p. 137-218, 2009.
- TEPELLI, F.; SALDANA, M. D. A.; MOQUIN, P. H. L.; SUN, M. Supercritical Fluid Extraction of Specialty Oils. In: Martínez, J. L. Supercritical Fluid Extraction of Nutraceuticals and Bioactive Compounds. *CRC Press*, p. 51-102, 2008.
- TRÊS, M.V.; FRANCHESCHI, E.; BORGES, G.R.; CORAZZA, F.C.; OLIVEIRA, J.V.; CORAZZA, M.L. Influência da temperatura na solubilidade de b-caroteno em solventes orgânicos à pressão ambiente. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.27, p.737-748, 2007
- TIAN, Y.; XU, Z.; ZHENG, B.; LO, Y. M. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrason. Sonochem.*, v. 20, p. 202–208, 2013.
- VATAI, T.; SKERGET, M.; KNEZ, Z. Extraction of phenolic compounds from elder berry and different grape marc varieties using organic solvents and/or supercritical carbon dioxide. *J. Food Eng.*, v. 90, p., 246–254, 2006.
- WALKER, R. E. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society (Method AOCS Ce 2-66) (4th). Champaign: American Oil Chemists Society, 1990.