



Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba

Leirson Rodrigues SILVA^{1*}

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

* E-mail: rodriguesleirson@yahoo.com.br

Recebido em março/2017; Aceito em novembro/2017.

RESUMO: Andiroba (*Carapa guianensis* Aublet, *Meliaceae*) é uma planta nativa do Brasil, principalmente encontrada na região Norte. Esta tem sido reconhecida pelas suas propriedades fitoterápicas e medicinais, inclusive aos do óleo vegetal, mesmo assim ainda são necessários estudos mais aprofundados a respeito da caracterização pós-colheita do fruto. O objetivo deste estudo foi avaliar no óleo fixo extraído da semente de andiroba, as propriedades físico-químicas e o perfil dos ácidos graxos. O óleo fixo foi obtido sob prévia extração por prensagem a frio e caracterizado quanto a: ácidos graxos livres (%), índice de acidez (mg. NaOH/g⁻¹), índice de peróxidos (meq/1000g), índice de saponificação (mg. KOH/g⁻¹), índice de iodo (g. I₂/100g⁻¹), pH, polifenóis extraíveis totais (mg. 100g⁻¹), cor (L*, a*, b* e °Hue) e composição em ácidos graxos (%). Os resultados das propriedades físico-químicas demonstraram que estes se enquadram dentro dos padrões recomendados pelos órgãos regulamentadores de identidade e qualidade de óleos vegetais. Ao mesmo tempo, a análise cromatográfica apresentou como ácido graxo insaturado majoritário, o ácido oleico cujo valor foi de 42,71%. Além disso, o óleo apresentou o ácido palmítico (31,02%) como o principal ácido graxo saturado constituinte. Portanto, o óleo aqui estudado apresentou excelentes características de qualidade, assim como grande potencial químico-farmacológico.

Palavra-chave: *Carapa guianensis* Aublet, *Meliaceae*, qualidade, componentes funcionais, cromatografia.

Physico-chemical properties and profile of andiroba oil fatty acids

ABSTRACT: Andiroba (*Carapa guianensis* Aublet, *Meliaceae*) is a native plant of Brazil, mainly found in the North region. This has been recognized for its phytotherapeutic and medicinal properties, including those of vegetable oil, even though further studies on postharvest characterization of fruit are still required. The objective of this study was to evaluate the oil fixed extracted from the andiroba seed, the physicochemical properties and the profile of the fatty acids. The fixed oil was obtained under prior extraction by cold pressing and characterized as: free fatty acids (%), acid number (mg. NaOH/g⁻¹), peroxide index (meq/1000g), saponification index (mg. KOH/g⁻¹), iodine content (g. I₂/100g⁻¹), pH, total extractable polyphenols (mg. 100g⁻¹), color (L*, a*, b* and °Hue) and fatty acid composition (%). The results of the physico-chemical properties have shown that these are within the standards recommended by the regulating organs of identity and quality of vegetable oils. At the same time, the chromatographic analysis presented as the majority unsaturated fatty acid, the oleic acid whose value was 42,71%. In addition, the oil had palmitic acid (31,02%) as the main constituent saturated fatty acid. Therefore, the oil studied here presented excellent quality characteristics, as well as great chemical-pharmacological potential.

Keywords: *Carapa guianensis* Aublet, *Meliaceae*, quality, functional components, chromatography.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior diversidade genética vegetal do mundo e a região Norte tem sido reconhecida como uma das mais importantes, sendo constituída por milhares de espécies vegetais de enorme valor econômico e social. Vale ainda ressaltar que estas espécies tem grande potencial quando retratados os seus componentes medicinais e funcionais, os quais constituem importantes ferramentas de estudo e na agregação de valor aos recursos naturais (NOGUEIRA et al., 2010). A andiroba (*Carapa guianensis* Aublet) é uma árvore da família *Meliaceae*, muito encontrada na região Norte do país, principalmente na Amazônia (TAPPIN et al., 2008). Destaca-se como de grande porte, podendo atingir até cerca de 30m, possuindo frutos redondos,

folhas grandes e escuras, flores de coloração branca e sementes grandes e angulares (ORELLANA et al., 2004).

O óleo da andiroba tem uma longa história medicinal e fitoterápica, principalmente na América do Sul (MIRANDA-JÚNIOR et al., 2012). Estima-se que o Brasil consuma cerca de 30 mil litros de óleo por ano e exporta anualmente, em média, 450 mil litros desse óleo (NEVES et al., 2004). Em Manaus, Brasil, o óleo tem importante participação na economia regional e continua sendo muito apreciado, em especial na medicina popular, devido as suas características de qualidade e potencial químico, o que garante retorno econômico para as comunidades locais (CAMPOS et al., 2013).

O óleo extraído da semente é composto normalmente por triglicerídeos e composição especial em ácidos graxos. A

atividade biológica do óleo da andiroba está relacionada à presença de limonoides, fitoquímicos comumente encontrados em plantas da família *Meliaceae*. Estes limonoides são abundantes e representam de 2 a 5% do teor de óleo (SILVA et al., 2009). O óleo de andiroba tem características peculiares, que desperta o interesse de pesquisas em diversas aplicações de forma in natura. Algumas propriedades fitoterápicas têm sido bem documentadas ao longo dos anos de estudo, como a antialérgica (PENIDO et al., 2005), anti-inflamatória (COSTA-SILVA et al., 2008) e antiplasmódica (MIRANDA-JÚNIOR et al., 2012), entre outras.

No cenário mundial, há forte demanda comercial por óleos vegetais ricos em compostos com propriedades funcionais e terapêuticas, destacando principalmente a ação antioxidante destes produtos. Estes óleos são de grande interesse de uso dos consumidores, principalmente pela redução do risco de enfermidades e por este possuir alta concentração de compostos químicos que atuam como promotores da saúde, inibindo a peroxidação lipídica (HUANG; OU; PRIOR, 2005). Entre eles, podemos incluir os tocoferóis, tocotrienóis, carotenoides, compostos fenólicos e composição especial em ácidos graxos, como alto conteúdo em mono e poli-insaturados. Nos últimos anos, pesquisas também têm sido realizadas com novas fontes de óleos vegetais que atendam a essas recomendações de composição (SOUSA et al., 2007; RASHID et al., 2008; ASIF, 2011).

Apesar do óleo de andiroba ser bem relatado na medicina popular, poucos são os trabalhos experimentais relacionados ao amplo espectro de ação, eficácia e atividade biológica. É importante também destacar, a crescente busca por fontes naturais de compostos bioativos presentes em espécies vegetais, dos quais muitos ainda não foram suficientemente estudados, como os polifenóis, além da procura por matérias-primas com potenciais ainda pouco exploradas. Portanto, considera-se que um estudo relacionado à valorização do óleo de andiroba como fonte potencial de constituintes bioativos e funcionais é de suma importância, podendo contribuir para o conhecimento mais completo da composição dessa espécie, gerando assim novas alternativas de aproveitamento pela comunidade e/ou indústria.

Os óleos vegetais geralmente são extraídos de diversas fontes naturais, ressaltando os frutos (polpas, cascas e sementes). Mediante ao exposto, objetivou-se avaliar neste estudo, o óleo fixo extraído a partir da semente de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet), visando identificar as propriedades físico-químicas e o perfil dos ácidos graxos, para a melhor utilização do óleo vegetal quando destinado para fins medicinais e industriais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e preparação da amostra

Os frutos foram colhidos em Manaus-AM, cujas coordenadas geográficas foram: Latitude: 3°06'06"S; Longitude: 60°01'29"O; Altitude: 20m, em 2016. Utilizou-se 20 frutos que foram processados por meio de método físico de extração a frio por prensa hidráulica TECNAL, Modelo TE-098, em temperatura ambiente, com pressão inicial de três toneladas e final de 12 toneladas. Depois, as amostras foram acondicionadas em recipiente de vidro âmbar, inertizadas com nitrogênio gasoso e armazenadas à refrigeração (-20°C), para posteriores análises. As amostras para o estudo tinham coloração específica, odor característico

e aparência líquida oleosa. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Alimentos e Planta Piloto, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ.

2.2. Análises

2.2.1. Determinação das propriedades físico-químicas

A caracterização das amostras foi realizada mediante as seguintes propriedades físico-químicas: ácidos graxos livres, expressos como ácido oleico (%) e índice de acidez em mg. NaOH/g⁻¹, pelo método Cd 3d-63 da AOCS (2009); Índice de peróxidos, conforme método Cd 8b-90 proposto pela AOCS (2009); Índice de saponificação, segundo método Cd 3c-91 AOCS (2009) e Índice de iodo, determinado pelo método Cd 1-25 AOCS (2009).

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado, por meio de um potenciômetro digital, modelo pH Meter w3b (AOAC, 2016). Os polifenóis extraíveis totais foram determinados conforme descrito pelo método de Larrauri et al. (1997). Foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 770nm e o resultado expresso em mg. 100g⁻¹ de óleo.

2.2.2. Cor

A coloração das amostras foi avaliada por reflectância em colorímetro da marca MINOLTA®, modelo CR-300, com fonte de luz D 65 e 8mm de abertura no padrão C.I.E (*Commission Internationale de L'Eclairage*).

O sistema de leitura utilizado foi o espaço de cor CIELAB (L*a*b*), representado pelos seguintes parâmetros de intensidade de coloração: L* (luminosidade ou claridade), coordenada a* (componentes de intensidade verde-vermelho) e coordenada b* (componentes de intensidade azul-amarelo) obtidas diretamente do colorímetro e utilizadas para o cálculo da tonalidade cromática ($H^* = \arctan \frac{b^*}{a^*}$). Para H*, o 0 representa vermelho puro; o 90, o amarelo puro; o 180, o verde puro e o 265, o azul puro (MCGUIRE, 1992).

2.2.3. Perfil dos ácidos graxos

Os perfis dos ácidos graxos do óleo da semente de andiroba foram determinados por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009).

Na determinação dos principais ácidos graxos do óleo da semente de andiroba utilizou-se um cromatógrafo a gás Shimadzu CG 14A, equipado com detector de ionização de chama, acoplado a um integrador e registrador processador Shimadzu CR4A Chromatopach. Foi usada uma coluna capilar Carbowax de 50m de composição, com diâmetro interno de 0,22mm de sílica fundida, com espessura do filme de 0,25mm. O fluxo do gás de arraste (H₂) foi de 0,5kg/cm². A temperatura do injetor foi de 220°C, a do detector de 230°C e da coluna de 190°C isotérmica, durante 60 segundos, seguida de elevação na razão de 2°C/minutos até atingir a temperatura máxima de 220°C, permanecendo nesta temperatura por 35 minutos.

A identificação dos principais ácidos graxos presentes no óleo da semente de andiroba foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os dos padrões conhecidos de ácidos graxos metilados (SIGMA) e a quantificação, por cálculo das áreas dos picos, sendo os resultados médios expressos em %.

2.2.4. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva, com obtenção dos valores médios e o erro padrão do óleo da semente de andiroba. As análises foram realizadas em triplicata (BANZATTO e KRONKA, 2006).

3. RESULTADOS

3.1. Determinação das propriedades físico-químicas

A análise mostrou que o óleo extraído da semente de andiroba apresenta teor médio de ácidos graxos livres de 2,43%, índice de acidez de 3,89mg. NaOH/g⁻¹, índice de peróxidos de 1,96meq/1000g, índice de saponificação de 238,84mg. KOH/g⁻¹, índice de iodo de 89,77g. I₂/100g⁻¹, pH de 4,45 e polifenóis extraíveis totais de 114,95mg. 100g⁻¹ (Tabela 1).

3.2. Cor

A análise mostrou que o óleo extraído da semente de andiroba apresenta valor médio de L* de 45,28, a* de 0,89, b* de 2,40 e °Hue de 117,96 (Tabela 2).

3.3. Perfil dos ácidos graxos

A análise mostrou que os principais ácidos graxos identificados no óleo da semente de andiroba foram: Ácido palmítico (31,02%), ácido esteárico (10,53%), ácido oleico (42,71%), ácido linoleico (12,93%), ácido araquidônico (2,26) e ácido behênico (0,55). Foi possível observar total de ácidos graxos saturados de 44,26% e insaturados de 55,64% (Tabela 3 e Figura 1).

4. DISCUSSÃO

4.1. Determinação das propriedades físico-químicas

A determinação de parâmetros como os ácidos graxos livres e o índice de acidez se faz necessário visto fornecer dados importantes a respeito da ocorrência de hidrólise e oxidação nos óleos vegetais. O índice de acidez corresponde à quantidade em mg de NaOH necessária para neutralizar os ácidos graxos livres em gramas de amostras. A porcentagem de ácidos graxos livres presentes no óleo fixo da semente de andiroba ficou bem abaixo do valor médio inferior ao estabelecido como referência pela Anvisa, que é de 5% para óleos vegetais brutos e refinados citando, por exemplo, os óleos de milho e coco (BRASIL, 2005). Na caracterização de óleos brutos e refinados, o Codex Alimentarius Commission (2009) avalia como parâmetro de qualidade, acidez máxima em torno de 4,0mg. KOH/g⁻¹. A análise no óleo fixo da semente de andiroba do presente estudo apresentou valor dentro do que é permitido e estabelecido para óleos brutos e refinados, enfatizando sua qualidade. Em óleos extraídos de sementes de andiroba, Alves et al. (2015) obtiveram valores de índice de acidez de 3,45mg. NaOH/g⁻¹, valor este semelhante aos resultados observados neste estudo, indicando um bom grau de qualidade deste óleo. Os índices reduzidos de acidez também evidenciam a potencialidade do óleo na indústria de cosméticos. De acordo com Angelucci et al. (1987), o aumento da acidez de um óleo bruto aumenta a perda da neutralização, podendo ser também indicador de sementes de baixas qualidades, de manuseio e armazenamento impróprios ou de um processamento satisfatório.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do óleo da semente de andiroba.

Table 1. Physico-chemical characteristics of andiroba seed oil.

Características	*Valores
Ácidos graxos livres	2,43±0,30
Índice de acidez	3,89±0,60
Índice de peróxidos	1,96±0,39
Índice de saponificação	238,84±0,13
Índice de iodo	89,77±0,58
pH	4,45±0,01
Polifenóis extraíveis totais	114,95±0,05

Ácidos graxos livres (% de ácido oleico); Índice de acidez (mg. NaOH/g⁻¹); Índice de peróxidos (meq/1000g); Índice de saponificação (mg. KOH/g⁻¹); Índice de iodo (g. I₂/100g⁻¹), pH e polifenóis extraíveis totais (mg. 100g⁻¹). *Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata.

Tabela 2. Cor do óleo da semente de andiroba.

Table 2. Color of andiroba seed oil.

Colorimetria	*Valores
L*	45,28±0,59
a*	0,89±0,40
b*	2,40±0,47
°Hue	117,96±0,01

L* (luminosidade), a* (componentes verde-vermelho) e b* (azul-amarelo) e °Hue (tonalidade cromática). *Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata.

Tabela 3. Perfil dos ácidos graxos do óleo da semente de andiroba.

Table 3. Profile of fatty acids of andiroba seed oil.

Ácidos graxos	*Composição (%)
Ácido palmítico	31,02±0,01
Ácido esteárico	10,53±0,06
Ácido oleico	42,71±0,02
Ácido linoleico	12,93±0,06
Ácido araquidônico	2,26±0,03
Ácido behênico	0,55±0,05
AGS	44,36
AGM	42,71
AGP	12,93

Ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2), ácido araquidônico (C20:0), ácido behênico (C22:0), ácidos graxos saturados (total), ácidos graxos monoinsaturados (total), ácidos graxos poliinsaturados (total). *Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata.

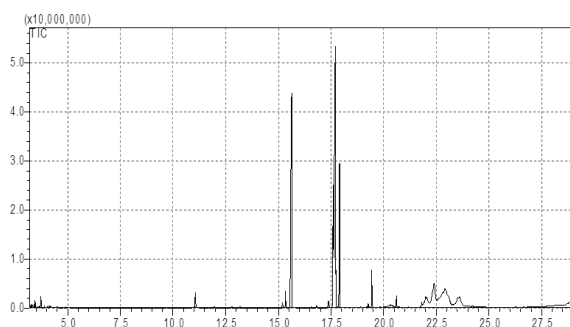


Figura 1. Cromatograma da composição de ácidos graxos do óleo da semente de andiroba.

Figure 1. Chromatogram of fatty acid composition of andiroba seed oil.

O índice de peróxidos em óleos nos fornece o grau de oxidação em que o mesmo se encontra. De acordo com Malacrida e Jorge (2003) e Codex Alimentarius Commission (2009) para os óleos refinados e brutos são estabelecidos valores máximos para o índice de peróxidos de 10 e 15meq. kg⁻¹, respectivamente. O teor de peróxidos encontrado no

óleo fixo da semente de andiroba do presente estudo foi bem significativo, valor este inferior ao limite demonstrado pelos órgãos regulamentadores de identidade e qualidade de óleos vegetais. Em estudo realizado com sementes de andiroba, Marques et al. (2016), analisando o óleo, encontraram índice de peróxidos de $3,84\text{meq.kg}^{-1}$. Esse valores indicam baixa possibilidade de deterioração oxidativa e estão dentro do que é permitido pelos órgãos regulamentadores de identidade e qualidade de óleos vegetais, o que indica ser de boa qualidade.

O índice de saponificação é uma medida importante quando tratamos da qualidade de óleos vegetais. Alguns óleos vegetais como soja e canola, têm índices deste parâmetro superiores a 181mg. KOH/g^{-1} (BRASIL, 2005). Marques et al. (2016) ao realizar a caracterização físico-química do óleo em sementes de andiroba encontrou valor de $172,00\text{mg. KOH/g}^{-1}$ para o índice de saponificação, valor este inferior ao do referido estudo. De acordo com o padrão britânico (FREIRE, 2001) o óleo de primeira qualidade deve apresentar um índice de saponificação entre 177 a 187mg. KOH/g^{-1} , mas esses valores são estabelecidos para óleos refinados, o que não é o caso dos óleos analisados nesta pesquisa.

O índice de iodo está relacionado com as reações químicas de halogenação presente em ácidos graxos insaturados. Este parâmetro por sua vez tem sido usado como estimativa do grau de insaturação de óleos vegetais. Neste estudo, o índice de iodo do óleo da semente de andiroba, podem ser classificados como semi-secos, visto apresentarem um índice de iodo entre a faixa de 80 a $140\text{g I}/100\text{g}$. Conforme Cecchi (2003), esta determinação é relevante não só para a classificação de óleos e gorduras, mas também para alguns tipos de processamento. Esse valor é bem semelhante aos analisados para o óleo de arroz, cujo índice de iodo se encontra entre 90 e $115\text{g. I}_2/100\text{g}^{-1}$ (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2009).

No que se refere ao pH, Silva et al. (2014), estudando o pH no óleo extraído da semente de andiroba obtiveram valores de 4,95, estando na mesma faixa ao do referido estudo. Do ponto de vista da segurança alimentar e controle da qualidade de alimentos, um pH superior a 4,50 está acima da faixa considerada segura, exigindo cuidados especiais durante o processamento agroindustrial de produtos vegetais..

Não foram encontradas na literatura referências prévias sobre os teores de polifenóis extraíveis totais em óleos de semente de andiroba. Nos últimos anos, têm-se descrito uma série crescente de compostos com potencial antioxidante, entre estes, os de natureza polifenólica. Vários efeitos benéficos à saúde têm sido atribuídos aos compostos fenólicos presentes em produtos vegetais. Estudos relacionados correlacionam aos mesmos, distintas propriedades biológicas, entres estas, antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana e anticarcinogênica (INOUE et al., 2012; BRAGWAT et al., 2013, MECCIA et al., 2013; MIYAKE et al., 2015).

4.2. Cor

O óleo da semente de andiroba apresentou predominância da cor amarela para o parâmetro b^* . Em relação à luminosidade ou claridade (L^*), o óleo da semente de andiroba apresentou um valor que corrobora os valores da cromaticidade (a^* e b^*).

Nos últimos anos, pesquisas têm sido realizadas a fim de caracterizar fontes naturais contendo diferentes classes de pigmentos vegetais com atividade biológica, como por exemplo, as antocianinas (MONTES et al., 2005), betalainas (HERBACH et al., 2006), carotenoides (MELÉNDEZ-MARTINEZ et al., 2003) e clorofila (SINNECKER et al., 2002). Do ponto de vista tecnológico, estes pigmentos naturais estão correlacionados com a cor de diferentes produtos vegetais, mas também atuam na promoção da saúde e são capazes de prevenir e/ou até mesmo auxiliar na cura de várias doenças.

4.3. Perfil dos ácidos graxos

É possível observar que no óleo extraído a partir da semente do fruto de andiroba foram identificados seis ácidos graxos e os majoritários foram o oleico, o palmítico e o linoleico. O ácido palmítico foi o ácido graxo saturado predominante no óleo da semente de andiroba. Estes óleos obtiveram altos teores em ácido graxo monoinsaturado, semelhante à encontrada para alguns óleos vegetais, como por exemplo, o azeite de oliva. No entanto, estes óleos também são caracterizados por um alto teor de ácidos graxos insaturados presentes em sua composição.

As composições de ácidos graxos vêm sendo estudadas ao longo destes anos e diversos estudos já foram realizados quanto ao perfil dos ácidos graxos do óleo da semente de andiroba (BATAGLION et al., 2014; NOVELLO et al., 2015; MILHOMEM-PAIXÃO et al., 2016). A presença de ácidos graxos insaturados, principalmente os essenciais das famílias (ω 3, 6 e 9), torna esses óleos vegetais interessantes do ponto de vista medicinal e fitoterápico. Estes são precursores de uma série de substâncias denominadas eicosanoides, que exercem importante papel na promoção da saúde humana. A presença de teores adequados de ácido linoleico nos óleos vegetais também é de fundamental importância, já que a ocorrência deste ácido graxo tende manter a qualidade do óleo em evitar a formação do colesterol total e ruim (LDL) e proporcionar o aumento do bom colesterol (HDL) (MARTIN et al., 2006).

O óleo da semente de andiroba estudado demonstrou especial potencial para a indústria de medicamentos e fitoterápicos, pois apresentou a maior porcentagem de ácidos insaturados em detrimento dos saturados, perfil este considerado ideal para óleos convencionais. Os óleos oriundos de fontes vegetais podem de acordo com sua composição trazer inúmeros efeitos benéficos à saúde, como por exemplo, os relacionados aos estudos alimentícios. Pesquisas atuais enfatizam a influência da ingestão dos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados sobre a incidência de risco de doenças cardiovasculares, inflamatórias, cancerígenas e até mesmo na melhoria da imunidade.

O estágio do conhecimento atual sobre a química e a farmacologia de espécies da família *Meliaceae*, destacando a andiroba, indica seu potencial para o desenvolvimento de medicamentos e fitoterápicos. Apesar do caráter oficial de *Carapa guianensis* Aublet no Brasil, os estudos com esta espécie ainda são escassos, tanto em aspectos químicos quanto farmacológicos. Nesse sentido, novos trabalhos de investigação científica devem ser conduzidos, a fim de identificar fontes promissoras de compostos bioativos e funcionais que sejam utilizados com propósito medicinal, garantindo a promoção da saúde humana.

5. CONCLUSÕES

O óleo extraído a partir da semente da andiroba apresentou resultados para as propriedades físico-químicas dentro dos padrões recomendados pelos órgãos de identidade e qualidade de óleos vegetais, principalmente aos relacionados para os valores médios de ácidos graxos livres e índice de peróxidos. Foi possível também observar um alto teor médio para os polifenóis extraíveis totais, valor este de 114,95 mg. 100g⁻¹. Com relação ao perfil dos ácidos graxos, o óleo extraído da semente de andiroba pode ser considerado rico em ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido oleico, com porcentual de 42,71%.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPq pelo apoio e suporte financeiro na execução do presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, W. F.; SOUZA, M. C.; ALMEIDA, A. N. S.; OLIVEIRA, S. S.; RIBEIRO, I. L. R. Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do vale do Juruá. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, p.534-546, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18677/e.bio.2015.107>.
- NGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. **Análise química de alimentos**: Campinas, São Paulo, 123p, 1987 (Manual Técnico).
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 20th, Washington: AOAC, 2016.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6th. Champaign: AOCS, 2009.
- ASIF, M. Health effects of omega-3,6,9 fatty acids: Perilla frutescens is a good example of plant oils. **Oriental Pharmacy and Experimental Medicine**, v.11, n.1, p.51-59, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13596-011-0002-x>.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed, Jaboticabal: FUNEP, v.1, 237p, 2006.
- BATAGLION, G. A.; SILVA, F. M. A.; SANTOS, J. M.; SANTOS, F. M.; BARCIA, M. T.; LOURENÇO, C. C.; SALVADOR, M. J.; GODOY, H. T.; EBERLIN, M. N.; KOOLEN, H. H. F. Comprehensive characterization of lipids from Amazonian vegetable oils by mass spectrometry techniques. **Food Research International**, v.64, p.472-481, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.011>.
- BHAGWAT, S.; HAYTOWITZ, D. B.; WASSWA-KINTU, S. I.; HOLDEN, J. M. USDA develops a database for flavonoids to assess dietary intakes. 36th National Nutrient Databank Conference. **Procedia Food Science**, v.2, p.81-86, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2013.04.013>.
- BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 23 set 2005.
- CAMPOS, T.; CUNHA, M. O.; DE SOUSA, A. C. B.; TEIXEIRA, R. B.; RAPOSO, A.; SEBBENN, A. M.; WADT, L. H. O. Mating system parameters in a high density population of andirobas in the Amazon forest, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.5, p.504-509, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000500006>.
- CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Editora da UNICAMP: 2^o Ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 207p, 2003.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Roma: FAO/WHO Food Standards, 2009.
- COSTA-SILVA, J. H.; LIMA, C. R.; SILVA, E. J. R.; ARAÚJO, A. V.; FRAGA, M. C. C. A.; RIBEIRO, A.; ARRUDA, A. C.; LAFAYETTE, S. S. L.; WANDERLEY, A. G. Acute and subacute toxicity of the *Carapa guianensis* Aublet (Meliaceae) seed oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.116, n.3, p.495-500, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2007.12.016>.
- FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Comunicação para transferência de tecnologia, p.295-335, 2001.
- HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Betalain Stability and Degradation - Structural and Chromatic Aspects. **Journal of Food Science**, v.71, n.4, p.41-50, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x>.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.6, p.1841-1856, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf030723c>.
- INOUE, T.; NAGAI, Y.; MITOOKA, A.; UJIKE, R.; MURAOKA, O.; YAMADA, T.; TANAKA, R. Carapanolides A and B: Unusual 9,10-secomexicanolides having a 2R,9S-oxygen bridge From the seeds of *Carapa guianensis*. **Tetrahedron Letters**, v.53, n.49, p.6685-6688, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tetlet.2012.09.108>.
- LARRAURI, J. A.; PUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.4, p.1390-1393, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf960282f>.
- MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê - óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.245-249, 2003.
- MARQUES, E. P.; CAVALCANTE, G. H. R.; CAVALCANTE, K. S. B.; MARTINIANO, L. C.; MARQUES, A. L. B. Estudo viscosimétrico de polióis a base do óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Virtual de Química**, v.8, n.3, p.926-944, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160067>.
- MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Revista de Nutrição**, v.19, n.6, p.761-770, 2006.

- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.
- MECCIA, G.; QUINTERO, P.; ROJAS, L.B.; USUBILLAGA, A.; VELASCO, J.; DIAZ, T., DIAZ, C., VELÁSQUEZ, J., TORO, M. Chemical composition of the essential oil from the leaves of *Carapa guianensis* collected from Venezuelan Guayana and the antimicrobial activity of the oil and crude extracts. **Natural Product Communications**, v.8, n.11. p.1641-1642, 2013.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen orange juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.25, p.7266-7270, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf034873z>.
- MILHOMEM-PAIXÃO, S. S. R.; FASCINELLI, M. L.; ROLL, M. M.; LONGO, J. P. F.; AZEVEDO, R. B.; PIECZARKA, J. C.; SALGADO, H. L. C.; SANTOS, A. S.; GRISOLIA, C. K. The lipidome, genotoxicity, hematotoxicity and antioxidant properties of andiroba oil from the Brazilian Amazon. **Genetics and Molecular Biology**, v.39, n.2, p.248-256, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2015-0098>.
- MIRANDA-JÚNIOR, R. N. C.; DOLABELA, M. F.; SILVA, M. N.; PÓVOA, M. M.; MAIA, J. G. S. Antiplasmodial activity of the andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) oil and its limonoid-rich fraction. **Journal of Ethnopharmacology**, v.142, n.3, p.679-683, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2012.05.037>.
- MIYAKE, T.; ISHIMOTO, S.; ISHIMATSU, N.; HIGUCHI, K.; MINOURA, K.; KIKUCHI, T.; YAMADA, T.; MURAOKA, O.; TANAKA, R. Carapanolides T-X from *Carapa guianensis* (Andiroba) Seeds. **Molecules**, v.20, n.11, p.20955-20966, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules201119737>.
- MONTES, C.; VICARIO, I. M.; RAYMUNDO, M.; FEET, R.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from jaboticaba (*Myrcia jaboticaba* Berg). **Food Research International**, v.38, n.8-9, p.983-988, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2005.01.016>.
- NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solos de várzeas, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.343-349, 2004.
- NOGUEIRA, R. C.; CERQUEIRA, H. F.; SOARES, M. B. P. Patenting bioactive molecules from biodiversity: the Brazilian experience. **Expert Opinion on Therapeutic Patents**, v.20, n.2, p.145-157, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1517/13543770903555221>.
- NOVELLO, Z.; SCAPINELLO, J.; MAGRO, J. D.; ZIN, G.; DI LUCCIO, M.; TRES, M. V.; OLIVEIRA, J. V. Extraction, chemical characterization and antioxidant activity of andiroba seeds oil obtained from pressurized n-butane. **Industrial Crops and Products**, v.76, p.697-701, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.075>.
- ORELLANA, B. J. P.; KOBAYASHI, E. S.; LOURENÇO, G. M. Terapia alternativa através do uso da andiroba. **Lato & Sensu**, v.5, n.1, p.136-141, 2004.
- PENIDO, C.; COSTA K. A.; PENNAFORTE, R. J.; COSTA, M. F. S.; PEREIRA, J. F. G.; SIANI, A. C.; HENRIQUES, M. G. M. O. Anti-allergic effects of natural tetranortriterpenoids isolated from *Carapa guianensis* Aublet. on allergen-induced vascular permeability and hyperalgesia. **Inflammation Research**, v.54, n.7 p.295-303, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00011-005-1357-6>.
- RASHID, S.; JIN, Y.; ECOIFFIER, T.; BARABINO, S.; SCHAUMBERG, D. A.; DANA, M. R. Topical omega-3 and omega-6 fatty acids for treatment of dry eye. **Archives of ophthalmology**, v.126, n.2, p.219-225, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/archophtholmol.2007.61>.
- SILVA, V. P.; OLIVEIRA, R. R.; FIGUEIREDO, M. R. Isolation of limonoids from seeds of *Carapa guianensis* Aublet. (Meliaceae) by high-speed countercurrent chromatography. **Phytochemical Analysis**, v.20, n.1, p.77-81, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pca.1100>.
- SILVA, P. M. M.; PINHEIRO, D. S.; SOUZA, E. C.; SILVA, A. S.; MULLER, R. C. S. **Caracterização físico-química de óleo de andiroba comercializados em Belém-PA e em Bragança-PA**. 54º Congresso Brasileiro de Química, Natal, RN, 2014.
- SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A. G.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.14, p.3961-3966, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf0113023>.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA H. R.; VIEIRA-JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>.
- TAPPIN, M. R. R.; NAKAMURA, M. J.; SIANI, A. C.; LUCCHETTI, L. Development of an HPLC method for the determination of tetranortriterpenoids in *Carapa guianensis* seed oil by experimental design. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.48, n.4, p.1090-1095, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2008.08.027>.