

DIOGENES JOSÉ GUSMÃO COUTINHO

**LIPÍDIOS DE SEMENTES: POTENCIAL
ECONÔMICO E QUIMIOSSISTEMÁTICO**

RECIFE - PE

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

DIOGENES JOSÉ GUSMÃO COUTINHO

LIPÍDIOS DE SEMENTES: POTENCIAL
ECONÔMICO E QUIMIOSSISTEMÁTICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando
Morais de Oliveira

RECIFE - PE

2013

DIOGENES JOSÉ GUSMÃO COUTINHO

“LIPÍDIOS DE SEMENTES: POTENCIAL
ECONÔMICO E QUIMIOSSISTEMÁTICO”

APROVADA EM 25/02/2013

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Antonio Fernando Moraes de Oliveira (Orientador) – UFPE

Suzene Izídio da Silva – UFRPE

Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira – UFPE

Recife - PE

2013

Catálogo na Fonte:

Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Coutinho, Diogenes José Gusmão

Lípidios de sementes: potencial econômico e quimiossistemático/Diogenes José Gusmão Coutinho. – Recife: O Autor, 2013.

70 f.: il., fig., tab.

Orientador: Antonio Fernando Moraes de Oliveira

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia Vegetal, 2013.

Inclui referências e anexos

1. Lipídios 2. Sementes 3. Plantas oleaginosas I. Oliveira, Antonio Fernando Moraes (orient.) II. Título.

572.57

CDD (22.ed.) UFPE/CCB-2015-200

*Uns confiam em carros e outros em cavalos,
mas nós faremos menção do nome do
SENHOR nosso Deus.*

Salmos 20:7

AGRADECIMENTOS

A Deus que em nós tudo executa, que trabalha por quem Nele espera, que nos ama e cuida, que nunca desiste de nós. Aquele que guiou meus passos até aqui e me faz vencer todas as dificuldades, sem esquecer aqueles que amo. A Ele toda a glória e louvor.

A minha mãe Ladjane de França Gusmão, que me deu o dom da vida, que me acompanhou, orientou, me sustentando nos momentos difíceis. Sou grato a Deus por ter me dado a grande honra de ser seu filho. Sentir seus cuidados e amor por mim me faz melhor a cada dia. Ao meu pai Altamiro Coutinho Filho por orar e torcer por mim sempre.

Ao meu pai científico e orientador Prof. Fernando Oliveira, por ser solícito a todo instante, por tudo que me ajudou a crescer nessa dissertação e outros trabalhos, por ser um exemplo de profissional e pessoa. Sou grato por ter sido atencioso mesmo às vezes muito ocupado, sempre muito presente e auxiliando em todas as dúvidas.

A minha mãe científica Profa. Suzene, que me acolheu na ciência, mesmo no começo sem nem saber ligar um computador. Que acreditou em mim, me deu a oportunidade de crescer e me ajudou em tudo. Agradeço a Deus por sua vida!

A minha esposa, Thayza Txay, que está realizando um dos meus maiores sonhos: ser pai! Obrigado pela cumplicidade, carinho e amor dedicados a mim a cada dia. Você e Sofia Lara são a força que me impulsiona a lutar e vencer diariamente.

Ao PPGBV pela oportunidade e apoio dado a mais um degrau alcançado em minha vida profissional e à CAPES/PROACAD pelo apoio financeiro que foram imprescindíveis para a realização desse trabalho.

A todos os professores do PPGBV pela oportunidade de aprender mais sobre biologia vegetal. Ao Hildebrando por sempre ter ajudado nos assuntos de escolaridade.

Aos meus amigos da turma do mestrado. As minhas amigas do LEAF, Mariana, Renata, Raquel e Marina, Karla do LEV, Laís, Aryecha e Larissa do LEBA, por estarem comigo no dia a dia do laboratório, coletas, disciplinas, entrega de relatórios e por serem sempre muito atenciosas comigo. Em especial a Mariana, Renata e Karla, pela receptividade, momentos descontraídos e ajuda mútua. Aos meus amidos do LAREFI Rejane, Mitsuo, Angélica e Rodrigo pela ajuda e companheirismo no começo de minha jornada.

Aos meus grandes amigos Hugo, Luana, Jeyce, Cinthia, Ludmilla e Mariana pela valiosa amizade e por dividir alegrias e conquistas desde a graduação.

Aos meus pais espirituais Solange e Hélio, Jaciara, Cleide Gomes, Ranusia, Sebastiana Bandeira e Gibson Pereira, por toda ajuda, conselhos, momentos de riso e choro juntos. Aos familiares de minha esposa, em especial a minha sogra Benigna Teixeira, meu sogro Lumarque Silva, além de Cinthia, Juarez e Juliene, pelos momentos felizes e acolhimento sem igual.

A todos vocês dedico esse trabalho e minha eterna gratidão!

RESUMO

Os óleos fixos obtidos de sementes são objetos de estudos para diversos fins industriais. Os óleos possuem composição de ácidos graxos e compostos bioativos de elevado valor econômico, utilizados na formulação de alimentos, cosméticos, fármacos, tintas, vernizes, lubrificantes e biodiesel. Os ácidos graxos de sementes também têm sido usados como ferramentas quimiosistemáticas. Neste estudo objetivou-se determinar o teor do óleo, a composição dos ácidos graxos e algumas propriedades físico-químicas do óleo de sementes em 18 espécies de plantas nativas ocorrentes no estado de Pernambuco, avaliando o potencial para uso em biodiesel e outros setores industriais. Os resultados de uma análise fenética com base na composição de ácidos graxos de sementes de onze espécies de Sapindaceae, discutindo seu significado quimiotaxonômico também são apresentados. Sementes foram coletadas e o óleo extraído e analisado por métodos cromatográficos e espectrométricos. O teor de óleo das sementes variou de 25,4% em *Croton floribundus* até 64,2% em *Clusia paralicola*. Economicamente, as espécies que se destacaram com sementes maiores, de maior biomassa e com elevado teor de óleo foram: *Basiloxylon brasiliensis*, *Cissampelos andromorpha*, *Clusia nemorosa*, *C. paralicola*, *Guarea guidonia*, *Rauwolfia grandiflora*, *Sapium glandulosum*, *Sterculia excelsa*, *Tabernaemontana flavicans* e *Tovomita brevistaminea*. Os ácidos graxos predominantes foram os ácidos oleico, linoleico e linolênico em 83,33% das espécies, sendo estas indicadas como matéria-prima as indústrias de biocombustíveis, lubrificantes, plásticos, adesivos, cosméticos e produtos farmacêuticos. Um fenograma obtido a partir do perfil de ácidos graxos mostrou a formação de dois agrupamentos: o primeiro, devido a elevada concentração do ácido gadolêico, reuniu todas as espécies dos gêneros *Paullinia* e *Serjania* (tribo Paullineae). O segundo agrupamento apresentou uma menor similaridade química com espécies pertencentes a diferentes tribos. Ainda assim, foi verificado que neste cluster que o perfil de ácidos graxos agrupou as espécies de *Allophylus*. Os resultados obtidos evidenciam que a composição de ácidos dá suporte a separação da Tribo Paullineae das demais estudadas. Os ácidos graxos agruparam as espécies pertencentes ao mesmo gênero, denotando que possíveis afinidades infragenéricas e intraespecíficas podem ser mais bem avaliadas através de uma análise com mais táxons da família.

Palavras-chave: Biodiesel; oleaginosas não tradicionais; fenética; quimiotaxonomia; CG/EM.

ABSTRACT

The oils from the seeds are objects of study for many industrial purposes. The oils present fatty acids in its composition and bioactive compounds of high economic value, used in the formulation of foods, cosmetics, pharmaceuticals, paints, varnishes, lubricants and biodiesel. The seed fatty acids have also been used as chemosystematic tools. This study aimed to determine the oil content, fatty acid composition and some physico-chemical properties of oil seeds from 18 native species occurring in Pernambuco and Paraíba states, evaluating the potential for use in biodiesel and other industrial sectors. The results of a phenetic analysis based on fatty acid composition of seeds of eleven species of Sapindaceae, discussing its meaning chemotaxonomic are also presented. Seeds were collected and the oil extracted and analyzed by chromatographic and spectroscopic methods. The oil content of the seeds ranged from 25.4% (*Croton floribundus*) to 64.2% (*Clusia paralicola*). Economically, the species that stood out with larger seeds, the highest biomass and high oil content were *Basiloxylon brasiliensis*, *Cissampelos andromorpha*, *Clusia nemorosa*, *C. paralicola*, *Guarea guidonia*, *Rauwolfia grandiflora*, *Sapium glandulosum*, *Sterculia excelsa*, *Tabernaemontana flavicans*, and *Tovomita brevistaminea*. The predominant fatty acids were oleic, linoleic and linolenic acids in 83.33% of the species, which are outlined as feedstock to the biofuels, lubricants, plastics, adhesives, cosmetics and pharmaceuticals industries. A phenogram obtained from the fatty acid profile showed the formation of two groups: the first, due the high amount of gadoleic acid, grouped all species of the genus *Paullinia* and *Serjania* (Tribe Paullineae). The second group had a lower chemical similarity with species belonging to different tribes. Still, it was found that this cluster that the fatty acid profile grouped the species of *Allophylus*. The results show that the composition of fatty supports separation Tribe Paullineae from the others studied. The fatty acids from seeds grouped the species belong to the same genus, denoting possible that intraspecific and infrageneric affinities can be better assessed by analyzing more taxa of the family.

Keywords: Biodiesel; non-traditional oilseeds; phenetic; chemotaxonomy; GC/MS.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

MANUSCRITO 2

Figura 1. Fenograma de similaridade (Distâncias Euclidianas/UPGMA) baseado na distribuição de ácidos graxos do óleo de sementes de algumas espécies de Sapindaceae.....	63
--	----

LISTA DE TABELAS

Pág.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tabela 1. Algumas propriedades do biodiesel a partir das especificações da UNE-EN 14214 2009 e ASTM (<i>American Society of Testing and Materials</i>).....	19
--	----

MANUSCRITO 1

Tabela 1. Hábitat, hábito e morfometria de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.....	35
--	----

Tabela 2. Composição de ácidos graxos de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.....	40
--	----

Tabela 3. Valor aproximado dos ácidos graxos saturados, insaturados e algumas propriedades físico-químicas do óleo de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.....	46
---	----

MANUSCRITO 2

Tabela 1. Espécies de Sapindaceae coletadas nos estados de Pernambuco (PE) e Paraíba (PB), Nordeste do Brasil.....	58
---	----

Tabela 2. Distribuição dos ácidos graxos de sementes de 11 espécies de Sapindaceae.....	61
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA - Análise de variância

ASTM - *American Society of Testing and Materials*

GC-MS – Cromatógrafo Gasoso - Espectômetro de Massas

II - Índice de Iodo

MUFAs - Ácidos graxos monoinsaturados

NC - Número de Cetano

PEUFR – Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho -Universidade Federal Rural de Pernambuco

PUFAs - Ácidos graxos poli-insaturados

SN - Número de Saponificação

UFP - Herbário Geraldo Mariz - Universidade Federal de Pernambuco

UPGMA - *Unweighted Pair Groups Method using Arithmetic Averages*

SUMÁRIO

	Pág.
1 APRESENTAÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 <i>Composição química dos óleos fixos vegetais.....</i>	13
2.2 <i>Potencial Econômico dos óleos fixos vegetais.....</i>	14
2.3 <i>Potencial Quimiossistemático dos óleos fixos vegetais.....</i>	20
3 ARTIGO 1: ÓLEOS DE SEMENTES DE DEZOITO ESPÉCIES NATIVAS DO NORDESTE DO BRASIL COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO INDUSTRIAL.....	23
4 ARTIGO 2: ÁCIDOS GRAXOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES SAPINDACEAE E SUA CONTRIBUIÇÃO QUIMIOTAXONÔMICA.....	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXO 1 - Escopo do Industrial Crops and Products	70
ANEXO 2 - Escopo do Biochemical Systematics and Ecology.....	71

1 APRESENTAÇÃO

A exploração de recursos florestais tem sido uma das principais formas de suprimento de matéria-prima às indústrias, entretanto, em relação ao suprimento de óleo a partir de plantas nativas, o Brasil, ainda apresenta uma grande lacuna tanto sobre o conhecimento de espécies potencialmente oleaginosas, quanto dos processos relacionados às condições para seu estabelecimento e cultivo.

A bioprospecção de espécies vegetais com potencial oleaginoso está em constante ascensão tendo em vista que seus constituintes lipídicos possuem propriedades químicas únicas resultando em um variado aproveitamento em diversos setores da indústria, como na fabricação de margarinas, sabões, tintas, vernizes, lubrificantes, adesivos, resinas, cosméticos, fármacos, biocombustíveis, dentre outros.

Entre ecossistemas brasileiros figuram a Caatinga e a Floresta Atlântica, os quais possuem elevada riqueza de espécies e endemismos. Na Caatinga existem quase mil espécies de plantas vasculares e dentre elas, as mais representativas são as Leguminosae, Cactaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Sapindaceae, Malpighiaceae, Solanaceae e Myrtaceae. Na Floresta Atlântica encontram-se as famílias ricas em frutos e sementes carnosos, dispersos por animais, como Leguminosae, Myrtaceae, Solanaceae, Arecaceae, Sapindaceae, Lecythidaceae e Sapotaceae. Mesmo diante de tamanha biodiversidade, poucos são os trabalhos relacionados à química de frutos e sementes de espécies nativas desses ecossistemas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo investigar o potencial oleaginoso de 18 espécies, distribuídas em seis famílias ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica e avaliar o potencial quimiosistemático dos ácidos graxos de sementes de 11 espécies de Sapindaceae.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Composição química dos óleos fixos vegetais

Óleos fixos são produtos notáveis do metabolismo vegetal, produzidos e armazenados principalmente em sementes e, constituem a principal fonte de energia necessária ao processo que envolve a germinação (MURPHY et al., 2001). A produção mundial de ácidos graxos a partir da hidrólise de gorduras e óleos vegetais totaliza cerca de 4 milhões de toneladas por ano (GUNSTONE, 1996) e forma a maior proporção de matéria-prima para a indústria química (BIERMANN et al., 2000).

Os óleos de sementes formam um grupo estruturalmente diverso de compostos hidrofóbicos, constituídos principalmente por triglicerídeos (95-98%), nos quais moléculas de ácidos graxos são reunidas por ligações do tipo ésteres aos três átomos de oxigênio dos grupos hidroxilas do glicerol (MURPHY et al., 2001) e por uma mistura de componentes minoritários (2-5%) que são esteróis, vitaminas, hidrocarbonetos, ceras, alcoóis, fenóis simples, fosfolipídios e ácidos triterpênicos (GUNSTONE, 1996; PINHO et al., 2009).

Os ácidos graxos ou ácidos carboxílicos de cadeia aberta geralmente possuem um número par de átomos de carbono, que varia de 4 a 24 carbonos, sendo os mais comuns com 16 ou 18 átomos de carbono. Os ácidos graxos diferem entre si pelo comprimento da cadeia, número e posição das duplas ligações (GUNSTONE, 1996; SCRIMGEOUR, 2005).

Os ácidos graxos são classificados em saturados quando os átomos de carbono estão ligados entre si apenas por ligações simples e, em ácidos graxos insaturados, quando ligados por ligações simples, duplas ou triplas. Em geral, estas ligações têm configuração geométrica do tipo “cis”, e ocorrem geralmente entre os carbonos 9 e 10 da cadeia, contados a partir do radical carboxila, e quando há ligações duplas adicionais, situam-se entre os carbonos 12 e 13 (C-12) e, 15 e 16 (C-15) (MURPHY et al., 2001; SCRIMGEOUR, 2005).

Os principais ácidos graxos encontrados nos óleos de sementes são oito: láurico (C12:0, também chamado dodecanóico), mirístico (C14:0 ou tetradecanóico), palmítico (C16:0 ou hexadecanóico), esteárico (C18:0 ou octadecanóico), oléico (C18:1 Δ^9 ou 9-cis-octadecenóico), linoléico (C18:2 $\Delta^{9c,12c}$ ou 9,12-cis,cis-octadecenóico), α -linolênico (C18:3 $\Delta^{9c,12c,15c}$ ou 9,12,15-cis-cis-cis-octadecatrienóico) e erúcico (C22:1 Δ^{13c} 13-cis-docosenóico) (GUNSTONE, 1996; MURPHY et al., 2001).

Entre os ácidos graxos menos comuns, podem ser citados os seguintes: capróico (C6:0 ou hexanóico), araquídico (C20:0 ou eicosanóico), behênico (C22:0 ou docosanóico), lignocérico (C24:0 ou tetracosanóico), palmitoléico (C16:1 Δ^9 ou 9-*cis*-hexadecenóico), γ -linolênico (C18:3 $\Delta^{6,9,12}$ ou 6,9,12-*cis-cis-cis*-octadecatrienóico) e araquidônico (C20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$ ou 5,8,11,14-*cis-cis-cis-cis*-eicosanotetranóico) (GUNSTONE, 1996).

Os ácidos graxos com átomos de carbono em quantidades ímpares, como o ácido margárico que tem 17 átomos, enquadram-se entre os ácidos graxos raros, enquanto aqueles com estruturas mais complexas, com insaturações em posições diferentes das usuais, em C₉, C₁₂ e C₁₅, com grupos substituintes epoxi, hidroxí ou com anéis ciclopropênicos, são classificados como ácidos graxos incomuns (MURPHY, 1994).

Os óleos fixos vegetais são objeto de estudo para diversos fins econômicos (SCRIMGEOUR, 2005), biotecnológicos (KOCJAN AČKO, 2008), quimiossistemáticos (HARBORNE; TURNER, 1984) e medicinais (DALEY et al., 2010).

2.2 Potencial Econômico dos óleos fixos vegetais

Economicamente, os óleos são importantes recursos devido ao seu elevado valor nutricional, farmacêutico e industrial. Cada espécie oleaginosa apresenta uma característica quanto à composição em ácidos graxos do seu óleo e suas propriedades são empregadas para usos específicos e aproveitamento econômico variado (MAN, 2007; DALEY et al., 2010).

A maior parte da produção mundial de óleos vegetais é utilizada na alimentação humana, servindo para a produção de margarinas, conservantes, emulsificantes e óleos para fritura (DALEY et al., 2010). Contudo, podem ser transformados em produtos não comestíveis tais como sabões, detergentes, cosméticos, fármacos, adesivos, resinas, lubrificantes, combustíveis, tintas e vernizes, (MAYWORM, 1994).

Os óleos fixos vegetais tanto de frutos quanto de sementes possuem variados compostos bioativos de elevado valor econômico e industrial, utilizados na formulação de alimentos, cosméticos e fármacos. Os compostos bioativos são constituintes extranutricionais, naturalmente presentes em pequenas quantidades nos alimentos, que exibem potente atividade biológica com destaque aos carotenoides (BARTON et al., 1999), aos polifenóis (BURDOCK, 2005), tocóis (vitamina E) e fitoesteróis (KAUR; KAPOOR, 2001). Dentre os efeitos potencialmente benéficos desses compostos à saúde se destacam a atividade

antiinflamatória, antiviral, antitumoral, antimicrobiana e antioxidante (BARTON et al., 1999; LIU, 2003).

Nesse sentido, a prospecção de produtos bioativos e antioxidantes naturais por diferentes setores industriais aumenta cada vez mais, motivada, também, pela necessidade de substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais. Contudo, apesar da reconhecida importância dessas substâncias, o número de investigações em espécies que não são tradicionalmente utilizadas ainda é bastante limitado. Devido a isto, existe a necessidade de ampliar a lista de espécies alimentícias nativas potencialmente úteis, para dar base a sua conservação e, para o abastecimento de alimentos, especialmente para populações mais pobres e que vivem no entorno das florestas tropicais (MAYWORM, 1994; LIU, 2003).

Os lipídios da dieta são importantes fontes de energia e precursores de numerosos compostos biologicamente ativos. Nutricionalmente, os ácidos graxos importantes são os ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico. O organismo humano pode sintetizar todos os lipídios necessários à saúde, com exceção dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) de cadeia longa como o linolênico ou ômega 3 (n-3) e o linoleico ou ômega 6 (n-6) (ALEXANDER, 1998), sendo por isso considerados essenciais para o homem (CARVALHO et al., 2003).

Os PUFAs n-3 e n-6 e seus derivados originam-se dos ácidos cis-linoleico e α -linolênico, respectivamente. Com exceção dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs), que podem ser formados a partir dos saturados, os PUFAS não podem ser produzidos endogenamente, sendo oriundos apenas da dieta, devido à falta das enzimas desaturases delta 12 e delta 15 (ALEXANDER, 1998; CARVALHO et al., 2003). Assim, uma dieta rica em PUFAs é importante para o organismo humano.

Os ácidos graxos da família n-6 são mais prevalentes nos alimentos da dieta que os n-3, mas deficiências clínicas de n-6 são mais comuns que de n-3, sendo ambas, no entanto, raras (ALEXANDER, 1998). O interesse nos PUFAs n-3 iniciou-se com a observação dos esquimós da Groenlândia, que, embora consumam bastante gordura, apresentam baixa incidência de doenças cardiovasculares (DYERBERG et al., 1975). Outra população que chamou a atenção dos pesquisadores foram os japoneses, que também apresentam baixa mortalidade por doenças coronarianas e consomem bastante peixe em sua dieta, sugerindo, novamente, que o consumo de peixe proteja contra doenças ateroscleróticas (TAMURA et al., 1986).

Pesquisas recentes apontam para a necessidade de se considerar a qualidade e a quantidade do óleo na dieta (BONANOME; GRUNDY, 1998). Esses estudos indicam que a ingestão de ácidos graxos saturados como o ácido láurico, o mirístico e o palmítico eleva a concentração de colesterol no sangue, aumentando a incidência de problemas cardiovasculares (BONANOME; GRUNDY, 1998). Por outro lado, o ácido esteárico, outro ácido graxo saturado, parece não influenciar o aumento do colesterol (BONANOME; GRUNDY, 1998). Existem esforços em priorizar a ingestão dos ácidos monossaturados e poli-insaturados em detrimento dos saturados, por diminuírem uma série de fatores de risco para doenças coronarianas, incluindo a redução do colesterol total e LDL, protegendo contra trombogênese e produzindo um perfil glicêmico mais favorável (FERRUCCI et al., 2006; LEVEY et al., 2006),

Os ácidos graxos poli-insaturados, incluindo o ácido omega-3, têm sido extensivamente estudados quanto ao seu efeito sobre diversas doenças, fornecendo benefícios em pacientes com fibrose cística (BAGGIO al., 2005), insuficiência renal (LEVEY et al., 2006), problemas inflamatórios (FERRUCCI et al., 2006), arterosclerose (SEIERSTAD et al., 2005), úlcera (TURNER et al., 2007), câncer (DEWEY et al., 2007), diabetes tipo 2 (HARTWEG et al., 2008), possui efeito protetor contra demência (LIM et al., 2006), além de melhorar os níveis de lipídios e lipoproteínas nos sangue (FERRUCCI et al., 2006).

Na alimentação, os óleos são amplamente utilizados e de diferentes formas devido a sua composição de ácidos graxos, propriedades nutricionais, físicas e químicas (GUNSTONE et al., 2007). A produção anual de óleos e gorduras já ultrapassa 113 milhões de toneladas e está em uma curva ascendente com o crescente domínio do óleo de soja, palma, colza, canola e girassol neste setor (CHOW, 2000).

A utilização de óleos e gorduras para fritura é um componente importante no quadro geral das aplicações alimentares dos lipídios de sementes (GUNSTONE, 2001). Estudos recentes mostram que 20 milhões de toneladas de óleos e gorduras são utilizados para este fim, representando uma parte importante dos 90 milhões de toneladas, utilizados para fins alimentares (CHOW, 2000; GUNSTONE et al., 2007). A margarina, também utilizada para frituras, é feita a partir de óleos e gorduras apropriadas (soja, colza/canola, algodão, palma e coco), os quais podem ter sido fraccionados, misturados e hidrogenados em graus variados. Outros ingredientes de margarinas incluem agentes ativos de superfície, proteínas, sal e água, juntamente com conservantes, aromas e vitaminas (FLACK, 1997; RAJAH, 1999). Do óleo

de soja, rico em ácido linoleico, se produz no Brasil uma margarina com teor elevado de isômeros trans insalubres e óleos com um elevado teor do ácido oleico produzem ótimas margarinas (RAJAH, 1999).

Os óleos e gorduras são usados também para produzir uma ampla gama de produtos como pães e massas, bolos, biscoitos e recheios de biscoitos, massas de tortas, doces e massa folhada, bem como em adição a produtos láctios, como agentes emulsificantes, na formulação de sorvetes, chocolates e gorduras para confeitaria (PERKINS; ERICKSON, 1996). Atualmente, esses lipídios precisam apresentar boa estabilidade oxidativa (relacionada com o tempo de prateleira dos produtos) e, responder à demanda atual nos requisitos nutricionais. Esse óleo produzirá alimentos saudáveis se possuir um razoável tempo de prateleira, além de rancidez, palatabilidade e textura aceitáveis (GUNSTONE, 2001; 2007; MAN, 2007).

Os óleos para saladas devem possuir oxidação estável e serem livres de sólidos, mesmo quando armazenados em frigorífico a cerca de 4° C (PERKINS; ERICKSON, 1996; ROSSELL, 1999). Alguns óleos vegetais podem ser utilizados para esse fim por conter o ácido linolênico (óleo de soja, colza / canola), sendo ligeiramente hidrogenados para aumentar a estabilidade oxidativa. Após o tratamento adequado, os óleos de soja, colza/canola, milho e girassol são utilizados para a produção de maionese. A maionese é uma emulsão de óleo em água que contém entre 65% (mínimo legal) e 80% de óleo. A fase aquosa contém o vinagre, o ácido cítrico, e gema de ovo. Este último contém lecitina, que funciona como um agente emulsionante (PERKINS; ERICKSON, 1996; RAJAH, 1999; ROSSELL, 1999). Cremes para salada contêm muito menos óleo (30-40%) que a maionese, possuindo outros materiais como amido, emulsionantes e gomas para proporcionar estabilidade e espessura (PERKINS; ERICKSON, 1996; FLACK, 1997).

O uso na indústria farmacêutica de óleos de sementes ricos no ácido γ -linolênico (gama-linolênico) comercializados em medicamentos como Prímoris®, Gamaline-V® e Primolan®, Borag®, Livten® é bem conhecido devido às suas propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas. A indústria desses fármacos utilizam espécies como a primola (*Oenothera biennis* L.), a borragem (*Borago officinalis* L.) e a groselha-negra (*Ribes nigrum* L.) por serem excelentes fontes do ácido γ -linolênico (GOFFMAN; GALLETTI, 2001; ARREBOLA et al., 2004). Várias espécies de plantas das famílias Boraginaceae, Aceraceae e Ranunculaceae são conhecidas fontes de ácido gama-linolênico (WOLF et al., 1983; SENANAYAKE; SHAHIDI, 2000).

Alguns óleos de sementes ricos nos ácidos oleico, linoleico e linolênico, além de compostos bioativos, podem apresentar atividade antimicrobiana e antifúngica, sendo indicados para aplicação em medicamentos e cosméticos (LIO; KAYE, 2009), como o óleo de *Ibicella lutea* (Lindl.) Van Eselt. (CERDEIRAS et al., 2000), *Ottonia martiniana* Miq. (CUNICO, 2001), *Syagrus oleracea* Becc. e *Mauritia vinífera* Mart. (SILVEIRA et al., 2005), *Copaifera multijuga* Hayne (MENDONÇA; ONOFRE, 2009), *Pongamia pinnata* (L.) Merr. (KESARI et al., 2010) e *Bactris gasipaes* Kunth., *B. dahlgreniana* Glassman e *Euterpe oleracea* Mart. (FILHO; PEREIRA, 2012).

Alguns ácidos graxos e compostos bioativos presentes no óleo conferem qualidades emolientes, suavizantes, lubrificantes, poder umectante, emulsificantes e inocuidade para a pele humana sendo utilizados em emulsões líquidas e cremosas, espumas e sabonetes (MAYWORM, 1994). Na indústria de sabões, sabonetes e cosméticos são utilizados óleos ricos em ácidos graxos saturados, como o láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), a exemplo dos óleos de coco e dendê, devido à presença dos ácidos láurico e palmítico (MAN, 2007).

O ácido azeláico foi amplamente utilizado em medicamentos para acne, pois apresenta ação antimicótica, atividade antibacteriana e antiinflamatória (LIO; KAYE, 2009), entretanto foi proibida a utilização deste ácido em cosméticos e em qualquer concentração de uso, devido não estar inscrito no CIR (Cosmetic Ingredient Review) como substância de uso cosmético, por ser despigmentante cutâneo, inibindo a síntese de melanina no melanócito anormal ou hiperativo (GOLLNICK; SCHRAMM, 1998).

Atualmente, os óleos vegetais se destacam também como uma fonte alternativa de energia em substituição ao óleo diesel, sendo transformados em biodiesel. O biodiesel (ésteres alquílicos de ácidos graxos) é um combustível diesel alternativo, derivado da reação de óleos vegetais ou lipídios e álcool, com ou sem a presença de um catalisador (JANAUN; ELLIS, 2010). Comercialmente, o biodiesel é referido como B2, B5, B20, B30 e B100, onde este representa o biocombustível totalmente natural, ou seja, sem adição do diesel derivado do petróleo. Atualmente o biodiesel vendido no Brasil possui 5% de biodiesel e 95% de diesel (B5).

O biodiesel é produzido através de uma reação conhecida como transesterificação. Em uma reação de transesterificação ou de alcoólise, um mol de triglicerídeo reage com três moles de álcool (razão molar de metanol para óleo vegetal de 3:1) para formar um mol de

glicerol e três moles de ésteres de ácidos graxos. O processo é uma sequência de três reações reversíveis, no qual a molécula de triglicerídeo é convertida passo a passo para diglicerídeo, monoglicerídeo e glicerol (RAMOS et al., 2009).

Além da composição em ácidos graxos existem parâmetros físico-químicos dos óleos vegetais para produção de um bom biodiesel. Esses parâmetros para o biodiesel possuem valores especificados por órgãos internacionais como a ASTM e (*American Society of Testing and Materials*) e a UNE-EN 14214, 2009, e alguns deles estão discriminados na Tabela 1.

Tabela 1. Algumas propriedades do biodiesel a partir das especificações da UNE-EN 14214 2009 e ASTM (*American Society of Testing and Materials*).

Propriedade	Unidade	(UNE-EN) Limites		(ASTM) Limites	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Número de Cetano	-	51	-	47	-
Índice de Iodo	g I ₂ /100 g	-	120	-	115
Índice de Acidez	mg KOH/g	-	0,5	-	0,5
Teor do ácido linolênico	%	-	12	-	14
Viscosidade	mm ² /s	3,5	5	1,9	6

As pesquisas com plantas oleaginosas vêm crescendo aceleradamente nestas últimas décadas, devido à necessidade de se obter matéria-prima renovável, barata e limpa, com o objetivo de substituir produtos provenientes de fontes não renováveis, principalmente o petróleo (FERRARI et al., 2005; JANAUN; ELLIS, 2010). Espécies com óleos ricos em ácidos graxos monossaturados (oleico e gadoléico), em poli-insaturados (linoleico e linolênico), além dos ácidos saturados em menor quantidade (palmítico e esteárico) apresentam um significativo potencial como recursos renováveis para produção de biodiesel e matéria-prima para a indústria oleoquímica (AZAM et al., 2005; PINHO et al., 2009).

Dentre as plantas com potencial de utilização nos programas de agroenergia, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L., Eupobiaceae) mostra-se muito promissor, apresentando sementes que encerram entre 25 e 32% de óleo (OPENSHAW, 2000), podendo render até 1,5 t ha⁻¹ de óleo ano em plantas de pelo menos 5 anos de idade (OPENSHAW, 2000; TIWARI et al., 2007). A semente produz um óleo com excelentes características físico-químicas e boa proporção de ácidos graxos insaturados (AKBAR et al., 2009; NWOKOCHA et al., 2011) e produz excelente biodiesel. É um óleo resistente a deterioração (TIWARI et al., 2007), de

baixa acidez e grande facilidade de colheita em relação a outras espécies ricas em óleo, como as Arecaceae (TIWARI et al., 2007; AKBAR et al., 2009).

Entre os óleos vegetais, o óleo de mamona (*Ricinus communis* L.), outra Euphorbiaceae, é um dos melhores para produção de biodiesel, pois ele é o único óleo glicerídico solúvel em álcool a frio e ainda é bastante estável em variadas condições de temperatura e pressão (MARÍN; GARCÍA, 2012). A espécie é cultivada em escala comercial em aproximadamente 30 países. Seu óleo serve de matéria-prima para uma grande quantidade de aplicações, tais como: química têxtil, papéis, plásticos e borrachas, perfumaria, cosméticos, farmácia, eletroeletrônicos e telecomunicações, tintas e adesivos, lubrificantes, etc. (SCARPA; GUERCI, 1982).

2.3 Potencial Quimiosistemático dos óleos fixos vegetais

A quimiotaxonomia é uma das ferramentas utilizadas na delimitação de espécies estreitamente relacionadas, cultivares, seleções, etc, de plantas, fungos e outros organismos. Geralmente, os marcadores químicos utilizados nestes estudos incluem: flavonóides, cumarinas, compostos fenólicos, terpenos, hidrocarbonetos de cadeia longa, esteróis, ceras epicuticulares e ácidos graxos (HARBORNE; TURNER, 1984; SILVA et al., 2012).

Dados químicos de diversos metabólitos sejam eles secundários ou primários têm sido empregados para solucionar problemas taxonômicos em diversos níveis taxonômicos: superordens e ordens de angiospermas. Famílias como Asteraceae (SEAMAN, 1982; ALVARENGA et al., 2001), Sapindaceae (ABURRA et al., 1992), Rutaceae (LIAU, 1970), tribos de Asteraceae (ALVARENGA et al., 2001) e de gêneros como *Ficus* (Moraceae) (SONIBARE et al., 2005) e *Croton* (Euphorbiaceae) (COSTA-FILHO et al., 2012).

A investigação de grupos de substâncias químicas que apresentam significado valor taxonômico tem trazido resultados valiosos com respeito à classificação das plantas e, as considerações sobre evolução de determinados táxons (GOTTlieb, 1990; VELASCO; GOFMAN, 1999; BAĞCI et al., 2004; DUSSERT et al., 2008). Os últimos quinze anos testemunharam no Brasil, a demonstração dos princípios básicos e o desenvolvimento de metodologia que permitem utilizar dados moleculares em classificação botânica. A busca de correlações entre evolução de estruturas micromoleculares e evolução morfológica de plantas, cada vez mais se mostra como uma promissora linha de pesquisa (GOTTlieb, 1990;

PUGIALLI et al., 1993), pelo crescimento do interesse por uma classificação mais natural das plantas, considerando também sua composição química (HARBORNE; TURNER, 1984).

Os ácidos graxos têm se mostrado interessantes como critério taxonômico para diferenciar táxons pelo fato da sua biossíntese ter estreito controle genético e ocorrer em todas as angiospermas (ABURRA et al., 1992; OHLROGGE, 1997; VELASCO; GOFMAN, 1999; MAYWORM; SALATINO, 2002; SILVA et al., 2010), podendo fornecer informações sobre possíveis relações entre grupos de espécies. O potencial quimiossistemático de ácidos graxos já foi testado para famílias como Apiaceae (BAĖCI, 2006), Boraginaceae (VELASCO; GOFMAN, 1999; BAĖCI et al., 2004), Nyssaceae e Cornaceae (HOHN; MEINSCHEN, 1976), Lamiaceae (GÖREN et al., 2006), Lythraceae (GRAHAM; KLEIMAN, 1987), Rubiaceae (DUSSERT et al., 2008), Sapindaceae (ABURRA et al., 1992) e Vochysiaceae (MAYWORM; SALATINO, 2002), gêneros como *Astragalus* (BAĖCI, 2006), *Lathyrus* (BAGCI; SAHIN, 2004), *Salvia* (BAĖCI et al., 2004) e, na elucidação do complexo de espécies dos gênero *Anchusa* (ÖZCAN, 2008) e *Aconitum-Delphinium-Helleborus* (AITZETMÜLLER et al., 1999).

A ocorrência e distribuição do ácido γ -linolênico pode ter importância quimiossistemática em algumas famílias. A ocorrência do γ -linolênico como componente do óleo de sementes tem sido relatada em 12 famílias diferentes, entretanto ocorrem com mais frequência nas famílias Onagraceae (*Oenothera* L.), Boraginaceae (*Borago* L. e *Echium* L.) e Grossulariaceae (*Ribes* L.) (GUNSTONE, 1992; TSEVEGSREN; AITZETMULLER, 1996; VELASCO; GOFMAN, 1999).

Alguns ácidos graxos ou grupos destes são encontrados mais raramente, e muitos deles ocorrendo caracteristicamente no óleo de sementes de apenas algumas plantas relacionadas (HARBORNE; TURNER, 1984), como os cianolipídios, de distribuição mais restrita às Sapindaceae (AVATO et al., 2005), Hippocastanaceae (MØLLER; SEIGLER, 1999) e Boraginaceae (SEIGLER et al., 1970).

A família Sapindaceae possui algumas espécies investigadas em relação à composição de ácidos graxos de sementes, com ênfase nos cianolipídios, entretanto esses trabalhos reportam pouca ou nenhuma inferência taxonômica para o grupo (HOPKINS; SWINGLE, 1967; SEIGLER; KAWAHARA, 1976; ABBURRA; GUZMAN, 1986; ABBURRA et al., 1992; SPITZER, 1996). Para os principais gêneros já existem alguns trabalhos sobre este aspecto: *Allophylus* (AVATO et al., 2005), *Cardiospermum* (ABBURRA; GUZMAN, 1986;

ABURRA et al., 1992; SPITZER, 1996), *Paullinia* (HOPKINS; SWINGLE, 1967; SPITZER, 1995; SPITZER, 1996; LAGO et al., 2000; AVATO et al., 2003) e *Serjania* (ABURRA et al., 1992; PINHO et al., 2009).

A circunscrição da família Sapindaceae e suas relações infrafamiliares tem sido amplamente contestadas, uma vez que a grande similaridade morfológica entre alguns grupos dificultam a identificação de alguns táxons, bem como análises de DNA demonstram relações filogenéticas complicadas e de difícil congruência com dados morfológicos (BUERKI et al., 2010). Diante do exposto, uma análise combinada de diversos tipos de caracteres, tais como morfológicos, moleculares, químicos e anatômicos pode ser a chave para melhor entender e delimitar os táxons em Sapindaceae.

3 ARTIGO 1

Industrial Crops and Products

ÓLEOS DE SEMENTES DE DEZOITO ESPÉCIES NATIVAS DO NORDESTE DO BRASIL COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Resumo: O teor de óleo de sementes, a composição de ácidos graxos e algumas propriedades físico-químicas de 18 espécies nativas ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica brasileira foram determinados. As espécies com sementes de maior biomassa foram: *Sterculia excelsa* (23,2 g), *Guarea guidonia* (12,7 g), *Tovomita brevistaminea* (12,2 g) e *Basiloxylon brasiliensis* (7,8 g). Sementes de *Sterculia excelsa*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Guarea guidonia*, além de *Rauwolfia grandiflora* e *Tabernaemontana flavicans* também apresentaram maior tamanho. O teor de óleo das sementes variou de 25,4% em *Croton floribundus* a 64,2% em *Clusia paralicola*. Todas as espécies analisadas são potencialmente oleaginosas, com teores de óleo acima de 25%, quando comparadas com oleaginosas tradicionais. O perfil dos ácidos graxos foi marcado pelo predomínio de ácidos insaturados como oleico, linoleico e linolênico em 83,3% das espécies, podendo sementes com este perfil ser indicadas como matéria-prima à indústria de biocombustíveis, lubrificantes industriais, plásticos, adesivos, cosméticos e produtos farmacêuticos. Sementes de *Sapium glandulatum*, *Guarea guidonia* e *Tovomita brevistaminea* são ricas fontes de ácidos graxos saturados (45,5 a 65%), sendo indicadas para a indústria de biocombustíveis, sabões e detergentes. Do ponto de vista econômico as espécies que se destacaram com sementes maiores, de maior biomassa e com elevado teor de óleo foram: *Basiloxylon brasiliensis*, *Cissampelos andromorpha*, *Clusia nemorosa*, *C. paralicola*, *Guarea guidonia*, *Rauwolfia grandiflora*, *Sapium glandulosum*, *Sterculia excelsa*, *Tabernaemontana flavicans* e *Tovomita brevistaminea*.

Palavras chave: Óleo de sementes, Biodiesel, ésteres metílicos de ácidos graxos, oleaginosas não tradicionais.

1. Introdução

A produção mundial de ácidos graxos a partir da hidrólise de gorduras e óleos naturais totaliza cerca de 4 milhões toneladas por ano (Gunstone, 1996) e formam a maior proporção de matéria-prima material na indústria química (Bojan e Durairaj, 2012). Estes lipídios vegetais são constituídos principalmente por triglicerídeos (95-98%) e por uma mistura de componentes minoritários (2-5%) os esteróis, vitaminas, hidrocarbonetos, ceras, alcoóis, fenois simples, fosfolipídios e ácidos triterpênicos (Gunstone, 1996; Pinho et al. 2009).

A bioprospecção de espécies vegetais com potencial oleaginoso está em constante ascensão tendo em vista que seus constituintes lipídicos possuem propriedades químicas únicas resultando em um variado aproveitamento em diversos setores da indústria, como, por exemplo, na fabricação de margarinas, sabões, tintas, vernizes, lubrificantes, adesivos, resinas, cosméticos, fármacos, biocombustíveis, dentre outros (Mayworm e Salatino 1996; Azam et al. 2005; Matthaus e Ozcan, 2011). Entretanto, mesmo diante da importância desse recurso e da demanda crescente e elevada requerida pela indústria, poucas são as espécies utilizadas em larga escala no mundo, como a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), canola (*Brassica campestris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), milho (*Zea mays* L.), mamona (*Ricinus communis* L.), e *Jatropha curcas* L. (Bojan e Durairaj, 2012).

O combustível fóssil, base da matriz energética mundial, dá sinais de esgotamento das suas reservas, e atualmente, enfrenta uma forte crise com o aumento da demanda e preço, saturação ambiental devido aos danos inestimáveis ao meio (Azam et al. 2005; Matthaus e Ozcan, 2011; Bojan e Durairaj, 2012). Em contrapartida, é crescente a busca por novas fontes de energia que sejam renováveis e limpas, e os biocombustíveis são apontados como potenciais substitutos do combustível fóssil. Nesse cenário, figuram as plantas oleaginosas para produção de biodiesel, por assegurar uma energia eficaz e limpa, diminuindo assim as perturbações ambientais, além de suas vantagens socioeconômicas (Ramos et al. 2009).

A exploração de recursos florestais tem sido uma das principais formas de suprimento de matéria-prima às indústrias, entretanto, em relação ao suprimento de óleo a partir de plantas nativas, o Brasil, ainda apresenta uma grande lacuna tanto sobre o conhecimento de espécies potencialmente oleaginosas, quanto dos processos relacionados às condições para seu estabelecimento e cultivo (Pinho et al. 2009). A identificação de oleaginosas nativas para

serem cultivadas por pequenos agricultores locais como culturas alternativas para atender à demanda de alimentos e energia permitirá o uso sustentável desses recursos vegetais locais (Mayworm et al. 1998; Silva, 1998).

No nordeste brasileiro os resultados obtidos nos trabalhos de bioprospecção demonstram um campo aberto e promissor à investigação de espécies oleaginosas em famílias que se encontram amplamente distribuídas na Caatinga e no domínio atlântico como Euphorbiaceae (Silva, 1998; Mayworm et al. 1998; Pinho et al. 2009), Sapindaceae (Mayworm et al. 1998), Apocynaceae (Mayworm et al. 1998), e Malvaceae (Silva et al. 2010). No entanto, apesar da conhecida diversidade dos ambientes tropicais, a literatura sobre o aproveitamento econômico do óleo de sementes de espécies nativas ainda é muito escassa, sobretudo em áreas de Caatinga e Floresta Atlântica do Nordeste.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo determinar o teor do óleo, a composição dos ácidos graxos e algumas propriedades físico-químicas do óleo de sementes em 18 espécies de plantas nativas ocorrentes no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, avaliando o potencial para uso em biodiesel e outros setores industriais.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de coleta de frutos/sementes

Sementes de 18 espécies pertencentes a seis famílias botânicas foram coletadas manualmente nos municípios de Recife, São Lourenço da Mata, Paulista, Pombos, Palmares, Cabo de Santo Agostinho e Buíque, Estado de Pernambuco, Brasil, entre os meses de Janeiro de 2011 e outubro de 2012. O comprimento, largura e espessura de 50 sementes por espécie foram mensurados com paquímetro digital *Starrett* com precisão de 0,005"/0,01 mm. O peso de 50 sementes por espécie foi aferido através de balança de precisão com a aproximação de 0,0001 g (Mettler Toledo AG204, Inc., Hightstown, NJ). A listagem das espécies encontra-se na Tabela 1.

2.2 Extração do óleo e análise dos ácidos graxos

As sementes foram desidratadas em estufa a 48 °C por 48 h e trituradas para obtenção do óleo. O óleo foi extraído a partir de 1,5 g de sementes com *n*-hexano em Soxhlet por 8 h (Ahmad et al. 1981). O solvente foi primeiramente removido em evaporador rotatório seguido

Tabela 1. Hábitat, hábito e morfometria de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Família/Espécie	Habitat/Hábito	Dimensões das sementes (mm) ^A			
		Comprimento	Largura	Espessura	Peso (g) ^B
APOCYNACEAE					
<i>Rauwolfia grandiflora</i> Mart. ex A. DC.	F.A/Arb.	21,8 ± 0,7 ^b	8,5 ± 0,6 ^c	4,7 ± 0,4 ^{cd}	6,7
<i>Tabernaemontana flavicans</i> Willd. ex Roem. & Schult.	F.A/Árv.	14,2 ± 0,7 ^c	5,0 ± 0,4 ^{ef}	4,1 ± 0,2 ^{de}	8,9
CLUSIACEAE					
<i>Clusia nemorosa</i> G.Mey.	F.A/Árv.	5,6 ± 0,7 ^d	4,7 ± 0,4 ^{fge}	3,6 ± 0,3 ^f	3,2
<i>Clusia paralicola</i> G. Mariz	F.A/Árv.	5,7 ± 0,7 ^d	4,7 ± 0,4 ^{fg}	3,6 ± 0,3 ^f	3,9
<i>Tovomita brevistaminea</i> Engl.	F.A/Arb.	1,6 ± 0,2 ⁱ	1,5 ± 0,3 ^j	1,1 ± 0,4 ⁱ	12,2
EUPHORBIACEAE					
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	F.A/Arb.	3,6 ± 0,4 ^d	3,5 ± 0,5 ^e	3,1 ± 0,6 ^f	0,3
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	F.A/Árv.	5,8 ± 0,7 ^d	4,6 ± 0,2 ^{fg}	45 ± 0,3 ^d	2,9
<i>Croton nepetifolius</i> Baill.	Caat./Arb.	2,4 ± 0,2 ^h	2,4 ± 0,3 ⁱ	1,5 ± 0,3 ^h	0,2
<i>Euphorbia comosa</i> Vell.	Caat./Arb.	5,8 ± 0,6 ^d	4,7 ± 0,4 ^{fge}	4,5 ± 0,4 ^d	1,6
<i>Microstachys corniculata</i> Juss.	Caat./Arb.	3,6 ± 0,2 ^g	2,5 ± 0,2 ⁱ	2,5 ± 0,3 ^g	0,3
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	F.A/Árv.	7,4 ± 0,5 ^e	5,8 ± 0,6 ^d	4,9 ± 0,5 ^c	2,6
<i>Stillingia trapezoidea</i> Ule	Caat./Arb.	4,7 ± 0,4 ^f	3,6 ± 0,2 ^h	4,5 ± 0,2 ^d	0,7
MALVACEAE					
<i>Basiloxylon brasiliensis</i> (Allemão) K. Schum.	F.A/Árv.	47,9 ± 10,6 ^a	10,0 ± 1,5 ^a	5,7 ± 0,6 ^b	7,8
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	F.A/Árv.	5,8 ± 0,8 ^d	4,9 ± 0,6 ^{ef}	3,7 ± 0,5 ^f	2,3
<i>Christiana africana</i> DC.	F.A/Árv.	5,8 ± 0,6 ^d	4,8 ± 0,6 ^{ef}	3,6 ± 0,3 ^f	1,3
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	F.A/Árv.	57,2 ± 1,9 ^a	33,8 ± 0,8 ^a	5,3 ± 0,6 ^b	23,2

Tabela 1. Cont.

		Dimensões das sementes (mm) ^A			
Família/Espécie	Habitat/Hábito	Comprimento	Largura	Espessura	Peso (g) ^B
MELIACEAE					
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	F.A/Árv.	14,2 ± 0,7 ^c	11,0 ± 1,2 ^b	7,7 ± 0,7 ^a	12,7
MENISPERMACEAE					
<i>Cissampelos andromorpha</i> DC.	F.A/Trep.	5,9 ± 0,5 ^d	4,4 ± 0,3 ^g	4,1 ± 0,5 ^e	5,4

F.A = Floresta Atlântica; Caat. = Caatinga; Árv. = árvore; Arb. = Arbusto; Trep. = Trepadeira.

^A Dados são médias ± DP de 50 sementes; ^B Dados baseados no peso de 50 sementes. Valores na mesma coluna com o mesmo sobrescrito não são significativamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

por fluxo de N₂ e o óleo armazenado sob refrigeração (4 °C) até posterior análise. A porcentagem de óleo das sementes foi calculada por diferença de peso seco.

A partir de 0,025 g de óleo, realizou-se a hidrólise dos triglicerídeos através da adição 1,5 mL da solução de MeOH-KOH (0,5 M), submetendo as amostras à banho-maria (100 °C) por 10 minutos e, posteriormente resfriadas em gelo por 5 minutos. Logo após foram acrescentados 2,5 mL de solução MeOH-BF₃ 14% (Sigma–Aldrich, St. Louis, Missouri) e levadas novamente ao banho-maria por mais 30 minutos e reaquecidas por 5 minutos. Foram adicionados 2,5 mL de uma solução aquosa de NaCl à 1%, juntamente com 3 mL de *n*-heptano, e as amostras foram centrifugadas (730,8 g) por 5 minutos. A umidade foi retirada com a adição de 0,1 g de sulfato de sódio anidro.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados em cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS) em um sistema QP5050 (Shimadzu, Kyoto, Japan). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica DB-5 (difenil 5% e dimetilpolisiloxano 95%, 30 m x 0,25 mm). A temperatura inicial da coluna foi 150 °C por 4 minutos, com taxa de aquecimento de 4 °C/minuto até 280 °C, e mantida a 280 °C por 15 minutos. As temperaturas do detector e injetor foram de 290 °C e 250 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1 mL/minuto e a taxa de split 1:39.

Os ésteres metílicos foram identificados pela comparação com tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (SupelcoTM FAME mix C4-C24, Bellefonte, PA, USA), e por comparação da espectrometria de massas com dados disponíveis de biblioteca Wiley229 (Wiley, New York) e NIST05 (NIST/EPA/NIH). A quantidade relativa

de cada ácido graxo foi determinada pela comparação da área do pico com áreas de picos de amostra de padrão de ácidos graxos.

2.3 Análises físico-químicas do óleo

O Número de Saponificação (NS) e o Índice de Iodo (II) foram calculados empiricamente pelas equações 1 e 2, respectivamente, segundo Kalayasiri et al. (1996) e o número de cetano (NC), conforme a equação 3 (Krisnagkura, 1986).

$$\text{(Eq. 1) } NS = \sum (560 + P_i) / MM_i$$

$$\text{(Eq. 2) } II = \sum (254 + D + P_i) / MM_i$$

$$\text{(Eq. 3) } NC = 46,3 + \frac{5458}{NS} - 0,225 \times II$$

Onde: P_i é o percentual dos ácidos graxos e MM_i a sua massa molecular, D é o número de duplas ligações, SN = número de saponificação e II = índice de iodo.

2.4 Análises estatísticas

O teor de óleo e dos ácidos graxos foi obtido a partir da média de três réplicas. A normalidade e homogeneidade dos dados atestada através do teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) e analisados por Análise de Variância (ANOVA fatorial) e teste de Tukey a posteriori, com nível de significância $p < 0,05$. O software utilizado foi Statistica ver.7.0 (Statsoft® Inc. UK).

3. Resultados e Discussão

3.1 Peso e morfometria das sementes

As análises biométricas para as 18 espécies são mostradas na Tabela 1. As espécies com sementes de maior biomassa foram: *Sterculia excelsa* (23,2 g), *Guarea guidonia* (12,7 g), *Tovomita brevistaminea* (12,2 g) e *Basiloxylon brasiliensis* (7,8 g). Sementes de *Sterculia*

excelsa, *Basiloxylon brasiliensis*, *Guarea guidonia*, além de *Rauwolfia grandiflora* e *Tabernaemontana flavicans* também apresentaram maior tamanho.

3.2 Teor de óleo e perfil de ácidos graxos das sementes

O teor de óleo e o perfil de ácidos graxos são mostrados na Tabela 2. As sementes das espécies apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao teor de óleo que variou de 25,4% em *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) até 64,2 % em *Clusia paralicola* (Clusiaceae). De maneira geral, as espécies apresentaram teores acima de 25%, sendo por isso enquadradas como oleaginosas (Ahmad et al. 1981).

Teores de óleo acima de 40% foram observados em *C. paralicola* (64,2 %), *C. nemorosa* (60,9%) (Clusiaceae), *B. brasiliensis* (56,8 %) (Malvaceae), *R. grandiflora* (53,4%) (Apocynaceae), *T. brevistaminea* (49,5 %) (Clusiaceae), *Croton nepetifolius* (48,5 %) e *Sapium glandulosum* (43,5%) (Euphorbiaceae) (Tabela 2).

3.2.1 Apocynaceae

O teor de óleo das espécies de Apocynaceae variou de 31,5% em *T. flavicans* a 53,4% em *R. grandiflora* (Tabela 2). Este resultado é similar ao encontrado em outros estudos para a família: 34,4% para *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (Mayworm et al. 1998), 60,6% para *Thevetia neriifolia* Juss. ex DC. (Miralles e Pares, 1980) e 67% para *T. peruviana* K. Schum. (Azam et al. 2005).

Os principais ácidos graxos encontrados nas Apocynaceae estudadas foram os ácidos oleico e o linoleico totalizando (77,2%) em *R. grandiflora* (55,7% de oleico e 21,5% de linoleico) e 82,3% em *T. flavicans* (69,5% de oleico e 12,8% de linoleico). A co-ocorrência dos ácidos oleico e o linoleico como majoritário em Apocynaceae já foi detectada em outros estudos (Mayworm et al. 1998; Miralles e Pares, 1980; Daulatabad e Ankalgi, 1985).

Diversas Apocynaceae são indicadas para a indústria de biocombustíveis, lubrificantes industriais, plásticos e adesivos entre elas estão *Alstonia scholaris* L. R.Br. (Dutta et al. 2010), *Rauwolfia* (*Rauwolfia serpentina* Benth e Kurz., *Rauwolfia tetraphylla* L., *Rauwolfia canescens* L. e *Rauwolfia heterophylla* Roem.) (Daulatabad e Ankalgi, 1985), *P. australis* (Spitzer et al. 1995) e *Thevetia neriifolia* e *T. peruviana* (Miralles e Pares, 1980; Azam et al. 2005). O óleo de *A. scholaris* vem sendo indicado para a indústria de cosméticos e produtos farmacêuticos devido à presença dos ácidos oleico e linoleico em quantidades superiores a

50% e compostos bioativos como terpenóides e esteróis com atividade antibacteriana (Dutta et al. 2010). As espécies de Apocynaceae deste estudo pelo seu elevado conteúdo dos ácidos oleico e linoleico poderá encontrar aplicação em cosmética, no entanto, ainda não há estudos sobre o isolamento de compostos bioativos e testes de bioatividade para o óleo de sementes destas espécies.

3.2.2 Clusiaceae

Do gênero *Clusia* (*C. nemorosa* e *C. paralicola*) foram analisadas duas espécies, ambas com elevados teores de óleo (*C. nemorosa* 60,9% e *C. paralicola* 64,2%), bem como a espécie *T. brevistaminea* com 49,5% de óleo (Tabela 2). Outras espécies já analisadas também apresentaram elevados teores de óleo, acima de 50% como *Calophyllum inophyllum* L. 76,9% (Adeyeye, 1991), *Caraipa minor* Huber. 74,7% (Pesce, 1985) e *Mesua ferrea* L. 68,5% (Azam et al. 2005). Desta forma, será de grande valia uma avaliação do potencial de produção de frutos e sementes dessas espécies nativas.

Os ácidos graxos predominantes em *C. nemorosa* e *C. paralicola* foram o oleico, 35,2% e 37,1%, respectivamente, e o linoleico, 33% e 34,5%, respectivamente (Tabela 2) e, em *T. brevistaminea* predominaram os ácidos palmítico (35,5%) e oleico (47,9%). Semelhante composição de ácidos graxos também ocorre nas Clusiaceae, como *C. inophyllum* com 30,1% de oleico e 38,4% de linoleico e *M. ferrea*, 60% de oleico e 15% de linoleico (Adeyeye, 1991; Azam et al. 2005).

Calophyllum innophyllum com elevadas concentrações de oleico e linoleico é indicada para a produção de biodiesel (Venkanna e Venkataramana, 2009), lubrificantes (graxas e fluidos hidráulicos além de óleos de motor). O óleo de *C. innophyllum* apresenta cumarinas as quais se atribui atividade anti-HIV (Spino et al. 1998). O óleo de *Garcinia kola* Heckel. foi indicado a formulação de alimentos ou como ração animal, e ainda foi visto uma atividade antidiabética e uso na indústria cosmética (Aderibigbe, 2012). Existe uma ausência de estudos relacionando à química de frutos e sementes e a atividade biológica de óleos fixos e compostos bioativos em espécies de *Clusia* e *Tovomita* nativas e/ou endêmicas dos ecossistemas brasileiros. O uso de óleos fixos de espécies desta família ricos nos ácidos oleico e linoleico reforça a necessidade de mais estudos com esse enfoque.

Tabela 2. Composição de ácidos graxos de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Família/Espécie	Óleo (%) ^B	Perfil de ácidos graxos (%) ^A												
		12:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0	Outros
APOCYNACEAE														
<i>Rauwolfia grandiflora</i>	53,4 ± 1,7 ^c	-	13,3	-	5,3	55,7	21,5	2,3	-	-	-	-	-	1,9
<i>Tabernaemontana flavicans</i>	31,5 ± 1,6 ^{fg}	-	11,0	-	5,3	69,5	12,8	1,4	-	-	-	-	-	-
CLUSIACEAE														
<i>Clusia nemorosa</i>	60,9 ± 1,1 ^{ab}	-	13,0	-	2,8	35,2	33	0,3	0,6	3,0	11,6	-	0,5	-
<i>Clusia paralicola</i>	64,2 ± 1,3 ^a	-	14,4	-	6,0	37,1	34,5	-	-	1,3	5,4	-	-	1,3
<i>Tovomita brevistaminea</i>	49,5 ± 0,3 ^{cd}	-	35,5	-	5,6	47,9	4,9	0,8	2,0	-	2,4	-	-	0,9
EUPHORBIACEAE														
<i>Actinostemon concolor</i>	27,9 ± 1,1 ^{fg}	-	5,6	-	22,5	45,9	24,0	-	1,0	-	0,1	-	-	0,9
<i>Croton floribundus</i>	25,4 ± 1,6 ^g	-	4,7	-	2,6	-	49,7	39,5	-	1,0	-	-	-	2,5
<i>Croton nepetifolius</i>	48,5 ± 2,7 ^{cd}	-	5,6	-	3,4	-	36,9	53,0	-	-	-	-	-	1,1
<i>Euphorbia comosa</i>	31,0 ± 1,7 ^{fg}	-	5,9	-	2,3	-	14,8	70,4	-	2,5	-	-	-	4,1
<i>Microstachys corniculata</i>	28,2 ± 2,0 ^g	-	5,9	-	3,7	-	18,4	68,7	-	-	-	-	-	3,3

Tabela 2. Cont.

Família/Espécie	Óleo (%) ^B	Perfil de ácidos graxos (%) ^A												
		12:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0	Outros
<i>Sapium gladulatum</i>	43,5 ± 1,4 ^{de}	2,8	56,8	0,21	6,3	22,5	3,4	1,7	-	-	-	-	-	6,3
<i>Stillingia trapezoidea</i>	27,9 ± 0,9 ^g	-	8,8	-	4,1	62,3	24,7	-	-	-	-	-	-	0,1
MALVACEAE														
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	56,8 ± 2,3 ^{bc}	-	35,8	-	1,8	10,2	37,2	1,8	-	-	-	-	-	13,2
<i>Ceiba pentandra</i>	33,2 ± 1,6 ^{eg}	-	22,5	0,3	-	34,8	23,3	1,7	2,5	-	-	0,4	0,1	14,4
<i>Christiana africana</i>	31,6 ± 1,1 ^{gh}	-	23,0	-	-	54,6	16,8	-	-	-	-	-	-	5,6
<i>Sterculia excelsa</i>	39,6 ± 1,6 ^e	-	34,2	-	2,8	21,3	40,0	1,7	-	-	-	-	-	-
MELIACEAE														
<i>Guarea guidonia</i>	29,6 ± 1,8 ^g	1,3	30,9	-	16,2	27,1	20,9	2,3	-	-	-	-	-	1,3
MENISPERMACEAE														
<i>Cissampelos andromorpha</i>	38 ± 1,8 ^{efh}	-	2,2	0,2	8,3	68,9	13,2	3,4	0,1	-	-	-	-	3,7

^A Dados são médias ± DP de três amostras. ^B Dados são médias ± DP de três amostras. Valores na mesma coluna com o mesmo sobrescrito não são significativamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey. 12:0 = ácido láurico; 16:0 = ácido palmítico; 16:1 = ácido palmitoleico; 18:0 = ácido esteárico; 18:1 = ácido oleico; 18:2 = ácido linoleico; 18:3 = ácido linolênico; 20:0 = ácido araquídico ou eicosanóico; 20:1 = ácido gadoleico ou eicosenóico; 22:0 = ácido behênico; 22:1 = ácido erúico; 24:0 = ácido lignocérico; - = não detectado; Outros = ácidos graxos incomuns ou não identificados.

3.2.3 Euphorbiaceae

De Euphorbiaceae foram analisadas sete espécies havendo acentuada variação no teor de óleo entre elas (de 25,4% em *C. floribundus* a 48,5% em *C. nepetifolius*) (Tabela 1). As espécies de Euphorbiaceae estudadas reúne espécies que acumulam os ácidos oleico e linoleico (*A. concolor* e *S. trapezoidea*), espécies que acumulam os ácidos linoleico e linolênico (*C. floribundus*, *C. nepetifolius*, *Euphorbia comosa* e *Microstachys corniculata*), e um terceiro grupo consistindo apenas de *S. gladulatum*, sendo a única que acumulou em maior proporção os ácidos palmítico e oleico (Tabela 2).

As espécies que apresentaram as maiores proporções dos ácidos oleico e linoleico foram *A. concolor* (45,9% e 24%, respectivamente) e *S. trapezoidea* (62,3% e 24,7%, respectivamente) e a baixa concentração do ácido palmítico demonstrou o potencial significativo dessas espécies para biocombustíveis (Aranda-Rickert et al. 2011), como recursos renováveis para a indústria oleoquímica (Azam et al. 2005), de lubrificantes e plásticos, farmacêutica e cosmética (Matthaus e Ozcan, 2011) (Tabela 2).

Os ácidos linoleico e linolênico foram os ácidos graxos insaturados predominantes em *C. floribundus*, *C. nepetifolius*, *Euphorbia comosa* e *Microstachys corniculata*. *E. comosa* e *M. corniculata* acumularam valores excepcionalmente altos do ácido linolênico (70,4 e 68,7% respectivamente). Algumas espécies do gênero *Sebastiania* foram incluídas atualmente no gênero *Microstachys*. *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (Spitzer et al. 1995) e *S. bidentata* (Mart. & Zucc.) Pax. apresentaram elevados teores do ácido oleico e ácido palmítico (Mayworm e Salatino, 1996), o que difere fortemente do perfil dos ácidos graxos de *M. corniculata*.

O fato de uma espécie concentrar em sua biossíntese um tipo específico de ácido graxo dispensa maiores gastos no processo de purificação para exploração (Pinho et al. 2009). Isto torna *E. comosa* e *M. corniculata* economicamente ainda mais interessantes para indústria oleoquímica e combustíveis (Aranda-Rickert et al. 2011), e na produção de vernizes e tintas (Azam et al. 2005).

Na literatura o gênero *Croton* possui espécies que apresentam a predominância tanto dos ácidos oleico e linoleico como *C. fragilis* Schltdl. (Kleiman et al. 1965) e *C. tiglium* (Willd.) (Azam et al. 2005) quanto dos ácidos linoleico e linolênico como *C. adamantinus* Mull. Arg. (Pinho et al. 2009) e *C. gracilis* Kunth. (Kleiman et al. 1965).

É importante ressaltar que em *C. nepetifolius* se obteve o maior teor de óleo (48,5%)

entre todas as espécies de *Croton* já referidas na literatura, como a espécie *C. tiglium* L. com 45% (Azam et al. 2005), *C. adamantinus* com 37,1% (Pinho et al. 2009) e *C. gracilis* com 29% (Kleiman et al. 1965). O fato de *C. nepetifolius* obter excelente teor de óleo e acumular elevada concentração dos ácidos linoleico e linolênico, como nas outras espécies de *Croton* já referidas na literatura, isto não denota que possam ser promissoras economicamente, pois geralmente as espécies deste gênero possuem sementes pequenas e com pouca biomassa (Tabela 1).

Em *S. glandulatum* registraram-se valores excepcionalmente altos do ácido palmítico (56,8%) e oleico (22,5%) e a espécie pode ser indicada para a indústria de sabão e detergente (Silva, 1998) (Tabela 2). O perfil dos ácidos de *S. glandulatum* é equitativo comparando-se ao perfil encontrado para *S. sebiferum* (L.) Roxb. (Azam et al. 2005), com 62,2% do ácido palmítico e 27,4% de oleico.

Neste estudo, a maioria das espécies apresentou predomínio de ácidos insaturados, assim como a literatura indica ser típico em Euphorbiaceae (Kleiman et al. 1965; Azam et al. 2005; Pinho et al. 2009; Aranda-Richert et al. 2011). Muitos óleos de espécies de Euphorbiaceae com predomínio de ácidos insaturados como *Ricinus communis* L., *Jatropha curcas* L. e espécies de *Aleurites*, *Croton*, *Jatropha*, *Sapium* são utilizados na indústria fina para fabricação de componentes plásticos em microcomputadores, biodiesel, farmacêutica, cosmética, lubrificantes e óleos secativos (Azam et al. 2005; Aranda-Richert et al. 2011). No Brasil, a família Euphorbiaceae é muito representativa nos ecossistema de Floresta Atlântica e Caatinga (Mayworm et al. 1998; Pinho et al. 2009). Assim, mais investigações devem ser realizadas com essas espécies para avaliar possíveis aplicações de seus óleos nos diferentes setores da indústria.

3.2.4 Malvaceae

Em Malvaceae o teor de óleo variou de 31,6% em *Christiana africana* a 56,8% em *S. excelsa* (Tabela 2). As quatro espécies analisadas apresentaram em maior quantidade os ácidos palmítico, oleico e linoleico. *B. brasiliensis* acumulou maior proporção do ácido palmítico (35,8%) e linoleico (37,2%); *Ceiba pentandra* acumulou 22,5% de palmítico, 34,8% de oleico e 23,3% de linoleico; *C. africana* acumulou 23% de palmítico, 54,6% de oleico e 16,8% de linoleico, e *S. excelsa* acumulou 34,2% de palmítico, 21,3% de oleico e 40% de linoleico.

Espécies de Malvaceae tem sido bem caracterizadas pela ocorrência dos ácidos palmítico, oleico e linoleico (Ahmad et al. 1976; Sundar Rao et al. 1989; Azam et al. 2005; Silva et al. 2010). Em geral, algumas espécies desta família possuem ótimo valor nutricional (Chaves et al. 2004), entretanto, são em sua maioria tóxicas, devido aos ácidos graxos ciclopropenoídicos como o estercúlico (ácido 9,10-metileno-octadec-9-enóico) e malvático (ácido 8,9- metileno-heptadec-8-enóico) (Chaves et al. 2004). Desta forma, algumas espécies são indicadas para outras finalidades como a indústria farmacológica, a exemplo de *Adansonia digitata* L. (Caluwé et al. 2010), *Sterculia striata* St. Hil. et Naud. (Chaves et al. 2004) e *Hibiscus trionum* L. (Kılıç et al. 2011); indústria de biocombustíveis: *Hibiscus sabdariffa* L. (Nakpong e Wootthikanokkhan, 2010), *Pterygota alata* Rbr (Azam et al. 2005) e espécies de *Sterculia* (Sethusundaram et al. 2012); e indústria cosmética: *Abutilon indicum* Sweet. e *A. muticum* Sweet. (Kashmiri et al. 2009), *A. digitata* (Caluwé et al. 2010), e *H. trionum* (Kılıç et al. 2011).

Neste estudo não foi identificado nas espécies de Malvaceae analisadas nenhum ácido graxo ciclopropênico. No entanto, a ausência dos ácidos ciclopropênicos nas análises não significa que eles não ocorram nas espécies. Segundo alguns autores, a estrutura desses ácidos pode ser facilmente destruída pelo processo extrativo e reação de esterificação, além da decomposição térmica durante análise em GC (Park e Rhee, 1988; Silva et al. 2010).

3.2.5 Meliaceae

G. guidonia, a única espécie de Meliaceae analisada, apresentou 29,6% de teor de óleo com predomínio dos ácidos palmítico (30,9%) e oleico (27,1%). O ácido palmítico e o oleico foram também encontrados em outros gêneros de Meliaceae como *Aglaia*, *Carapa*, *Cedrela*, *Melia* e *Trichilia* (Miralles, 1983; Azam et al. 2005). Segundo Lee et al. (2009) a presença dos ácidos graxos saturados palmítico e esteárico na soja contribui para o aumento de vida útil do seu óleo, sendo um diferencial do óleo de *G. guidonia*, rico nesses ácidos graxos, além do ácido oleico, que o torna interessante para posteriores investigações que avaliem seu potencial alimentício.

Algumas espécies de Meliaceae são utilizadas economicamente na indústria de biocombustíveis, sabões e inseticidas como *Carapa procera* D.C., na fabricação de cosméticos como a *C. guianensis* Aubl. (Konan et al. 2003) e *Azadirachta indica* A. Juss. (Djenontin et al. 2012) e, na indústria farmacêutica como a *Khaya senegalensis* A. Juss.

(Audu-Peter et al. 2006). Alguns autores acreditam no potencial multiuso do óleo de sementes das espécies da família (Audu-Peter et al. 2006; Djenontin et al. 2012) tornando-se de suma importância o trabalho de bioprospecção com as espécies nativas do Brasil.

3.2.6 Menispermaceae

O perfil de ácidos graxos de *Cissampelos andromorpha* é bastante peculiar. A espécie produz sementes com 38% de óleo e demonstrou ser uma excelente fonte do ácido oleico (68,9%). Boas fontes de ácido oleico utilizadas economicamente são a oliva (entre 55 e 83%) (EEC, 2003) e o girassol (entre 28,8 e 78,6%) (Kocjan Ačko, 2008). *C. andromorpha* possui também 13,2% de linoleico, 8,3% de esteárico, e 3,4% de linoleico, uma composição de ácidos graxos semelhantes a que ocorre na soja (Ivanov et al. 2012), girassol (Kocjan Ačko, 2008), dendê (Ramos et al. 2009) e na *Jatropha curcas* (Bojan e Durairaj, 2012).

Em relação ao aproveitamento econômico de espécies de Menispermaceae tem-se *Anamirta cocculus* Wight & Hrn que possui perfil de ácidos graxos interessante para a produção de biodiesel (Azam et al. 2005) e *Sphenocentrum jollyanum* Pierre. que possui óleo com atividade hemaglutinante (Mbaka e Owolabi, 2011). Apesar da elevada concentração de oleico no óleo de *C. andromorpha*, a sua utilização na indústria alimentícia deve ser vista com cautela, pois há relatos de toxicidade no óleo de sementes de *S. jollyanum* (Mbaka e Owolabi, 2011) e algumas Menispermaceae são conhecidas por conterem alcaloides e glicosídeos potencialmente tóxicos em suas sementes (Kashiwaba et al. 2000; Chen et al. 2012).

3.3 Porcentagens de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados, número de saponificação, índice de iodo e número de cetano

Os ácidos graxos das espécies foram analisados quanto à composição percentual de ácidos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. O número de saponificação, índice de iodo e número de cetano desses óleos também foram determinados através de fórmulas empíricas e estão reunidos na Tabela 3. Os ácidos graxos predominantes nas espécies foram os insaturados (83,3% das espécies), assim distribuídos: *T. flavicans* (69,5%), *C. andromorpha* (69,2%), *S. trapezoidea* (62,3%), *R. grandiflora* (55,7%) e *C. africana* (54,6%). Os ácidos graxos poliinsaturados predominaram em quatro espécies de Euphorbiaceae: *C. nepetifolius* (89,9%), *C. floribundus* (89,2%), *M. corniculata* (87,1%) e *E. comosa* (85,2%).

O total da relação insaturado/saturado variou de 0,42 em *S. gladulatum* a 12,3 em *C.*

floribundus (Tabela 3). Apenas em *S. gladiatum* (65,9% de ácidos saturados), *G. guidonia* (48,4%) e *T. brevistaminea* (45,5%) houve um grande acúmulo de ácidos saturados.

Tabela 3. Valor aproximado dos ácidos graxos saturados, insaturados e algumas propriedades físico-químicas do óleo de sementes de 18 espécies ocorrentes na Caatinga e Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Família/Espécie	Nível de saturação (%)					Propriedades físico-químicas		
	Sat	Mono	Poli	Insat (Σ)	Insat/Sat	NS	II	NC
APOCYNACEAE								
<i>Rauwolfia grandiflora</i>	18,6	55,7	23,8	79,5	4,2	196,3	114,8	48,3
<i>Tabernaemontana flavicans</i>	16,3	69,5	14,2	83,7	5,1	62,8	89,5	53,4
CLUSIACEAE								
<i>Clusia nemorosa</i>	28,5	38,2	33,3	71,5	2,5	126,5	94,6	68,1
<i>Clusia paralicola</i>	25,8	38,4	34,5	72,9	2,8	196,9	96,9	52,2
<i>Tovomita brevistaminea</i>	45,5	47,9	5,7	53,6	1,2	202,4	54,1	61,1
EUPHORBIACEAE								
<i>Actinostemon concolor</i>	29,2	45,9	24,0	69,9	2,4	197,4	84,7	54,9
<i>Croton floribundus</i>	7,3	1	89,2	90,2	12,3	195,8	198,9	29,4
<i>Croton nepetifolius</i>	9,0	-	89,9	89,9	10,0	199,2	211,9	26,0
<i>Euphorbia comosa</i>	8,2	2,5	85,2	87,7	10,7	193,1	221,5	25,7
<i>Microstachys corniculata</i>	9,6	-	87,1	87,1	9,1	195,3	221,3	27,4
<i>Sapium gladiatum</i>	65,9	22,7	5,1	27,8	0,4	199,5	12,8	70,7
<i>Stillingia trapezoidea</i>	12,9	62,3	24,7	87	6,7	198,2	100,8	51,2
MALVACEAE								
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	37,6	10,2	39,0	49,2	1,3	179,8	81,2	58,4

Tabela 3. Cont.

Família/Espécie	Nível de saturação (%)					Propriedades físico-químicas		
	Sat	Mono	Poli	Insat (Σ)	Insat/Sat	NS	II	NC
MALVACEAE								
<i>Ceiba pentandra</i>	25,1	35,5	25,0	60,5	2,4	173,9	78,7	57,0
<i>Christiana africana</i>	23,0	54,6	16,8	71,4	3,1	192,0	79,5	56,8
<i>Sterculia excelsa</i>	37,0	21,3	41,7	63,0	1,7	206,9	97,3	50,8
MELIACEAE								
<i>Guarea guidonia</i>	48,4	27,1	23,2	50,3	1,0	200,2	68,5	58,1
MENISPERMACEAE								
<i>Cissampelos andromorpha</i>	10,6	69,1	16,6	85,7	8,1	191,5	95,3	53,3

- = não detectado; Sat = Saturado; Mono = Mono-insaturado; Poli = Poli-insaturado; Insat = Total insaturado; Insat/Sat = Insaturado/Saturado; NS = Número de Saponificação; II = Índice de Iodo; NC = Número de Cetano.

O Índice de Saponificação não é especificado por nenhum método, e é utilizado para determinar casos de adulteração por outro óleo com índice de saponificação bem diferente (Ramos et al. 2009; Ramírez-Verduzco et al. 2012). A norma americana ASTM (*American Society of Testing and Materials*) atribuiu o valor máximo de 115 g ao Índice de Iodo e o mínimo de 47 ao Número de Cetano, e a norma europeia UNE-EN 14214 (2009) especifica que o Índice de Iodo deve ser de no máximo 120 g e o Número de Cetano de no mínimo 51.

Tomando por base a norma americana, todas as espécies analisadas de Apocynaceae, Clusiaceae, Malvaceae, Meliaceae e Menispermaceae e, algumas espécies de Euphorbiaceae como *A. concolor*, *S. gladulatum* e *S. trapezoidea* apresentaram II inferior a 115 g. Este índice é a medida total da insaturação dentro de uma mistura de ácidos graxos, sendo expressa em gramas de iodo que reagem com 100 g de amostra, respectivamente, (Ramos et al. 2009; Ramírez-Verduzco et al. 2012), tendo relação com a quantidade de ésteres convertidos e, consequentemente, com a transesterificação (Djenontin et al. 2012). Este limite para a concentração dos ácidos graxos insaturados através da medida do II não maior que 115 g é necessário devido ao fato de que o aquecimento dos ácidos graxos insaturados em temperaturas muito elevadas resulta em polimerização dos glicerídeos. Isto pode conduzir à formação de precipitados e contribuir para a deterioração do lubrificante (Mittelbach, 1996).

As espécies *C. floribundus*, *C. nepetifolius*, *E. comosa* e *M. corniculata* (Euphorbiaceae) possuem elevadas concentrações dos ácidos linoleico e linolênico. Segundo as normas da UNE-EN 14214 (2009) o teor do ácido linoleico deve ser no máximo 12%, tendo em vista que teor acima deste valor resulta, após o aquecimento, na polimerização de glicerídeos, conduzindo a formação de precipitados, deterioração de lubrificantes e prejudica a estabilidade durante o armazenamento do biodiesel (Liu e White, 1992; Ramos et al. 2009).

Todas as espécies apresentaram NC superior a 47, exceto quatro Euphorbiaceae (*C. floribundus*, *C. nepetifolius*, *E. comosa* e *M. corniculata*). O número de cetano é um parâmetro de qualidade do biocombustível amplamente utilizado, relacionado com o tempo de ignição, qualidade de combustão e melhor desempenho do motor, garantindo boa partida e minimizando a formação de fumaça (Bello et al. 2012). As espécies que apresentaram o NC maior que 47, II inferior a 115 g, teor de linoleico menor que 12% e perfil de ácidos graxos indicado para biodiesel, além de elevada biomassa de sementes foram: *Rauwolfia grandiflora*, *Tabernaemontana flavicans* (Apocynaceae), *Clusia nemorosa*, *Clusia paralicola* (Clusiaceae), *Basiloxylon brasiliensis*, *Ceiba pentandra*, *Christiana africana*, *Sterculia excelsa* (Malvaceae), *Guarea guidonia* (Meliaceae) e *Cissampelos andromorpha* (Menispermaceae).

S. gladiatum – Euphorbiaceae apresentou NC = 70,7, sendo o maior dentre as espécies analisadas no presente estudo, provavelmente por apresentar os ácidos palmítico (56,8%), oleico (22,5%), esteárico (6,3%) e láurico (2,8%), com 65,9% de ácidos graxos saturados e 22,5% de ácidos monoinsaturados. Elevados NC ocorreram também em *C. nemorosa* (68,1), *T. brevistaminea* (61,1) Clusiaceae, *B. brasiliensis* (58,4) (Malvaceae) e *G. guidonia* (58,1) (Meliaceae). Baixos NC foram associados com os componentes mais insaturados, principalmente os ácidos linoleico e linolenico e os NC elevados foram observadas para os ésteres de ácidos graxos saturados tais como o ácido palmítico e esteárico, e os monoinsaturados oleico, gadoleico e erúico (Ramos et al. 2009).

4. Considerações finais

Do ponto de vista econômico as espécies que se destacaram com sementes de maior biomassa e com elevado teor de óleo foram: *Basiloxylon brasiliensis*, *Cissampelos andromorpha*, *Clusia nemorosa*, *C. paralicola*, *Guarea guidonia*, *Rauwolfia grandiflora*, *Sapium glandulosum*, *Sterculia excelsa*, *Tabernaemontana flavicans* e *Tovomita*

brevistaminea. A maioria das espécies pode ser indicada para a produção de biodiesel, com exceção de *Sapium gladiatum* e *Tovomita brevistaminea*, mais indicadas para sabões e detergentes. As espécies de Apocynaceae, Clusiaceae e Malvaceae, além de algumas Euphorbiaceae (*A. concolor* e *S. trapezoidea*) podem ser indicadas para formulação de cosméticos, por apresentarem em maior proporção os ácidos palmítico, esteárico, oleico e linoleico, entretanto, estudos para detectar compostos bioativos e possíveis efeitos tóxicos devem ser realizados. Alguns óleos de sementes de Apocynaceae, Malvaceae e Meliaceae mencionados na literatura possuem atividade antibacteriana, sendo necessários mais estudos para avaliar possíveis atividades biológicas do óleo das espécies aqui apresentadas.

5. Referências

- Aderibigbe, S.A., 2012. Antimicrobial Activities of *Garcinia kola* Seed Oil against Some Clinical Microbial Isolates. Int. Res. J. of Pharmaceuticals. 2, 68-72.
- Adeyeye, A., 1991. Studies of seed oils of *Garcinia kola* and *Calophyllum inophyllum*. J. Sci. Food Agric. 57, 441-442.
- Ahmad, M.M., Husain, S.K., Ahmad, M., Osman, S.M., 1976. Cyclopropenoid fatty acids in seed oils of *Sida acuta* and *Sida rhombifolia* (Malvaceae). J. Am. Oil. Chem. Soc. 53, 698-699.
- Ahmad, M.U., Hussain, S.K., Osman, S.M., 1981. Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. J. Am. Oil Soc. 58, 673-674.
- Aranda-Rickert, A., Morzán, L., Fracchia, S., 2011. Seed oil content and fatty acid profiles of five Euphorbiaceae species from arid regions in Argentina with potential as biodiesel source. Seed Sci. Res. 21, 63-68.
- Audu-Peter, J.D., Olorunfemi, P.O., Njoku, N., 2006. Antimicrobial and pharmaceutical properties of *Khaya senegalensis* seed oil. J. Pharm. Bioresource 3, 19-24.
- Azam, M.M., Waris, A., Nahar, N.M., 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. Biomass Bioenerg. 29, 293-302.
- Bello, E.I., Out, F., Osasona, A., 2012. Cetane number of three vegetable oils, their biodiesels

- and blends with diesel fuel. J. Petrol. Technol. Altern. Fuel 3, 52-57.
- Bojan, S.G., Durairaj, S.K., 2012. Producing Biodiesel from High Free Fatty Acid *Jatropha Curcas* Oil by A Two Step Method- An Indian Case Study. J. Sustain. Energ. Environ. 3, 63-66.
- Caluwé, E., Halamová, K., Damme, P.V., 2010. *Adansonia digitata* L. – A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Afrika Focus 23, 11-51.
- Chaves, M.H., Barbosa, A.S., Neto, J.M.M., 2004. Caracterização Química do Óleo da Amêndoa de *Sterculia striata* St. Hil. et Naud. Quim. Nova. 27, 404-408.
- Chen, Q., Zhang, J., Zhang, W., Chen, Z., 2012. Analysis of active alkaloids in the Menispermaceae family by nonaqueous capillary electrophoresis-ion trap mass spectrometry. J. Sep. Sci. 36, 234-255.
- Dalvi, S., Sonawane, S., Pokharkar, R., 2012. Preparation of Biodiesel of Undi seed with In-situ Transesterification. Leonardo El. J. Pract. Technol. 20, 175-182.
- Daulatabad, C.D., Ankalgi, R.F., 1985. Studies on Apocynaceae Seed Oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 87, 247-249.
- Djenontin, T.S., Wotto, V.D., Avlessi, F., Lozano, P., Sohounholué, D.K.C., Pioch, D., 2012. Composition of *Azadirachta indica* and *Carapa procera* (Meliaceae) seed oils and cakes obtained after oil extraction. Ind. Crop Prod. 38, 39– 45.
- Dutta, M., Senn, S., Laskar S., 2010. Fatty acid composition of *Alstonia scholaris* (Linn.) R. Br. seed oil having some antibacterial principles. Biosci. Biotechnol. Res. 7, 481-484.
- Eec, 2003. Characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods EEC Regulation 1989/2003. O. J. Europ. Com. 298, 57–66.
- Gunstone, F.D., 1996. Fatty Acid and Lipid Chemistry. Springer.
- Hosamani, K.M., Hiremath, V.B., Keri, R.S., 2009. Renewable energy sources from *Michelia champaca* and *Garcinia indica* seed oils: A rich source of oil. Biomass and Bioenerg. 33, 267-270.

- Kalayasiri, P., Jayashke, N., Krisnangkura, K., 1996. Survey of seed oils for use as diesel fuels. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73, 471–474.
- Kashiwaba, N., Ono, M., Toda, J., Suzuki, H., Sano, T., 2000. Aporphine glycosides from *Stephania cepharantha* seeds. *J. Nat. Prod.* 63, 477–479.
- Kashmiri, M.A., Yasmin, S., Ahmad, M., Mohy-Ud-Din, A., 2009. Characterization, Compositional Studies, Antioxidant and Antibacterial Activities of Seeds of *Abutilon indicum* and *Abutilon muticum* Grown Wild in Pakistan. *Acta Chim. Slov.* 56, 345–352.
- Kleiman, R., Smith Jr., C. R., Yates, S. G., Jones, Q., 1965. Search for new industrial oils. XII. Fifty-eighth Euphorbiaceae oils, including one rich in vernolic acid. *J. Am. Oil Chem.* 42, 169-172.
- Kiliç, C.S., Aslan, S., Kartal, M., Coskun, M., 2011. Fatty Acid Composition of *Hibiscus trionum* L. (Malvaceae). *Rec. Nat. Prod.* 5, 65-69.
- Kocjan Ačko, D., 2008. Some economically important properties of sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.) in the field trials performed at Biotechnical faculty. *Acta Agric. Slov.* 91, 47 - 58.
- Konan, Y.L., Sylla, M.S., Doannio, J.M.C., Traoré, S., 2003. Comparison of the effect of two Excipients (karit nut butter and vaseline) on the efficacy of *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis* and *Carapa procera* oil-based repellents formulations against mosquitoes biting in Ivory Coast. *Parasit Vectors* 10, 181–184.
- Krisnangkura, K., 1986. A simple method for estimation of Cetane index of vegetable oil methyl esters. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63, 552–553.
- Lee, J.D., Woolard, M.D.A., Sleper, J.R., Smith, V.R., Pantalone, C.N.N., Liu, H.R., White, P.J., 1992. Oxidative stability of soybean oils with altered fatty acid compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69, 528 - 532.
- Matthaus, B., Ozcan, M.M., 2011. Fatty Acids, Tocopherol, and Sterol Contents of Some *Nigella* Species Seed Oil. *J. Food Sci.* 29, 145–150.
- Mayworm, M. A. S., Salatino, A., 1996. Fatty acid composition of ‘Cerrado’ seed oils. *J. Sci.*

- Food Agr.. 72, 226-230.
- Mayworm, M.A.S., Nascimento, A.S., Salatino, A., 1998. Seeds of species from the “caatinga”: proteins, oils and fatty acid contents. Rev. bras. bot. 21, 299-303.
- Miralles, J., Pares, Y., 1980. Fatty acid composition of some oils from Senegalese seeds. Rev. Fr. Crops Gras. 27, 393-396.
- Nakpong, P., Wootthikanokkhan, S., 2010. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) oil as an alternative feedstock for biodiesel production in Thailand. Fuel. 89, 1806–1811.
- Park, S.W., Rhee, K.C., 1988. A capillary GC determination of cyclopropanoid fatty acids in cottonseed oils. J. Food Sci. 53, 1497-1502.
- Pesce, C., 1985. Oil palms and other oilseeds of the Amazon. Reference Publ. Inc. Michigan.
- Pinho, R. S., Oliveira, A. F. M., Silva, S. I., 2009. Potential oilseed crops from de semiarid region of northeastern Brazil. Bioresour. Technol. 100, 6114-6117.
- Ramírez-Verduzco, L.F., Rodríguez-Rodríguez, J.E., Jaramillo-Jacob, A.R., 2012. Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. Fuel. 91, 102–111.
- Ramos, M.J., Fernández, C.M., Casas, A., Rodríguez, L., Pérez, A., 2009. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. Bioresour. Technol. 100, 261–268.
- Sahoo P. K., Das L. M., Babu M. K. G., Naik S. N., 2007. Biodiesel development from high acid value polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine. Fuel. 86, 448–454.
- Sethusundaram, P. P., Govindasamy, P., Arulshri, K. P., 2012. *Sterculia* Oil on Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine with Water Cooled Exhaust Gas Recirculation. Eur. J. Sci. Res. 91, 91-99.
- Silva, S.I., 1998. Euphorbiaceae da Caatinga: distribuição de espécies e potencial oleaginoso. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- Silva, A.C.O., Oliveira, A.F.M., Santos, Y.A.C., Silva, S.I., 2010. An approach to

- chemotaxonomy to the fatty acid content of some Malvaceae species. *Biochem. Syst. Ecol.* 38, 1035–1038.
- Spino, C., Dodier, M., Sotheeswaran, S., 1998. Anti-HIV coumarins from *Calophyllum* seed oil. *Bio-org. Med. Chem. Lett.* 8, 3475-3478.
- Spitzer, V., Rates, S.M.K., Henriques, A.T., Marx, F., 1995. The Fatty Acid Composition of the Seed Oil of *Peschiera australis* (Apocynaceae). *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 9, 334–335.
- Sundar Rao, K., Jones, G.P., Rivett, D.E., Tucker, D.J., 1989. Cyclopropene fatty acids of six seed oils from Malvaceae. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 66, 360–361.
- UNE-EN 14214, 2009. Automotive fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines. Requirements and test methods.
- Venkanna, B.K., Venkataramana Reddy, C., 2009. Biodiesel production and optimization from *Calophyllum inophyllum* linn oil (honne oil) – A three stage method. *Bioresour. Technol.* 100, 5122-5125.

4 ARTIGO 2

Biochemical Systematics and Ecology

ÁCIDOS GRAXOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES SAPINDACEAE E SUA CONTRIBUIÇÃO QUIMIOTAXONÔMICA

Resumo: A circunscrição da família Sapindaceae e suas relações infrafamiliares têm sido amplamente contestadas, uma vez que a grande similaridade morfológica entre alguns grupos dificultam a identificação de alguns táxons. Análises de DNA também demonstraram relações filogenéticas complexas e de difícil congruência com dados morfológicos. Diante do exposto, o presente trabalho se propôs a investigar a distribuição dos ácidos graxos de sementes de 11 espécies de Sapindaceae, distribuídas em duas subfamílias e quatro tribos, visando testar seu possível significado quimiotaxonômico. Ao todo foram identificados 11 ácidos graxos com predomínio dos ácidos gadoléico (seis espécies) e oleico (três espécies). Um fenograma obtido a partir do perfil de ácidos graxos do óleo de sementes mostrou a formação de dois agrupamentos: o primeiro, devido a elevada concentração do ácido gadoléico, reuniu todas as espécies dos gêneros *Paullinia* e *Serjania*, ambos pertencentes a tribo Paullineae. O segundo agrupamento apresentou uma menor similaridade química com espécies pertencentes a diferentes tribos. Ainda assim, foi verificado que neste cluster, o perfil de ácidos graxos agrupou as espécies do gênero *Allophylus* (Tribo Thouinieae). Os resultados obtidos evidenciam, portanto, que a composição de ácidos graxos de sementes apresenta um bom suporte quimiotaxonômico isolando a Tribo Paullineae e separando as espécies pertencentes aos gêneros *Paullinia* e *Serjania*.

Palavras-chaves: Óleos de sementes, fenética, quimiotaxonomia.

1. Introdução

A família Sapindaceae *stricto sensu* (s.s.) compreende 136 gêneros e 1756 espécies com distribuição predominantemente pantropical. No Brasil, a família está representada por 25 gêneros e 411 espécies, 187 destas endêmicas das florestas Amazônica, e Floresta Atlântica, além da Caatinga, um tipo de floresta seca semidecídua do Nordeste do Brasil, e Cerrado, um ecossistema de savana localizado principalmente no Brasil central (Somner et al., 2010). *Serjania* é o maior gênero com 220 espécies seguido de *Paullinia* (150) e *Allophylus* (100) (Somner et al., 2012).

Algumas espécies de Sapindaceae são reconhecidas por seu valor alimentício e econômico como o guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) endêmico da região amazônica, cujas sementes são utilizadas na fabricação de sucos e refrigerantes. Espécies do gênero *Talisia* Aubl., possuem frutos comestíveis, conhecidos na região nordeste do Brasil como pitomba ou pitombeira. Os frutos de *Sapindus saponaria* L. (sabonete-de-soldado) são ricos em saponinas, substâncias que podem ser utilizadas na fabricação de sabão (Sommer, 2001).

Taxonomicamente, as espécies de Sapindaceae apresentam uma grande similaridade morfológica e uma alta plasticidade fenotípica o que dificulta a identificação de alguns de seus táxons. As análises de DNA também demonstram relações filogenéticas complexas e de difícil congruência com dados morfológicos (Sommer, 2001; Harrington et al., 2005; Buerki et al., 2009; Buerki et al., 2010). Espécies pertencentes aos gêneros *Cupania* L., *Matayba* Aubl., *Cardiospermum* L., *Paullinia* L. e *Serjania* Vell., por exemplo, não são facilmente reconhecidas, principalmente em estado vegetativo, devido a grande similaridade morfológica existente (Radlkofer, 1933; Müller e Leenhouts, 1976; Radlkofer, 1890, 1933; Sommer, 2001).

Relações entre espécies de Sapindaceae têm sido intensamente investigadas morfolologicamente (Barkley, 1957; Müller e Leenhouts, 1976; Judd et al., 2002). Caracteres como hábito, indumento, tipo de folha, número, formato e margem dos folíolos, domácias, tipos de inflorescências, formato do apêndice petalóide e tipos de frutos são tidos como caracteres morfológicos essenciais para a delimitação das espécies (Radlkofer, 1892, 1900; Radlkofer, 1931, 1934; Sommer, 2001). De acordo com Judd et al. (2009), Sapindaceae *sensu lato* (s.l.) possui como principais sinapomorfias: aminoácidos ciclopropanicos, pétalas apendiculadas, estames 8 ou menos, filetes pubescentes ou papilosos, óvulos sésseis, flores com disco nectarífero extraestaminal e embrião curvo com dobra na testa, além de sementes

frequentemente ariladas.

A circunscrição da família, bem como os relacionamentos infrafamiliares, tem sido amplamente contestados desde o primeiro tratamento de Sapindaceae s.s., proposto por Radlkofer (1890, 1933) (Sommer, 2001). Com o intuito de auxiliar os estudos em taxonomia morfológica, alguns trabalhos já foram realizados utilizando técnicas como as análises moleculares de DNA e cromossomos (Lombello e Forni-Martins, 1998; Harrington et al., 2005; Buerki et al., 2009; Buerki et al., 2010) e composição de ácidos graxos de sementes, com ênfase nos cianolipídios (Hopkins e Swingle, 1967; Seigler e Kawahara, 1976; Abburra e Guzman, 1986; Abburra et al., 1992; Spitzer, 1996).

Diferentes metabólitos secundários têm sido investigados sobre seu potencial taxonômico. Ácidos graxos de sementes (Abburra e Guzman, 1986; Aburra et al., 1992; Velasco e Gofman, 1999; Mayworm e Salatino, 2002; Silva et al., 2010), flavonóides (Svehlíková et al., 2002) e ceras cuticulares (Maffei et al., 1997; Costa-Filho, 2012; Silva et al., 2012) são algumas das classes de metabólitos que têm auxiliado tanto a taxonomia clássica como a taxonomia molecular na obtenção de informações sobre possíveis relações entre grupos de espécies.

Neste estudo, são apresentados os resultados de uma análise fenética com base na composição de ácidos graxos de sementes de onze espécies de Sapindaceae, visando testar a sua utilidade no entendimento das afinidades tribais e interespecíficas, discutindo seu possível significado quimiotaxonômico. Em adição, a composição de ácidos graxos das espécies *Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk., *A. laevigatus* Radlk., *Filicium decipiens* Thwaites, *Paullinia pinnata* L., *P. trigonia* Vell., *Serjania caracasana* Willd, *S. salzmänniana* Schltdl. e *Talisia esculenta* Radlk são descritas pela primeira vez neste estudo.

2. Materiais e métodos

2.1. Material Vegetal

Sementes das espécies foram coletadas em populações naturais localizadas nas cidades de Recife, São Lourenço da Mata, Paulista e Buíque (Estado de Pernambuco) e em João Pessoa (Estado da Paraíba) entre os meses de janeiro de 2011 a maio de 2012. Vouchers das espécies foram depositados nos Herbários UFP (Universidade Federal de Pernambuco) e PEUFR (Universidade Federal Rural de Pernambuco) (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de Sapindaceae coletadas nos estados de Pernambuco (PE) e Paraíba (PB), Nordeste do Brasil.

Tribos*/Espécies	Localidade	Hábito	Origem	Voucher
Thouinieae				
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil.) Hieron. ex Niederl	PE, Recife, Aldeia	Árvore	Nativa ¹	UFP 69.883
<i>A. quercifolius</i> (Mart.) Radlk.	PE, Buíque, Fazenda Laranjeiras	Árvore	Nativa ¹	PEUFR 50.502
<i>A. laevigatus</i> Radlk.	PB, João Pessoa, Universidade Federal	Árvore	Nativa ¹	UFP 69.885
Doratoxyleae				
<i>Filicium decipiens</i> Thwaites	PE, Recife, Parque Estadual Dois Irmãos	Árvore	Cultivada ¹	PEUFR 50.502
Paullineae				
<i>Paullinia elegans</i> Cambess.	PE, Recife, Parque Estadual Dois Irmãos	Trepadeira	Nativa ¹	UFP 69.840
<i>P. pinnata</i> L.	PE, Paulista, Caetés	Trepadeira	Nativa ¹	UFP 69.882
<i>P. trigonia</i> Vell.	PE, Recife, Aldeia	Trepadeira	Nativa ¹	PEUFR 50.501
<i>Serjania caracasana</i> Willd	PE, Paulista, Jardim Paulista	Trepadeira	Nativa ¹	PEUFR 57
<i>S. lethalis</i> A.St.-Hil	PE, Buíque, Fazenda Laranjeiras	Trepadeira	Nativa ²	UFP 69.83
<i>S. salzmanniana</i> Schltdl.	PE, Recife, Parque Estadual Dois Irmãos	Trepadeira	Nativa ¹	UFP 69.841
Melicocceae				
<i>Talisia esculenta</i> Radlk	PE, Paulista, Artur Lundgren	Árvore	Nativa ¹	UFP 69.841

* De acordo com a classificação de Radlkofer (1933). ¹ Floresta Atlântica, ² Caatinga (floresta tropical seca)

2.2 Extração de óleo e análise dos ácidos graxos

As sementes foram desidratadas em estufa a 48 °C por 48 h e posteriormente trituradas para obtenção do óleo. O óleo foi extraído com *n*-hexano em Soxhlet por 8 h (Ahmad et al.,

1981). O solvente foi primeiramente removido em evaporador rotatório seguido por fluxo de N₂ e o óleo armazenado sob refrigeração (4 °C) até posterior análises.

A partir de 0,025 g de óleo, realizou-se a hidrólise dos triglicerídeos através da adição 1,5 mL da solução de MeOH-KOH (0,5 M), submetendo as amostras a banho-maria (100 °C) por 10 minutos e posteriormente resfriadas em gelo por 5 minutos. Logo após foram acrescentados 2,5 mL de solução MeOH-BF₃ à 14% (Sigma–Aldrich, St. Louis, Missouri) e levadas novamente ao banho-maria por mais 30 minutos e reaquecidas por 5 minutos. Foram adicionados 2,5 mL de uma solução aquosa de NaCl 1%, juntamente com 3 mL de *n*-heptano, e as amostras foram centrifugadas (730,8 g) por 5 minutos. A umidade foi retirada com a adição de 0,1 g de sulfato de sódio anidro.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados em cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS) em um sistema QP5050 (Shimadzu, Kyoto, Japan). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica DB-5 (difenil 5% e dimetilpolisiloxano 95%, 30 m x 0,25 mm). A temperatura inicial da coluna foi 150 °C por 4 minutos, com taxa de aquecimento de 4 °C/minuto até 280 °C, e mantida a 280 °C por 15 minutos. As temperaturas do detector e injetor foram de 290 °C e 250 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1 mL/minuto e a taxa de split 1:39.

Os ésteres metílicos foram identificados pela comparação com tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (SupelcoTM FAME mix C4-C24, Bellefonte, PA, USA), e por comparação da espectrometria de massas com dados disponíveis de biblioteca Wiley229 (Wiley, New York) e NIST05 (NIST/EPA/NIH). A quantidade relativa de cada ácido graxo foi determinada pela comparação da área do pico com áreas de picos de amostra de padrão de ácidos graxos.

2.3 Análises Numéricas

A distribuição quantitativa dos ácidos graxos de sementes e seus percentuais obtidos por cromatografia gasosa (Tabela 2) foram utilizados para o cálculo da Distância Euclidiana para determinação da similaridade através método UPGMA. Para a verificação do ajuste entre a matriz de dados e o dendrograma, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (*r*). Todas as análises foram realizadas utilizando o software NTSYS 2.11X (Rohlf, 2005).

3. Resultados e Discussão

3.1 Composição dos ácidos graxos de sementes

Um total de 11 ácidos graxos entre o C12:0 (ácido láurico) e o C22:1 (ácido erúrico) foram identificados no óleo das espécies investigadas (Tabela 2). O perfil de ácidos graxos das espécies é predominantemente insaturado (53,1 - 91,3%). O ácido gadoléico ou 9-eicosenóico (C20:1; 15,2 - 69,6%) foi o ácido graxo predominante em metade das espécies investigadas, notadamente nas espécies três espécies de *Serjania* (abundância maior que 60%) e nas três espécies do gênero *Paullinia* (abundância maior que 40%). Os ácidos oleico (C18:1; 5,9 - 31,6%) e araquídico (C20:0; 3,4 - 25,1%) predominaram nas três espécies de *Allophylus* analisadas. Os ácidos linoleico (C18:2; 1,7 - 31,7%) e palmítico (C16:0; 0,7 - 28,6%) foram detectados em maior proporção em *Filicium decipiens* (Tabela 2). *Talisia esculenta* foi a única espécie que acumulou majoritariamente os ácidos linolênico (36,4%) e linoleico (23%). O ácido láurico foi detectado apenas em *F. decipiens*.

O perfil dos ácidos graxos de sementes em Sapindaceae é caracterizado pela presença de ácidos graxos de cadeia longa, como os ácidos gadoléico, araquídico e oleico (Aburra et al., 1992; Avato et al., 2005; Azam et al., 2005; Mayworm e Salatino, 1996). A composição de ácidos graxos dos óleos de sementes de Sapindaceae investigados é consistente com o padrão de ácidos graxos encontrado em diferentes estudos, a exceção do ácido linolênico detectado em *A. edulis* e não reportado para a espécie por Aburra et al. (1992) e dos ácidos linoleico e o linolênico reportados para *P. elegans* em Spitzer (1995) não detectados no presente estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição dos ácidos graxos de sementes de 11 espécies de Sapindaceae.

Tribos/Espécies	Composição de ácidos graxos (%)											
	12:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:0	22:1	Outros
Thouinieae												
<i>Allophylus edulis</i>	-	4,7	0,9	2,5	21,2	4,2	11,6	18,2	15,2	-	-	
<i>A. quercifolius</i>	-	5,7	-	2,5	31,6	4,0	-	25,1	21,3	-	-	
<i>A. laevigatus</i>	-	6,4	1,4	3,4	29,4	6,1	7,0	20,2	17,8	-	0,9	
Doratoxyleae												
<i>Filicium decipiens</i>	8,5	28,6	-	1,9	18,9	31,7	2,9	-	-	-	-	
Paullineae												
<i>Paullinia elegans</i>	-	0,7	0,9	0,6	8,3	-	-	13,5	42,5	13,1	2,1	
<i>P. pinnata</i>	-	1,4	1,4	-	5,9	2,5	-	17,1	53,3	1,4	1,8	
<i>P. trigonia</i>	-	3,8	-	2,3	13,6	2,4	3,2	18,6	48,1	-	2,8	
<i>Serjania caracasana</i>	-	2,2	-	1,6	8,8	1,4	-	9,6	69,4	-	5,0	
<i>S. lethalis</i>	-	3,2	-	-	9,7	1,7	-	15,8	69,6	-	-	
<i>S. salzmanniana</i>	-	1,0	-	-	7,6	-	-	3,4	64,7	3,4	19,0	
Melicocceae												
<i>Talisia esculenta</i>	-	8,9	-	11,0	18,1	23,0	36,4	-	-	-	-	

- = não detectado. 12:0 = ácido láurico; 16:0 = ácido palmítico; 16:1 = ácido palmitoléico; 18:0 = ácido esteárico; 18:1 = ácido oleico; 18:2 = ácido linoleico; 18:3 = ácido linolênico; 20:0 = ácido araquídico; 20:1 = ácido gadoléico; 22:0 = ácido behênico; 22:1 = ácido erúico.

3.2 Similaridade química

Alguns estudos reportaram a composição de ácidos graxos de espécies de Sapindaceae, porém poucos para fins taxonômicos (Hopkins e Swingle, 1967; Seigler e Kawahara, 1976; Abburra e Guzman, 1986; Abburra et al., 1992; Spitzer, 1996). As 11 espécies analisadas pertencem a duas subfamílias e quatro tribos de Sapindaceae (Radlkofer, 1933): Subfamília Dyssapindaceae: Tribo Doratoxyleae (*Filicium decipiens*); Subfamília

Eusapindaceae: Tribo Melicocceae (*Talisia esculenta*), Tribo Paullineae (*Paullinia elegans*, *P. pinnata*, *P. trigonia*, *Serjania caracasana*, *S. lethalis*, e *S. salzmanniana*) e a Tribo Thouinieae (*Allophylus edulis*, *A. quercifolius* e *A. laevigatus*) (Tabela 1).

O perfil quantitativo dos ácidos graxos do óleo de sementes levou à construção de um fenograma o qual mostrou a formação de dois agrupamentos (Figura 1). Um valor de correlação cofenética (r) igual 0,82 foi obtido, o que representa bom ajuste entre a matriz de dados e o fenograma obtido (Rohlf e Fisher, 1968).

O primeiro cluster, devido a elevada concentração do ácido gadoléico, agrupou todas as espécies dos gêneros *Paullinia* (acima de 40% de gadoléico) e *Serjania* (acima de 60%) analisadas. De acordo com Radlkofer (1933), estes dois gêneros pertencentes à Tribo Paullineae. A elevada concentração do ácido gadoléico já foi relatada em outras espécies do gênero *Paullinia* como *P. carpopodea* (52,8%) (Lago et al., 2000) e *P. elegans* (44,4%) e *Paullinia meliaefolia* (47,1%) (Spitzer, 1995) e em espécies de *Serjania* como *S. glabrata* (65,6%) e *S. perulaceae* (69,1%) (Aburra et al., 1992), *S. erecta* (62,3%) (Mayworm e Salatino, 1996) e *S. lethalis* (69,6%) (Pinho et al., 2009), espécie esta, aqui analisada. O alto teor do ácido gadoléico nas espécies do gênero *Serjania* (acima de 60%) sugere que este ácido é um potencial marcador químico para o gênero (Mayworm e Salatino, 1996; Pinho et al., 2009). O fenograma obtido mostrou um maior valor de similaridade entre *Serjania caracasana* e *S. lethalis*. Morfologicamente, estas espécies exibem muitas semelhanças, como os ramos glabros e cilíndricos, folhas biternadas com pecíolo caniculado, flores pequenas com pétalas espatuladas e obovadas, apresentando um apêndice petaloide com crista bífida (Acevedo-Rodríguez, 1993).

O segundo agrupamento apresentou uma menor similaridade química com espécies pertencentes a diferentes tribos (Doratoxyleae, Melicocceae e Thouinieae). Ainda assim, foi verificado que neste cluster, o perfil de ácidos graxos agrupou as espécies de *Allophylus* analisadas (Tribo Thouinieae). Os ácidos oleico, araquídico e gadoléico têm sido identificados em *Allophylus edulis* (C18:1 - 35,1%; C20:0 - 13,8%; C20:1 - 31,6%) (Aburra et al., 1992), *A. natalensis* (Sonder) De Winter (C18:1 - 43,4%; C20:0 - 4,2%; C20:1 - 14,1%) e *A. dregeanus* (Sonder) De Winter, (C18:1 - 22,7%; C20:0 - 4,7%; C20:1 - 14,9%) (Avato et al., 2005), o que corrobora nossos resultados.

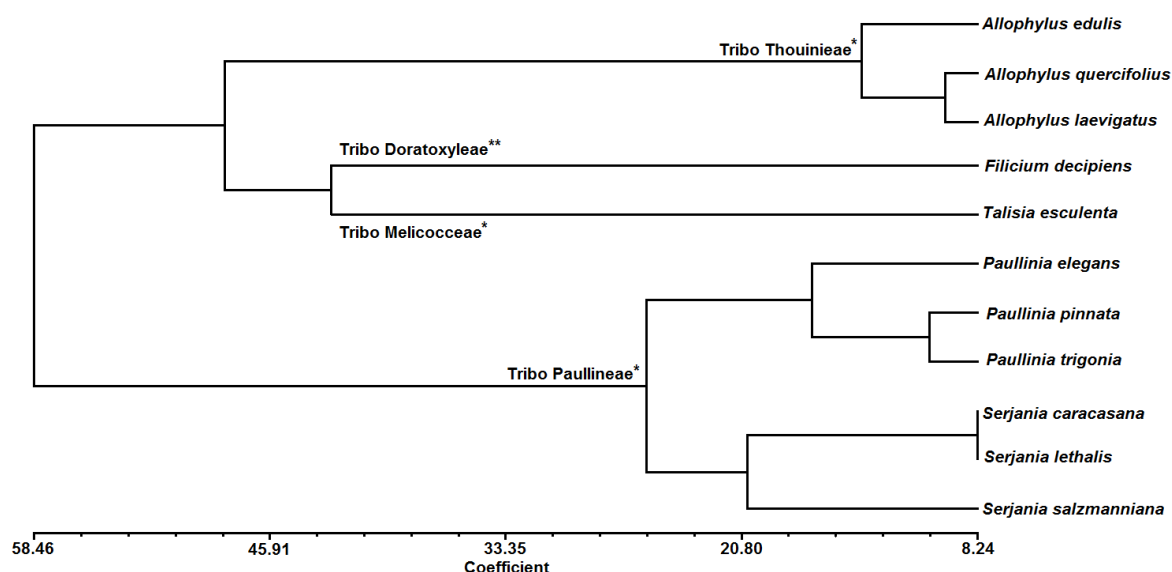


Figura 1. Fenograma de similaridade (Distâncias Euclidianas/UPGMA) baseado na distribuição de ácidos graxos do óleo de sementes de algumas espécies de Sapindaceae.

* Subfamília Eusapindaceae, ** Subfamília Dyssapindaceae.

A Tribo Paullinieae é caracterizada por apresentar hábito trepador, estípulas, gavinhas e dois a quatro nectários conspícuos na base da flor, dividindo-a em dois clados principais: o “grupo *Serjania*” abrangendo os gêneros com frutos esquizocárpicos como *Serjania* Miller, *Houssayanthus* Hunz. e *Lophostigma* Radlk., e o “grupo *Paullinia*” contendo os gêneros com cápsulas septifragais *Paullinia* L., *Cardiospermum* L. e *Urvillea* Kunth (Acevedo-Rodríguez, 1993). Os gêneros *Paullinia* e *Serjania* também possuem grãos-de-pólen com forma triangular equatorial, mas em *Paullinia* os grãos-de-pólen são tricolporados isopolares e em *Serjania* são hemitricolporados heteropolares (Cruz e Melhem 1984, Acevedo-Rodríguez, 1998; Somner, 2001). Embora ambos gêneros estejam enquadrados em um mesmo cluster (Figura 1), os dados do perfil de ácidos graxos também distinguem estes dois gêneros, devido, principalmente, à presença majoritária do ácido gadoleico em *Serjania*.

Aburra et al. (1992) analisaram o perfil de ácidos graxos de sementes de nove espécies de Sapindaceae pertencentes a três tribos Cupanieae (duas espécies), Paullinieae (seis) e Thouinieae (uma) constatando que *Allophylus edulis* (Thouinieae) ficava no mesmo grupo das espécies da Tribo Paullinieae. Harrington et al. (2005) analisaram as sequências plastidiais (matK e rbcL) de três gêneros pertencentes à tribo Paullinieae (*Cardiospermum*, *Paullinia* e *Serjania*) e quatro gêneros de Thouinieae (*Allophylus*, *Bridgesia*, *Diatenopteryx*, e *Guindilia*),

e encontraram um grupo monofilético consistente que apoiava somente o reconhecimento da Tribo Paullinieae. Segundo estes autores, a tribo Thouineae devia ser expandida para incluir todos os membros de Paullinieae. Nossos resultados, no entanto, não suportam a inclusão de Paullinieae dentro de Thouineae, devido, principalmente, ao baixo teor do ácido gadoleico verificado nos representantes da Tribo Thouineae. As espécies de *Allophylus* analisadas também apresentaram uma maior percentual de ácido oleico em relação às espécies pertencentes à Tribo Paullinieae analisadas (Tabela 2).

Morfologicamente, as espécies da Tribo Doratoxyleae e Melicocceae são distintas da Tribo Paullinieae por apresentarem frutos indeiscentes com mesocarpo carnoso (Sommer et al., 2010). Análises filogenéticas também distinguiram Doratoxyleae e Melicocceae da Tribo Paullinieae (Harrington et al., 2005). Nossas análises mostraram que o perfil de ácidos graxos para as espécies destas três tribos também é distinto (Tabela 2). Os ácidos gadoleico e araquídico, por exemplo, não foram encontrados no óleo de sementes de *F. decipiens* e *T. esculenta* (Tribos Doratoxyleae e Melicocceae, respectivamente).

Embora as espécies pertencentes às Tribos Doratoxyleae e Melicocceae apresentem no presente estudo uma menor similaridade em relação à Tribo Paullinieae, o número de táxons amostrados foi pequeno para maiores considerações. É conhecido que espécies do gênero *Filicium* possuem um óvulo por lóculo, diferentemente do que é geralmente encontrado em membros de Melicocceae (Harrington et al., 2005). É necessária uma maior amostragem de representantes pertencentes às Tribos Doratoxyleae e Melicocceae para uma análise mais real sobre o potencial quimiotaxonômico dos ácidos graxos na diferenciação desses táxons a partir de outras tribos.

Do ponto de vista da quimiosistemática, nossos resultados evidenciam que a composição de ácidos dá suporte a separação da Tribo Paullinieae das demais estudadas. Os ácidos graxos agruparam as espécies pertencentes ao mesmo gênero, denotando que possíveis afinidades infragenéricas e intraespecíficas podem ser mais bem avaliadas através de uma análise com mais táxons da família.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro.

Referências

- Abburra, R. E., Guzman, C. A., 1986. Estudios fitoquímicos en *Sapindaceas* Argentinas I. Sobre La composición del aceite de semillas en el género *Cardiospermum*. An. Asoc. Quím. Argent. 74, 571-574.
- Abburra, R.E., Zygadlo, J.A., Guzman, C.A., 1992. Fatty acids variation in Sapindaceae. Biochem. Syst. Ecol. 20, 469-471.
- Acevedo-Rodríguez, P., 1993. Systematic of *Serjania* (Sapindaceae). Part I: a revision of *Serjania* sect. *Platycoccus*. New York Botanical Garden.
- Acevedo-Rodríguez, P., 2003. Melicocceae (Sapindaceae): *Melicoccus* and *Talisia*. Flora Neotropica 87. New York Botanical Garden Press.
- Ahmad, M. U., Husain, S. K., Osman, S. M., 1981. Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. J. Amer. Oil Chem. Soc. 58, 673-674.
- Avato, P., Pesante, M.A., Fanizzi, F.P., Santos, C.A., 2003. Seed oil composition of *Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. Lipids 38, 773 – 780.
- Avato, P.; Rosito, I.; Papadia, P., Fanizzi, F.P., 2005. Cyanolipid-rich Seed Oils from *Allophylus natalensis* and *A. dregeanus*. Lipids 40, 1-6.
- Azam, M.M., Waris, A., Nahar, N.M., 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in Índia. Biomass and Bioenerg. 29, 293–302.
- Barkley, F. A., 1957. Sapindaceae of Southern South America. Lilloa. 28, 111 - 179.
- Buerki, S., Forest, F., Acevedo-Rodríguez, P., Callmander, M.W., Nylander, J.A.A., Harrington, M., Sanmartín, I., Küpfer, P., Alvarez, N., 2009. Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). Mol. Phylogenet. Evol. 51, 238–258.
- Buerki, S., Lowry, P.P., Alvarez, N., Razafimandimbison, S.G., Küpfer, P., Callmander, M.W., 2010. Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family,

- Xanthoceraceae. *Plant Ecol. Evol.* 143, 148-161.
- Cruz, M.A.V., Melhem, T.S., 1984. Estudos polínicos em Sapindaceae. *Rev. Brasil. Bot.* 7, 5 – 25.
- Harrington, M.G., Edwards, K.J., Johnson, S.A., Chase, M.W., Gadek, P.A., 2005. Phylogenetic inference in Sapindaceae *sensu lato* using plastid matK and rbcL DNA sequences. *Syst. Bot.* 30, 366–382.
- Hopkins, C.Y., Swingle, R., 1967. Eicosenoic Acid and Other Fatty Acids of Sapindaceae Seed Oils. *Lipids* 2, 258–260.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F., 2002. *Plant systematics, a phylogenetic approach*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F., Donogue, M.J., 2009. *Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed.
- Lago, R.C.A., Simone, M.P.S.C., Pinto, A., 2000. On the Occurrence of Cyanolipids in *Paullinia carpopodea* Cambess and *P. cupana* Kunth Seed Oils. *Acta Amaz.* 30, 101–105.
- Lombello, A.R., Forni-Martins, E.R., 1998. Chromosomal studies and evolution in Sapindaceae. *Caryologia* 51, 81-93.
- Maffei, M., Meregalli, M., Scannerini, S., 1997. Chemotaxonomic significance of surface wax alkanes in the Cactaceae. *Biochem. Syst. Ecol.* 25, 241- 253.
- Mayworm, M.A.S., Salatino, A., 1996. Fatty acid composition of ‘Cerrado’ seed oils. *J. Sci. Food Agric.* 72, 226-230.
- Mayworm, M.A.S., Salatino, A., 2002. Distribution of seeds fatty acids and the taxonomy of Vochysiaceae. *Biochem. Syst. Ecol.* 30, 961-972.
- Mikolajczak, K., Smith, C. Tjarks, L., 1970. Cyanolipids of *Cardiospermum halicacabum* and other sapindaceous seed oils. *Lipids* 5, 812-818.
- Müller, J., Leenhouts, P.W., 1976. A general survey of pollen types in Sapindaceae in relation

- to taxonomy. In: Ferguson, I.K., Müller, J. (Eds.). The Evolutionary Significance of the Exine. Academic Press, London.
- Pinho, R.P., Oliveira, A.F.M., Silva, S.I., 2009. Potential oilseed crops from the semiarid region of northeastern Brazil. *Bioresour. Technol.* 100, 6114–6117.
- Radlkofer, L. 1892-1900. Sapindaceae. In: Martius, C.F. – *Flora Brasiliensis*. 13, 225-679.
- Radlkofer, L., 1890. Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen. *Sitzungsberichte der Mathematisch-Physikalischen Classe der Bayrischen Akademie der Wissenschaften zu München* 20, 105–379.
- Radlkofer, L., 1931. Sapindaceae In: Engler, A. (Editor). *Das Pflanzenreich*, 98 Engelmann, Leipzig.
- Radlkofer, L., 1933-1934. Sapindaceae. In: Engler A. (Ed.) *Das Pflanzenreich: Regni Vegetabilis Conspectus* (IV) 165 (Heft 98ah). Leipzig (Wilhelm Engelmann).
- Rohlf, F.J., 2005. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System. Exeter Publishing Ltd, Setauket, NY.
- Rohlf, F.J., Fisher D.L., 1968. Test for hierarchical structure in random data sets. *Syst. Zool.* 17, 407-412.
- Seigler, D.S., Kawahara, W., 1976. New Reports of Cyanolipids from Sapindaceous Plants *Biochem. Syst. Ecol.* 4, 263–265.
- Silva, A.C.O., Oliveira, A.F.M., Santos, D.Y.A.C., Silva, S.I., 2010. An approach to chemotaxonomy to the fatty acid content of some Malvaceae species. *Biochem. Syst. Ecol.* 38, 1035–1038.
- Silva, K.M.M., Agra, M.F., Santos, D.Y.A.C., Oliveira, A.F.M., 2012. Leaf cuticular alkanes of *Solanum* subg. *Leptostemonum* Dunal (Bitter) of some northeast Brazilian species: Composition and taxonomic significance. *Biochem. Syst. Ecol.* 44, 48–52.
- Svehlíková, V., Mráz, P., Piacente, S., Marhold, K., 2002. Chemotaxonomic significance of flavonoids and phenolic acids in the *Hieracium rohacsense* group (*Hieracium* sect. *Alpina*; Lactuceae, Compositae). *Biochem. Syst. Ecol.* 30, 1037–1049.

- Spitzer, V., 1995. GLC–MS Analysis of the fatty acids of the seed oil, triglycerides and cyanolipid of *Paullinia elegans* (Sapindaceae) - a rich source of *cis*-13-eicosenoic acid (paullinic acid). J. High Resolut. Chromatogr. 18, 413–416.
- Spitzer, V., 1996. Fatty acid composition of some seed oils of the Sapindaceae. Phytochemistry 42, 1357-1360.
- Sommer, G.V., 2001. *Paullinia* L. (Sapindaceae): Morfologia, taxonomia e revisão de *Paullinia* sect. Phygoptiton. Tese (Doutorado) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica.
- Sommer, G.V., Ferrucci, M.S., Acevedo-Rodrigues, P., 2010. Sapindaceae. In: Forzza, R.C. et al. 2010. Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
- Sommer, G.V., Ferrucci, M.S. & Acevedo-Rodríguez, P. 2012. *Paullinia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011/FB020914>).
- Velasco, L., Goffman, F.D., 1999. Chemotaxonomic significance of fatty acids and tocopherols in Boraginaceae. Phytochemistry 52, 423-426.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o presente trabalho de dissertação evidenciou o potencial biocombustível e sistemático dos ácidos graxos de sementes de inúmeras espécies ocorrentes na floresta atlântica e caatinga pernambucana, destacando que ainda se faz necessário muitos outros estudos para a efetiva utilização dessas espécies no mercado biotecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBURRA, R. E.; GUZMAN, C. A. Estudios fitoquímicos en *Sapindaceas* Argentinas I. Sobre la composición del aceite de semillas en el genero *Cardiospermum*. **Asociación Química Argentina**, 74, 571-574, 1986.
- ABBURRA, R.E.; ZYGADLO, J.A.; GUZMAN, C.A. Fatty acids variation in Sapindaceae. **Biochemical Systematics and Ecology**, 20, 469-471, 1992.
- AITZETMÜLLER, K.; TSEVEGSÜREN, N.; WERNER, G. Seed oil fatty acid patterns of the *Aconitum-Delphinium-Helleborus* complex. **Plant Systematics and Evolution**, 215, 37-47, 1999.
- AKBAR, E.; YAAKOB, Z.; KAMARUDIN, S.K.; ISMAIL, M.; SALIMON, J. Characteristic and composition of *Jatropha Curcas* oil seed from malaysia and its potential as biodiesel feedstock. **European Journal of Operational Research**, 29, 396-403, 2009.
- ALEXANDER, W. Immunonutrition: The role of ω -3 fatty acids. **Nutrition**, 14, 627-633, 1998.
- ALVARENGA, S.A.V. et al. Chemosystematic studies of natural compounds isolated from Asteraceae: characterization of tribes by principal component analysis. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, 56, 27-37, 2001.
- ARREBOLA, M.R.B. et al. Estudo dos componentes lipídicos das sementes de três espécies do gênero *Cordia* L. (Boraginaceae), **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 14, 57-65, 2004.
- AVATO, P. et al. Cyanolipid-rich seed oils from *Allophylus natalensis* and *A. dregeanus*. **Lipids**, 40, 323-329, 2005.
- AZAM, M.M.; WARIS, A.; NAHAR, N.M. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. **Biomass and Bioenergy**, 29, 293-302, 2005.
- BAGGIO, B.; MUSAACHIO, E.; PRIANTE, G.; Polyunsaturated fatty acids and renal fibrosis: pathophysiologic link and potential clinical implications. **Journal of Nephrology**, 18, 362-7, 2005.
- BAUMAN, D.E.; LOCK, A.L. **Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance**. Fox and McSweeney. Advanced Dairy Chemistry Springer, New York, 3, 93-136, 2006.

- BARTON, D.; NAKANISHI, K., METH-COHN, O. **Comprehensive natural products chemistry: isoprenoids including carotenoids and steroids**. Oxford: Elsevier Science Ltda. 2, 1-243, 1999.
- BAGCI, E. Fatty acid composition of some *Astragalus* L., species from Turkey. **Chemistry of Natural Compounds**, 6, 645-648, 2006.
- BAGCI, E. Fatty acids and tocochromanol patterns of some Turkish Apiaceae (Umbelliferae) plants; a chemotaxonomic approach. **Acta Botanica Gallica**, 154, 143-151, 2007.
- BAGCI, E.; SAHIN, A. Fatty acid patterns of the seed oils of Some *Lathyrus* L. (Papilionidae) from Turkey, A Chemotaxonomic Approach, **Pakistan Journal of Botany**, 36, 403-413, 2004.
- BAGCI, E. et al. Fatty acid and tocochromanol patterns of some Turkish Boraginaceae. **Nordic Journal of Botany**. 45: 123-145. 2004.
- BAGCI, E. et al. Fatty acid and tocochromanol patterns of *Salvia* L. species. **Zeitschrift für Naturforschung**, 59, 305-309, 2004.
- BELITZ, H.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2^a ed. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A., 1992.
- BIERMANN, U. et al. New Syntheses with oils and fats as renewable raw materials for the chemical industry. **Angewandte Chemie International Edition**. Ed., 39, 2206-2224, 2002.
- BONANOME, A.; GRUNDY, S.M.; Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein, **New England Journal of Medicine**. 318, 1244-1248, 1988.
- BUERKI, S. et al. Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. **Plant Ecology and Evolution**. 143, 148-161, 2010.
- BURDOCK, G.A. Fenaroli's handbook of flavor ingredients. **Food Technology**, 57, 17, 2005.
- CAMPBELL, S. et al. Development of gamma (g)-tocopherol as a colorectal cancer chemopreventive agent. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, 47, 249-259, 2003.
- CARVALHO, P.O. et al. Aplicação de lípases microbianas na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, 26, 175-180, 2003.
- CERDEIRAS, M.P. et al. A new antibacterial compound from *Ibicella lutea*. **Journal of**

- Ethnopharmacology**, 73, 521-525, 2000.
- CHOW, C.K. **Fatty Acids in Foods and Their Health Applications**. Marcel Dekker, New York, 564p, 2000.
- COSTA FILHO, L.O. et al. Foliar cuticular n-alkane of some Croton species from Brazilian semiarid vegetation. **Biochemical Systematics and Ecology**, 41, 13-15, 2012.
- CUNICO, M.M. **Estudo Fitoquímico e das atividades antimicrobianas da *Ottonia martiniana* Miq. Piperaceae, PR, Curitiba-PR**. Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas, UFPR, 83p, 2001.
- DALEY, C.A. et al. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, 9, 10, 2010.
- DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmico**, 5, 33-40, 2004.
- DEWEY, A. et al. Eicosapentaenoic acid (EPA, an omega-3 fatty acid from fish oils) for the treatment of cancer cachexia. **Cochrane Database Syst Rev**, 1, 12-45, 2007.
- DYERBERG, J.; BANG, H.; JORNE H. O. N-Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. **American Journal of Clinical Nutrition**, 28, 958-966, 1975.
- DUSSERT, S. et al. Effectiveness of the fatty acid and sterol composition of seeds for the chemotaxonomy of *Coffea* subgenus *Coffea*. **Phytochemistry**, 69, 2950-2960, 2008.
- DUTRA, R.C. et al. Atividades antimicrobiana e leishmanicida das sementes de *Pterodon emarginatus* Vogel. **Revista Brasileira de farmacognosia**, 19, 429-435, 2009.
- ELISIA, I. et al. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. **Food Chemistry**, 101, 1052-1058, 2007.
- FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão de ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, 28, 19-23, 2005.
- FERRUCCI, L. et al. Relationship of plasma polyunsaturated fatty acids to circulating inflammatory markers. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, 91, 439- 446, 2006.
- FILHO, A.L.M.; PEREIRA, M.R.R. Atividade antimicrobiana de óleos extraídos de açaí e de pupunha sobre o desenvolvimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. **Bioscience Journal**, 28, 598-603, 2012.
- FLACK, E. Butter, margarine, spreads, and baking fats. In: **Lipid Technologies and**

- Applications** (F. D. Gunstone and F. B. Padley, eds.). Marcel Dekker, New York, p. 305, 1997.
- GOFFMAN, F.D; GALLETTI, S. Gamma-linolenic acid and tocopherol contents in the seed oil of 47 accessions from several *Ribes* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49, 349-354, 2001.
- GOLLNICK, H.; SCHRAMM, M. Topical drug treatment in acne. **Dermatology**, 196, 119-125, 1998.
- GÖREN, A.C. et al. Chemotaxonomic evaluation of Turkish species of *Salvia*: fatty acid compositions of seed oils. **Biochemical Systematics and Ecology**, 34, 160-164, 2006.
- GOTTLIEB, O.R. Phytochemicals: differentiation and function. **Phytochemistry**, 29, 1715-1724, 1990.
- GRAHAM, S.A., KLEIMAN, R., Seed lipids of the Lythraceae. **Biochemical Systematics and Ecology**, 15, 433-439, 1987.
- GUNSTONE, F., **Fatty acid and lipid chemistry**. 1th Ed. Blackie Academic & Professional, 252p., 1996.
- GUNSTONE, F.D. Procedures used for lipid modification. In: **Structured and Modified Lipids** (F. D. Gunstone, ed.). Marcel Dekker, New York, 11-35p., 2001.
- GUNSTONE, F.D.; HARWOOD, J.L.; DIJKSTRA, A.J. **The lipid handbook with CD-Rom**. 3 ed. CRC press. 569p., 2007.
- HARBORNE, J.B.; TURNER, B.L. **Plant chemosystematics**. London, Academic Press. 562p., 1984.
- HARTWEG, J. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) for type 2 diabetes mellitus. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 1, 23-44, 2008.
- HERMANN, K. M.; WEAVER, L. M. The shikimate pathway. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 50, 473-503, 1999.
- HOHN M.E.; MEINSCHEN W.G. Seed oil fatty acids: Evolutionary significance in the Nyssaceae and Cornaceae. **Biochemical Systematics and Ecology**, 4, 193-199, 1976.
- HOPKINS, C.Y.; SWINGLE, R. Eicosenoic Acid and Other Fatty Acids of Sapindaceae Seed Oils, **Lipids**, 2, 258-260, 1967.
- JANAUN, J.; ELLIS, N. Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14, 1312-1320, 2010
- KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables. **International Journal of**

- Food Science and Technology**, 36, 703-725, 2001.
- KESARI, V.; DAS, A.; RANGAN, L. Physico-chemical characterization and antimicrobial activity from seed oil of *Pongamia pinnata*, a potencial biofuel crop. **Biomass and Bioenergy**, 34, 108-115, 2010.
- KOCJAN AČKO, D. Some economically important properties of sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.) in the field trials performed at Biotechnical faculty. **Acta agriculturae Slovenica**, 5, 91-1, 2008.
- LAGO, R.C.A.; SIMONE, M.P.S.C.; PINTO, A. On the Occurrence of Cyanolipids in *Paullinia carpopodea* Cambess and *P. cupana* Kunth Seed Oils, **Acta Amazonica**, 30, 101-105, 2000.
- LEVEY, A.S.; et al. Using standardized serum creatinine values in the Modification of Diet in Renal Disease study equation for estimating glomerular filtration rate. **Annals of Internal Medicine**, 145, 247-54, 2006.
- LIU, R. H. et al. Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. **Food Chemistry**, 112, 454-460, 2009.
- LIAU, S.S. **A chemotaxonomic study of the' "Rutales"' of Scholz (in Engler, Syllabus 12, 1964)**. Tese de Doutorado. Departamento de Botânica, Universidade de Montreal, 238p., 1970.
- LIM, W.S. et al. Omega 3 fatty acid for the prevention of dementia. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 1, 1-41, 2006.
- LIO, P.A.; KAYE, E.T. Topical antibacterial agents. **Infectious Disease Clinics of North America**, 23, 945-963, 2009.
- LIU, R.H. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. **American Journal of Clinical Nutrition**, 78, 517-520, 2003.
- MAN, J.M. **Chemical and Physical Properties of Fatty Acids. Fatty Acids in Foods and their Health Implications**, Third Edition. Chapter 2. Edited by Ching Kuang Chow, 17-45p., 2007.
- MARÍN, M.J.G.; GARCÍA, F.P. Obtaining and Characterization of Biodiesel from Castor Oil (*Ricinus communis*) and Sunflower (*Helianthus annuus*) Grown in Tabasco, Mexico. **International Journal of Applied Science and Technology**, 9, 1-17, 2012.
- MAYWORM, M.A.S. **Ácidos graxos de sementes de plantas do cerrado**. Dissertação de

- Mestrado, Universidade de São Paulo. 125p., 1994.
- MAYWORM, M.A.S.; SALATINO, A. Distribution of seeds fatty acids and the taxonomy of Vochysiaceae. **Biochemical Systematics and Ecology**, 30, 961-972, 2002.
- MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaiba - *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 2, 12-34, 2009.
- MISHIMA, K. et al. Vitamin E isoforms α -tocotrienol and γ -tocopherol prevent cerebral infarction in mice. **Neuroscience Letters**, 337, 56-60, 2003.
- MØLLER, B.L.; SEIGLER, D.S. Biosynthesis of Cyanogenic Glycosides, Cyanolipids, and Related Compounds, in Plant Amino Acids. **Biochemistry and Biotechnology** (Singh, B.K., ed.), Marcel Dekker, New York, 3, 563-609, 1999.
- MURPHY, D.J. Biogenesis, function and biotechnology of plant storage lipids. **Progress in Lipid Research**. Oxford, 2, 71-85, 1994.
- MURPHY, R.C.; FIEDLER, J.; HEVKO, J. Analysis of Nonvolatile Lipids by Mass Spectrometry. **Chemical Reviews**. 101, 479-526, 2001.
- NWOKOCHA, A.; BLESSING, I.O.; AGABAGWA, B.E. Comparative phytochemical screening of *Jatropha* L. species in the Niger Delta. Res. **Phytochemistry**, 5, 107-114, 2011.
- OHLROGGE, J.B. Design of new plant products: Engineering of fatty acid metabolism. **Plant Physiology**, 104, 821-826, 1994.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, 19, 1-15, 2000.
- ÖZCAN, T. Fatty Acid Profiles of the Seed Oils in Two Groups of *Anchusa officinalis* L. **Journal of Biological**, 1, 65-71, 2008.
- PERKINS, E.G.; ERICKSON M. D. (eds.). **Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications**. AOCS Press, Champaign IL, 342p., 1996.
- PINHO, R. S.; OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, S. I. Potencial oilseed crops from de semiarid region of northeastern Brazil. **Bioresource Technology**, 100, 6114-6117, 2009.
- PIIRONEN, V. et al. A Review. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 80, 939-966, 2000.
- PUGIALLI, H.R.L.; KAPLAN, M.A.; GOTTLIEB, Q.R. Quimiotaxonomia da superordem

- Zingiberiflorae (Sensu Dahlgren) i. flavonoides como marcadores quimiosistemáticos. **Acta Botânica Brasílica**, 2, 1-243, 1993.
- RAJAH, K.S. Manufacture of marketable yellow fats: butter, margarine spread, ghee and vanaspati. In: **LFRA Oils and Fats Handbook Series**, Vol. 1, Vegetable Oils and Fats (B. Rossell ed.). Leatherhead, UK, 434p., 1999.
- RAMOS, M.J. et al. Influence of fatty acid composition of raw material on biodiesel properties. **Bioresource Technology**, 100, 261–268, 2009.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Assessment of the provitamin A contents of foods – the Brazilian experience. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, US, 9, 196-230, 1996.
- ROSSELL, J. B. Manufacture and use of fats in frying. In: **LFRA Oils and Fats Handbook Series, Vol. 1, Vegetable Oils and Fats** (Rossell, ed.). Leatherhead, UK, 434p., 1999.
- SCARPA, A.; GUERCI, A. Various uses of the castor oil plant (*Ricinus communis*). **A Review Ethopharmacology**. 5, 117-137, 1982.
- SCRIMGEOUR, C. **Chemistry of Fatty Acids. Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, Sexta Edição, Editado por Fereidoon Shahidi., 44p., 2005.
- SEAMAN, F. Sesquiterpene lactones as taxonomic markers in the Asteraceae. **Botanical Review**, 48, 121-595, 1982.
- SEIGLER, D.S. et al. Structure and Reactions of a Cyanogenetic Lipid from *Cordia verbenacea* DC. Seed Oil. **Chemistry and Physics of Lipids**, 4, 147–161, 1970.
- SEIERSTAD, S.L. et al. Dietary intake of differently fed salmon; the influence on markers of human atherosclerosis. **European Journal of Clinical Investigation**, 35, 52–59, 2005.
- SEN, C. K., KHANA, S., ROY, S. Tocotrienols: Vitamin E beyond tocopherols. **Life Sciences**. 78, 2088–2098, 2006.
- SENANAYAKE, N.S.P.J.; SHAHIDI, F. Lipid components of borage (*Borago officinalis* L.) seeds and their changes during germination. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, 1, 55-61, 2000.
- SILVA, K.M.M. et al. Leaf cuticular alkanes of *Solanum* subg. *Leptostemonum* Dunal (Bitter) of some northeast Brazilian species: Composition and taxonomic significance. **Biochemical Systematics and Ecology**, 44, 48–52, 2012.
- SILVEIRA, C.S. et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de *Syagrus oleracea* e *Mauritia vinífera*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 5, 143-148, 2005.

- SONIBARE, M.A.; JAYEOLA, A.A.; ADEYEMI, E. Chemotaxonomic significance of leaf alkanes in species of *Ficus* (Moraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, 33, 79–86, 2005.
- SPITZER, V. GLC–MS Analysis of the Fatty Acids of the Seed Oil, Triglycerides and Cyanolipid of *Paullinia elegans* (Sapindaceae)—A Rich Source of *cis*-13-Eicosenoic Acid (paullinic acid). **Journal of High Resolution Chromatography**, 18, 413–416, 1995.
- SPITZER, V. Fatty acid composition of some seed oils of the Sapindaceae. **Phytochemistry**, 5, 1357-1360, 1996.
- TAMURA, Y. et al. Clinical and epidemiological studies of eicosapentaenoic acid (EPA) in Japan. **Progress in Lipid Research**, 25, 461–466, 1986.
- THERIAULT, A. et al. Tocotrienol: A review of its therapeutic potential. **Clinical Biochemistry**, 32, 309-319, 1999.
- TIWARI, A.; KUMAR, A.; E RAHEMAN, H. Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: an optimized process. **Biomass and Bioenergy**, 31, 569-575, 2007.
- TSEVEGSREN, N.; AITZETMULLER, K. g- Linolenic and Stearidonic acids in Mongolian Boraginaceae. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, 73, 1681-1684, 1996.
- TURNER, D.; STEINHART, A.H.; GRIFFITHS, A.M. Omega 3 fatty acids (fish oil) for maintenance of remission in ulcerative colitis. **Cochrane database of systematic reviews**, 3, 12-33, 2007.
- UNE-EN 14214. **Automotive fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines.** Requirements and test methods, 2009.
- VELASCO, L.; GOFFMAN, F.D., Chemotaxonomic significance of fatty acids and tocopherols in Boraginaceae. **Phytochemistry**, 52, 423-426, 1999.
- YUYAMA, L. K. O. et al. Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, 4, 409-415, 1998.

ANEXO 1

Industrial Crops and Products



Industrial Crops and Products, an International Journal, publishes academic and industrial research on **industrial** (non-food) **crops** and **products**, containing both crop-oriented and product-oriented research papers - a platform where agricultural research meets industrial R&D.

For more information/suggestions/comments please contact AuthorSupport@elsevier.com

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click [here](#) for more information on our author services.

Please see our Guide for Authors for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

Hide full aims and scope

Editors-in-Chief: N. Belgacem, M.T. Berti, M.J. Pascual-Villalobos, D.T. Ray
[View full editorial board](#)

Impact Factor: 2.469

Guide for Authors

<http://www.elsevier.com/journals/industrial-crops-and-products/0926-6690/guide-for-authors>

ANEXO 2

Biochemical Systematics and Ecology



Biochemical Systematics and Ecology is devoted to the publication of original papers and reviews, both submitted and invited, in two subject areas: (i) the application of **biochemistry** to problems relating to **systematic biology** of organisms (**biochemical systematics**); (ii) the role of biochemistry in interactions between organisms or between an organism and its environment (**biochemical ecology**). Papers will be grouped in each issue according to subject area. Research papers should generally be of completed investigations. Preliminary reports will be published where findings are considered to be of sufficient interest to justify rapid publication. In addition, short reports of new sources of known compounds (New Source Reports) will be accepted where they can be justified in terms of systematic or ecological significance. These reports must be written to a standard format.

One volume will appear annually and eleven issues will constitute a volume. All manuscripts should be sent directly to the Editor-in-Chief, Professor Monique Simmonds. Before preparing their contributions, Authors are earnestly requested to study the latest Notes to Contributors, which were last published in Vol. 31, No. 5 (copies of these instructions are available from the Executive Editors.) The contents of papers are the sole responsibility of the Authors and publication does not imply the concurrence of Editors or Publisher.

Biochemical Systematics and Ecology welcomes suitable books for review. Please send sample copies to the Editor-in-Chief.

Hide full aims and scope

Editor-in-Chief: M.S.J. Simmonds

Impact Factor: 0.931

Guide for Authors

<http://www.elsevier.com/journals/biochemical-systematics-and-ecology/0305-1978/guide-for-authors>