



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

CINTIA ULIANA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE GUABIROBA
(*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

**LARANJEIRAS DO SUL- PR
2017**

CINTIA ULIANA

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE GUABIROBA
(*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DURANTE O
ARMAZENAMENTO

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade
Federal da Fronteira Sul.

Professor Orientador: Luciano Tormen

LARANJEIRAS DO SUL

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Uliana, Cintia
EXTRAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE
GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg) E AVALIAÇÃO
DA QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO/ Cintia Uliana. --
2017.

72 f.:il.

Orientador: Luciano Tormen.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
engenharia de alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

1. Guabiroba. 2. Óleo. 3. Análise química. 4. Análise
física . 5. Armazenamento. I. Tormen, Luciano, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

CINTIA ULIANA

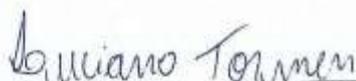
**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DE
GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg) E AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

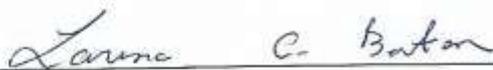
Orientador: Professor Dr. Luciano Tormen

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 05/12/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Tormen



Prof^a. Dr^a. Larissa Canhadas Bertan



Prof. Dr. Thiago Bergler Bitencourt

Aos meus pais Marcelino e Rosa Maria e aos meus irmãos Cilto e Cassiane por serem meu alicerce.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, benção e oportunidades.

Ao meu orientador, Prof. Dr^o Luciano Tormen, por nunca medir esforços para ajudar, sempre estando presente e incentivando, pelo bom humor, criatividade, paciência e orientação durante todo o trabalho. Além das muitas conversas, risadas e ensinamentos sobre a vida. Ao qual tenho grande admiração e levo como exemplo.

À Banca examinadora Prof. Dr.^a Larissa Canhadas Bertan e Prof. Dr.^o Thiago Bergler Bitencourt, por terem aceitado o convite e contribuir com esse trabalho. Aos quais tenho grande admiração.

Aos meus pais Marcelino e Rosa, e aos Meus irmãos Cilto e Cassiane, por sempre estarem presentes, me apoiando, incentivando, pela compressão, companheirismo, todo o conhecimento e amor incondicional. Obrigada por tudo! Amo muito vocês!

Aos meus amigos, por todos os momentos vivenciados, desde uma nota, não muito satisfatória, aos momentos de diversão. Obrigado a todos, por simplesmente fazerem partes dos meus dias, por estarem sempre me apoiando, incentivando, pelo companheirismo, carinho, infinitas conversas e toda a amizade, sem vocês eu não teria chegado até aqui, obrigado por fazerem meus dias mais felizes.

À TODOS os professores do curso de Engenharia de Alimentos, muito obrigada por todo o conhecimento adquirido ao longo destes anos.

Aos técnicos de laboratório, Fernanda, Helen, Silvia e Edmilson por toda ajuda e colaboração no decorrer das atividades. As meninas da limpeza dos laboratórios, pela alegria e bom humor todos os dias.

Aos doares de Guabiroba, sem as frutas nada disso seria possível.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade e infraestrutura para desenvolvimento da pesquisa.

A Fundação Araucária pela concessão de bolsa.

A todos que compõem a Universidade Federal da Fronteira Sul, que direta ou indiretamente prestaram auxílio e atenção durante meu processo de graduação.

Sem a colaboração de todos vocês não seria possível alcançar esta conquista! Muito obrigada!

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

Roberto Shinyashiki

Resumo

A *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg também conhecida como guabiroba é uma fruta nativa brasileira com elevado potencial nutritivo, porém apenas uma pequena parcela desta fruta é utilizada pela população. Este trabalho tem por objetivo a extração do óleo da semente de guabiroba, sua caracterização física e química e avaliação da qualidade durante o armazenamento – ao exposto e protegido da luz por 240 dias. A extração do óleo da semente de guabiroba foi realizada em extrator Soxhlet com solvente n-hexano. A caracterização do óleo foi realizada através dos seguintes parâmetros: análise cromatográfica, índice de iodo, índice de saponificação, índice de refração, índice de acidez, índice de peróxido, dienos conjugados, teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), ponto de fusão, tensão superficial, densidade, cor, compostos fenólicos e capacidade de sequestro do radical DPPH. Os resultados foram comparados aos de outras gorduras vegetais, como o óleo de coco e o azeite de oliva. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, e os resultados foram expressos como a média \pm intervalo de confiança para 95% de confiabilidade. O índice de saponificação (236 mg KOH/g) para o óleo de guabiroba foi menor quando comparado as demais amostras, indicando que o mesmo possui ácidos graxos com maior peso molecular ou que em sua composição há menor quantidade de glicerídeos, o que foi comprovado pela análise cromatográfica. O índice de acidez foi maior para o óleo de guabiroba (4,58 mg KOH/g), indicando elevado índice de ácidos graxos livres, enquanto que o nível de TBARS foi intermediário ($0,343 \pm 0,038$) em relação as outras amostras. O ponto de fusão do óleo de guabiroba foi o maior entre as amostras analisadas ($29,3^{\circ}\text{C}$) e a densidade do óleo, a 40°C , foi de $0,918 \text{ g/cm}^3$. O óleo de guabiroba apresentou coloração laranja, porém mais intensa que a cor da polpa da fruta. O óleo de guabiroba apresentou teor de compostos fenólicos ($1279 \pm 24 \text{ mg AG/100 g}$) e capacidade de sequestro do radical DPPH ($0,826 \pm 0,132\%$) superiores aos demais óleos. A análise cromatográfica revelou que o óleo de guabiroba apresenta características diferenciadas, como diversos compostos além de ácidos graxos, grande parte destes presentes em óleos essenciais, como sesquiterpenos. Em relação à qualidade durante o armazenamento, os valores de acidez e TBARS aumentaram com o tempo, mas os dienos conjugados diminuíram. As amostras protegidas da luz não apresentaram índices de qualidade com diferença significativa em relação as amostras expostas a luz.

Palavras chaves: Guabiroba; óleo; extração; análise física; análise química; armazenamento.

Abstract:

Campomanesia xanthocarpa O.Berg also known as guabiroba is a Brazilian native fruit with high nutritional potential, but only a small portion of this fruit is used by the local population. The objective of this work is the oil extraction from the guabiroba seed, its physical, chemical characterization and evaluation of the quality during storage - exposed and protected from light for 240 days. The extraction of the guabiroba oil was carried out in Soxhlet extractor with n-hexane solvent. The oil characterization was performed through the following parameters: chromatographic analysis, iodine index, saponification index, refractive index, acid index, peroxide index, conjugated dienes, content of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) melting point, surface tension, density, color, phenolic compounds and DPPH radical sequestration capacity. The results were compared to those of other vegetable fats, such as coconut oil and olive oil. All analyzes were performed in triplicates, and the results were expressed as the mean \pm confidence interval for 95% confidence. The saponification index (236 mg KOH / g) for guabiroba oil was lower when compared to other samples, indicating that it has higher molecular weight fatty acids or that there are fewer glycerides in its composition, which has been proven by chromatographic analysis. The acid index was higher for guabiroba oil (4.58 mg KOH / g), indicating a high free fatty acid index, while the level of TBARS was intermediate (0.343 ± 0.038) in relation to the other samples. The melting point of guabiroba oil was the largest of the analyzed samples (29.3°C) and the oil density at 40°C was $0.918 \text{ g} / \text{cm}^3$. The guabiroba oil showed orange coloration, but a more intense than the color of the fruit pulp. The content of phenolic compounds ($1279 \pm 24 \text{ mg AG} / 100 \text{ g}$) and DPPH radical sequestration capacity ($0.826 \pm 0.132\%$) in guabiroba oil were higher than the other oils. Chromatographic analysis revealed that guabiroba oil has different characteristics, such as several compounds besides fatty acids, most of them present in essential oils, such as sesquiterpenes. Regarding the quality during storage, the values of acidity and TBARS increased with time, but the conjugated dienes decreased. The samples protected from light did not show quality indices with significant difference in relation to samples exposed to light.

Key words: Guabiroba; oil; extraction; physical analysis; chemical analysis; storage.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. Guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg).....	15
3.2. Óleos e gorduras.....	16
3.3. Parâmetros físicos e químicos inerentes a óleos e gorduras.....	20
3.3.1. Índice de saponificação	20
3.3.2. Índice de iodo	20
3.3.3. Índice de Refração.....	21
3.3.4. Ponto de fusão	22
3.3.5. Tensão superficial	23
3.3.6. Densidade	23
3.3.7. Determinação da acidez	24
3.3.8. Índice de peróxido.....	24
3.3.9. Dienos Conjugados	25
3.3.10. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA).....	26
3.3.11. Compostos fenólicos	27
3.3.12. Capacidade de seqüestro do radical DPPH	28
3.3.13. Atividade de água.....	29
3.4. Deterioração de óleos e gorduras	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1. Material	31
4.1.1. Reagente.....	31
4.1.2. Equipamentos	31
4.2. Métodos.....	32
4.2.1. Sanitização	32
4.2.2. Despulpamento.....	32
4.2.3. Extração do óleo.....	32
4.2.4. Caracterização do óleo de guabiroba.....	33
4.2.4.1. Análise cromatográfica	33
4.2.4.2. Índice de saponificação	33
4.2.4.3. Índice de iodo	34
4.2.4.4. Índice de Refração.....	34

4.2.4.5.	Determinação do ponto de fusão	34
4.2.4.6.	Tensão superficial	35
4.2.4.7.	Densidade	35
4.2.4.8.	Cor.....	35
4.2.4.9.	Determinação da acidez	35
4.2.4.10.	Índice de peróxidos	36
4.2.4.11.	Dienos Conjugados	36
4.2.4.12.	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)	36
4.2.4.13.	Compostos fenólicos	37
4.2.4.14.	Determinação da capacidade de sequestro do radical DPPH	37
4.2.5.	Avaliação da qualidade do óleo frente ao armazenamento	37
4.3.	Análise estatística.....	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1.	Rendimento	38
5.2.	Caracterização do óleo	39
5.2.1.	Análise cromatográfica	39
5.2.2.	Índice de saponificação, índice de iodo e índice de refração	42
5.2.3.	Ponto de fusão, tensão superficial e densidade	44
5.2.4.	Cor.....	46
5.2.5.	Índice de acidez, peróxidos, dienos conjugados e TBARS	48
5.2.6.	Compostos fenólicos	51
5.2.7.	Capacidade de sequestro do radical DPPH	52
5.2.8.	Atividade de água.....	53
5.3.	Avaliação da qualidade durante o armazenamento	54
5.3.1.	Índice de acidez.....	54
5.3.2.	Índice de peróxidos	54
5.3.3.	Dienos conjugados	55
5.3.4.	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)	56
5.3.4.	Cor.....	57
5.3.7.	Compostos Fenólicos	58
6.	CONCLUSÃO	59
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

Lista de Figura

Figura 1- Guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg).....	16
Figura 2-Estrutura de ácidos graxos saturados e insaturados.....	17
Figura 3- Isometria de posição (a) e de geometria de ácidos graxos (b).....	18
Figura 4-Reação de saponificação.....	20
Figura 5- Reação de TBA com o MDA.....	27
Figura 6-Velocidade oxidação em função da atividade de água.....	29
Figura 7-Sementes de guabiroba: A) semente inteira; B) semente triturada.....	32
Figura 8-Amostras de óleo armazenadas ao protegidas e expostas a luz.....	38

Lista de Tabela

Tabela 1. Principais ácidos graxos saturados encontrados em óleos e gorduras.....	17
Tabela 2. Principais ácidos graxos insaturados encontrados em óleos e gorduras.....	19
Tabela 3. Programa de temperatura da coluna do cromatógrafo a gás.....	33
Tabela 4. Rendimento de cada parte do fruto e do óleo.	39
Tabela 5. Presença de compostos voláteis em cada amostra de óleo	30
Tabela 6. Principais ácidos graxos presente no óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.....	41
Tabela 7. Índice saponificação e de iodo para o óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.....	42
Tabela 8. Índice de refração nas temperaturas de 20 a 40°C para óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.	44
Tabela 9. Ponto de fusão e tensão superficial das amostras analisadas.....	45
Tabela 10. Densidade das amostras em diferentes temperaturas.....	46
Tabela 11. Parâmetros de cor para as amostras analisadas.....	47
Tabela 12. Índice de acidez, peróxidos, dienos conjugados e TBARS das amostras de analisadas.....	50
Tabela 13. Compostos fenólicos presente nas amostras analisadas.	52
Tabela 14. Capacidade de seqüestro do radical DPPH das amostras analisadas.....	53
Tabela 15. Atividade de água (Aw) das amostras analisadas.....	53
Tabela 16. Índice de acidez do óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.	54
Tabela 17. Índice de peróxido no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.	55
Tabela 18. Dienos conjugados no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.	55
Tabela 19. Valores de TBARS no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.	56
Tabela 20. Parâmetros de cor das amostras durante a estocagem quando armazenadas expostas a luz.	57
Tabela 21. Parâmetros de cor das amostras durante a estocagem quando armazenadas ao abrigo da luz.	57
Tabela 22. Variação da concentração de compostos fenólicos com o tempo nas amostras de óleo armazenadas de diferentes maneiras.....	58

1. INTRODUÇÃO

A guabiroba (*Campomanesixanthocarpa* Berg) é uma fruta nativa brasileira que apresenta elevado potencial nutritivo, é considerada uma excelente fonte de energia, proteínas, vitaminas (principalmente a vitamina C), minerais e fibras, dos quais o metabolismo humano é dependente. Além disso, contém quantidades apreciáveis de compostos bioativos, como o ácido ascórbico e os compostos fenólicos (PEREIRA et al., 2012; ROCHA et al., 2011), sugerindo boa atividade antioxidante.

Apesar do potencial nutritivo deste fruto, apenas uma pequena parcela é utilizada pela população local, que costuma consumi-los *in natura*, sendo que a maior parte deste fruto é perdida devido a curta durabilidade após a colheita. Diante disso, carecem estudos sobre sua produção, uso na alimentação humana, entre outras possibilidades (SANTOS et al, 2013).

Entretanto, recentemente têm aumentado as buscas por matérias primas ricas em substâncias biologicamente ativas e de baixo custo, elevando-se assim, o número de pesquisas com frutas nativas, onde além da polpa, os resíduos, como casca e semente, que geralmente são descartados têm sido estudados e buscado aplicações na produção de alimentos entre outras (ALVES et al., 2013). Estudo realizado por Grando (2015) demonstrou que a semente de guabiroba apresenta maior rendimento de óleo que outras leguminosas tradicionais, podendo ser utilizada como fonte de óleo para fins alimentícios ou industriais, entretanto a literatura carece de estudos do óleo desta semente.

Os óleos vegetais são gorduras ricas em ácidos graxos extraídas de plantas. Estes são constituídos principalmente de triacilgliceróis (> 95 %) e pequenas quantidades de mono e diacilgliceróis (REDA; CARNEIRO, 2007).

Os lipídios são macronutrientes que desempenham funções energéticas, estruturais e hormonais no organismo. Representam uma fonte concentrada de energia, sendo uma das mais importantes para os seres humanos, sendo que em alguns países chega a ser de 30 à 40% do total de energia consumida na alimentação. Metabolicamente, os lipídios são necessários para muitas funções, dentre elas: reações enzimáticas, transmissão de impulsos nervosos, armazenamento de memória e síntese de hormônios. Além de prover ácidos graxos essenciais, são veículos para as vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K), carotenóides e esteróis (JORGE, 2009).

Nos últimos anos, o consumo de gordura animal vem sendo substituído por óleos vegetais. Em função disso tem aumentado do consumo de óleos vegetais, e conseqüentemente, a produção, que pode ser obtida através de várias espécies vegetais. No que se refere aos usos dos óleos vegetais consumidos no Brasil, verifica-se que mais de 84%

são utilizados para fins alimentícios e aproximadamente 16% para fins industriais, sendo que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais (NUNES, 2007).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterização do óleo da semente de guabiroba e avaliação da qualidade durante o armazenamento – protegido e exposto a luminosidade.

2.2. Objetivos específicos

Caracterizar o óleo da semente de guabiroba a partir do índice de iodo, saponificação, acidez, peróxido, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), compostos fenólicos e dienos conjugados;

Caracterizar o óleo da semente de guabiroba a partir do ponto de fusão, densidade, cor e índice de refração;

Avaliar a qualidade do óleo durante o armazenamento ao abrigo da luz e exposto a luminosidade;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg)

A *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg, também conhecida como guabiroba, guavirova, guabirobeira-do-mato e guabira, é uma árvore frutífera que pertencente à família *Myrtaceae*, a qual possui 102 gêneros e 3034 espécies, é uma planta nativa Brasil, podendo ser encontrados em vários estados, porém sua maior cultura se encontra nos pomares do sul do Brasil (LORENZI, 2008).

A guabirobeira é uma planta de porte ereto, podendo alcançar entre 4 e 15 m de altura, é capaz de se desenvolver em solos pobres e em climas quentes e secos. A guabiroba é uma fruta de forma arredondada e cor amarelo alaranjada, polpa suculenta, firme e de sabor ácido adocicado, com ponto de maturação nos meses de novembro e dezembro (SANTOS, 2011), como pode ser observada na Figura 1.

Figura 1- Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg).



Fonte: Doria, 2016

Nutricionalmente, a guabiroba apresenta baixa densidade energética, cerca de 50 kcal a cada 100 g de frutas, devido ao elevado teor de fibra alimentar e umidade. Muitos minerais como potássio, fósforo, magnésio e ferro também estão presentes em concentrações consideráveis na fruta. Outra característica nutricional da guabiroba é a concentração de vitamina C e fenóis, o que indica elevada atividade antioxidante (ALVES et al,2013).

Segundo Pereira et al., (2012) a guabiroba apresenta considerável atividade antioxidante quando comparada com outras frutas nativas do estado do Rio Grande do Sul. A sua atividade antioxidante se deve ao alto teor de compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides, Já, em estudo realizado por Alves et al (2013) mostrou que os resíduos (casca e semente) da guabiroba apresentaram um teor de fenólicos totais e atividade antioxidante superior ao da polpa.

Grando (2015) realizou estudos com a semente de guabiroba, e observou que a mesma apresenta um teor de lipídeos maior do que algumas leguminosas. Além disso, mostrou que a semente é a parte da fruta com maior porção de lipídeos, seguido da casca e polpa.

Diversos estudos têm sido realizados com a guabiroba, dentre eles a aplicação de sua polpa em filmes biodegradáveis, desenvolvimento de néctar enriquecido com soro de leite, licor, extração do óleo essência, porem carecem de estudos a semente e óleo da guabiroba.

3.2. Óleos e gorduras

Óleos e gorduras são substancias hidrofóbicas, ou seja, insolúveis em água, podendo ser de origem animal, vegetal ou microbiana, formadas predominantemente por produtos de condensação entre o glicerol e os ácido graxos, que são chamados triglicerídeos. A diferença entre óleos e gorduras reside na proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídeos, já que os ácidos graxos representam mais de 95% do peso molecular de seus triglicerídeos (MORETTO; FETT, 1998), sendo que as gorduras se apresentam no estado

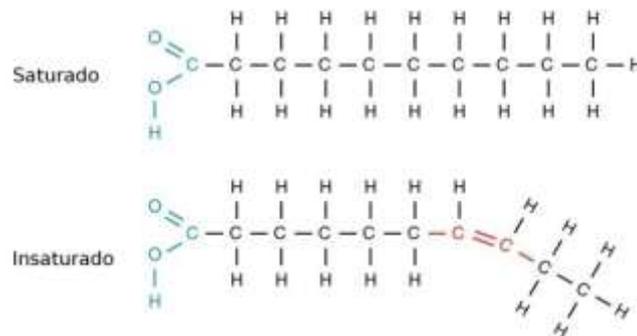
sólido e os óleos no estado líquido, em temperatura ambiente (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Os óleos e gorduras vegetais são oriundos de diversas partes da planta, como por exemplo, de sementes, de partes dos frutos e germes de alguns cereais (MORETTO; FETT, 1998).

Segundo a resolução RDC nº 270 do Diário Oficial da União publicada em 22 de setembro de 2005, os óleos vegetais são definidos como aqueles que estão no estado líquido na temperatura 25°C e gorduras vegetais os que estão no estado sólido ou pastosa nesta mesma temperatura.

Os ácidos graxos presentes nos lipídeos são normalmente saturados, insaturados (Figura 2), e em alguns casos ramificados (RIBEIRO; SARAVLLI, 2007). Os ácidos graxos saturados são os que possuem todos os átomos de carbono da cadeia carbônica ligados a, pelo menos, dois átomos de hidrogênio, ou seja, contêm somente ligações simples entre os átomos de carbono (JORGE, 2009).

Figura 2-Estrutura de ácidos graxos saturados e insaturados.



Fonte: Costa (2017)

A Tabela 1 apresenta os ácidos graxos saturados mais comuns em óleos e gorduras comestíveis:

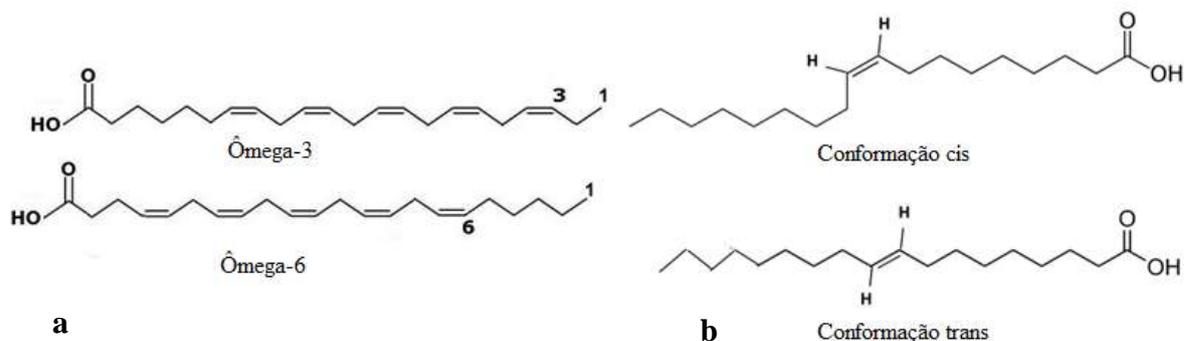
Tabela 1. Principais ácidos graxos saturados encontrados em óleos e gorduras.

Símbolo*	Nome trivial	Nome sistemático	Ponto de fusão (°C)	Principais fontes
C4:0	Butírico	Butanóico	-8	Manteiga
C6:0	Capróico	Hexanóico	-3,4	Manteiga
C8:0	Caprílico	Octanóico	16,7	Gordura de coco
C10:0	Cáprico	Decanóico	31,6	Gordura de coco
C12:0	Láurico	Dodecanóico	44,2	Gordura de coco
C14:0	Mirístico	Tetradecanóico	54,4	Manteiga, gordura de coco
C16:0	Palmítico	Hexadecanóico	62,9	A maioria de óleos e gorduras
C18:0	Estearico	Octadecanóico	69,6	A maioria de óleos e gorduras
C20:0	Araquídico	Eicosanóico	75,4	Óleo de amendoim
C22:0	Behênico	Docosanóico	80,0	Óleo de amendoim
C24:0	Lignocérico	Tetracosanóico	84,2	--
C26:0	Cerótico	Hexacosanóico	87,7	--

* Número de átomos de carbono: número de duplas ligações.
 Fonte: Adaptado Jorge, 2009.

Os ácidos graxos insaturados são caracterizados por apresentar uma ou mais ligação dupla, que pode apresentar dois tipos de isometria a de posição ou a geométrica (Figura 3), esta primeira está relacionada com a posição das duplas ligações, já a segunda ocorre devido a rotação restrita em torno de uma dupla ligação ente dois átomos de carbono (cis ou trans) (RIBEIRO; SARAVLLI, 2007).

Figura 3- Isometria de posição (a) e de geometria de ácidos graxos (b).



Fonte: Fogaça (2017) e Saber atualizado (2015).

A Tabela 2 lista os ácidos graxos insaturados mais importantes e suas principais

fontes.

Tabela 2. Principais ácidos graxos insaturados encontrados em óleos e gorduras.

Símbolo*	Nome trivial	Nome químico	Ponto de fusão (°C)	Principais fontes
Ácidos graxos monoinsaturados				
C16:1 ($\omega 7^{**}$)	Palmitoléico	9-hexadecenóico	--	Gorduras do leite
C18:1 ($\omega 9$)	Oléico	9-octadecenóico	16,3	Óleo de oliva
C18:1 ($\omega 9$)	Elaídico	trans-9-octadecenóico	45,0	Gordura animal
C22:1 ($\omega 9$)	Erúcico	13-docosenóico	33,5	Óleo de colza
Ácidos graxos poli-insaturados				
C18:2 ($\omega 6$)	Linoléico	9,12-octadecadienóico	-5,0	Óleos de açafrão, girassol, algodão
C18:3 ($\omega 3$)	Linolênico	9,12,15-octadecatrienóico	-11,0	Óleos de linhaça e cânhamo
C20:4 ($\omega 6$)	Araquidônico	5,8,11,14-eicosatetraenóico	-49,5	Carnes e gorduras animais
C20:5 ($\omega 3$)	EPA	5,8,11,14,17-eicosapentaenóico	--	Óleos de peixes e frutos do mar
C22:6 ($\omega 3$)	DHA	4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico	--	Óleos de peixes e frutos do mar

* Número de átomos de carbono: número de duplas ligações.

** Posição da primeira dupla ligação, a partir do radical metila.

Fonte: Jorge, 2009.

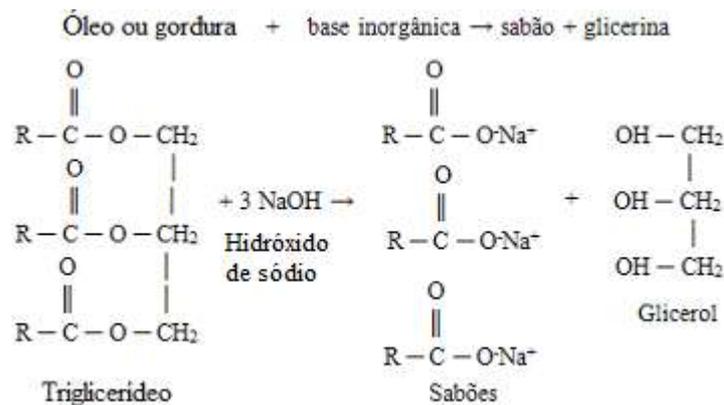
Os ácidos graxos dos óleos vegetais são de grande importância nutricional, principalmente os poliinsaturados, das famílias ômega-3 e ômega-6, aos quais se atribuem numerosos benefícios ao organismo humano, como por exemplo, a redução do colesterol sanguíneo. A família ômega-3 (ω -3 ou n-3) compreende o ácido graxo essencial α -linolênico, já a família ômega-6 (ω -6 ou n-6) compreende o ácido graxo essencial linoléico (LIRA et al, 2004).

3.3. Parâmetros físicos e químicos inerentes a óleos e gorduras

3.3.1. Índice de saponificação

Quando um triacilglicerol é aquecido em presença de solução aquosa de alcalina é produzido glicerol e uma mistura de sais de ácidos graxos (sabões). Esta reação é o processo básico da indústria de sabões, a qual é denominada de reação de saponificação (JORGE, 2009), como mostrado abaixo:

Figura 4-Reação de saponificação



Fonte: Rocha (2017) adaptado.

O índice de saponificação é definido a massa (mg) de hidróxido de potássio (KOH) necessária para saponificar os ácidos graxos em um grama da amostra (IAL, 2008; MORETTO e FETT, 1998). Esta propriedade é inversamente proporcional ao massa molecular média dos ácidos graxos dos triglicerídeos, (MORETTO e FETT, 1998).

Segundo Ribeiro e Saravali (2004), a reação de saponificação serve de base para importantes determinações analíticas, as quais têm por objetivo informar sobre o comportamento de óleos e gorduras em certas aplicações alimentícias, como por exemplo, estabelecer o grau de deterioração, a estabilidade, verificar se as propriedades dos óleos estão sendo de acordo com as especificações e indicar possíveis fraudes e adulterações.

Logo, o índice de saponificação apresenta grande importância para a caracterização de óleos vegetais, uma vez que quanto mais altos os índices de saponificação mais adequados são para fins alimentares (MORETTO e FETT, 1998; MORETTO et al, 2008).

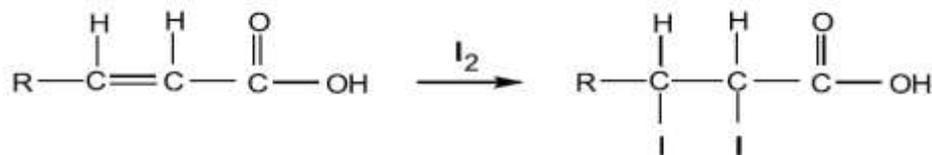
3.3.2. Índice de iodo

O índice de iodo representa o grau de insaturação de uma gordura. Em cada dupla ligação de um ácido graxo pode ser incorporado dois átomos de halogênio diminuindo seu grau de insaturação. Portanto, quanto maior a insaturação de um ácido graxo, maior será sua capacidade de absorção de iodo e maior será o índice (JORGE, 2009). Porém, quando ocorre

a redução deste índice, observa-se a quebra de duplas ligações resultantes de reações de polimerização, ciclização e oxidação, sempre associada com um aumento do ponto de fusão e consistência da amostra, principalmente, à incorporação de gorduras saturadas ao óleo (MORETTO; FETT, 2000).

A determinação do grau de insaturação é importante para a classificação de óleos e gorduras e controle de alguns processos (CECCHI, 2003). A diminuição deste índice é utilizado para medir a redução de ácidos dienóicos durante o curso da autoxidação. Seu resultado é expresso em relação ao iodo, embora possa ser incorporados outros halogênios na cadeia carbônica insaturada, como por exemplo, o flúor, cloro e bromo (JORGE, 2009).

Segundo Mendonça et al, (2008) o índice é fundamentado no fato de que o iodo e outros halogênios são adicionados à dupla ligação da cadeia insaturada dos ácidos graxos, como mostrado abaixo.



Fonte: Jorge, 2009.

Os óleos mais insaturados, com maior índice de iodo, são líquidos, ao contrário daqueles menos insaturados, classificados como gorduras. Devido a presença de duplas ligações, os óleo são mais suscetíveis à rancidez por oxidação (JORGE, 2009).

O índice de iodo de um óleo ou gordura é expresso em termos do número de gramas de iodo absorvido por 100 grama da amostra (% iodo absorvido) (IAL, 2008).

3.3.3. Índice de Refração

O índice de refração é um parâmetro físico importante para garantir a qualidade dos óleos. É a relação existente entre a velocidade da luz no ar e no meio. Ele varia na razão inversa da temperatura e tende a aumentar com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos (ALMEIDA et al, 2012).

Cada tipo de óleo apresenta um índice de refração característico e está relacionado com o grau de saturação das ligações, mas é afetado por outros fatores tais como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamentos térmicos (IAL, 2008).

Em óleos e gorduras, o índice de refração é utilizado como critério de qualidade e identidade, pois em óleos este índice aumenta com o índice de iodo e pode ser usado no controle de processos de hidrogenação de óleos insaturados (CECCHI, 2003; JORGE, 2009).

A determinação desse índice tem grande utilidade no controle dos processos de hidrogenação, tanto para óleos quanto para as gorduras, cuja temperatura de referência para análise é de 40°C. Os óleos e as gorduras possuem poder de refração diferente e, de acordo com sua natureza podem desviar com maior ou menor intensidade a radiação. Portanto, o índice de refração de uma gordura aumenta com o comprimento da cadeia carbônica e com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos (MORETTO; FETT, 1998).

3.3.4. Ponto de fusão

Segundo Jorge (2009) ponto de fusão é a temperatura na qual uma substância passa do estado físico sólido para o líquido. Os ácidos graxos têm um ponto de fusão específico que depende fundamentalmente de algumas características, como:

- Tamanho da cadeia: os ácidos graxos saturados de cadeia curta, com até 8 átomos de carbono, têm consistência líquida, enquanto aqueles com mais de 8 átomos de carbonos têm consistência sólida.
- Grau de saturação: os ácidos graxos saturados são sólidos à temperatura ambiente, a existência de duplas ligações abaixa o ponto de fusão com tendência à consistência líquida.
- Isomeria: a presença de duplas ligações na cadeia carbônica possibilita a existência de isômero cis e trans. O aumento da quantidade de isômero trans tende a um aumento do ponto de fusão.

Ácidos graxos com insaturação cis e seus derivados apresentarem ponto de fusão mais baixos que os saturados devido à dificuldade de “empacotamento” entre as cadeias, de forma que a interação intermolecular entre elas se reduz. No caso de insaturações com isomeria trans, a interação entre as cadeias não é comprometida, sendo verificadas interações quase tão fortes quanto em cadeias saturadas. Já no caso dos ácidos saturados, a estrutura destes ácidos possui rotação livre, favorecendo uma melhor interação entre as cadeias carbônicas, o que resulta numa força de atração maior e pontos de fusão mais altos (RAMALHO; SUAREZ, 2012; RIBEIRO et al, 2007).

Os óleos e gorduras de origem vegetal e animal são compostas por misturas de glicerídeos e de outras substâncias. Estas substâncias não exibem um ponto de fusão definido e nem preciso. Portanto, o termo “ponto de fusão” para óleos e gorduras não implica nas mesmas características das substâncias puras de natureza definitivamente cristalina. As gorduras passam por um estágio de amolecimento gradual antes de se tornarem

completamente liquefeitas. Logo, o ponto de fusão deve ser definido por condições específicas do método pelo qual é determinado, neste caso, a temperatura na qual a amostra torna-se perfeitamente clara e líquida. O método do tubo capilar é aplicável para todas as gorduras animais e vegetais normais (IAL, 2008).

3.3.5. Tensão superficial

A tensão superficial presente nos líquidos surge como resultado do desequilíbrio entre as forças agindo sobre as moléculas da superfície em relação àquelas que se encontram no interior da solução. A força resultante que atrai as moléculas da superfície de um líquido para o seu interior é o principal obstáculo para a formação de bolhas, gotas e a nucleação de cristais em líquidos. Como estas forças de coesão tendem a diminuir a área superficial ocupada pelo líquido, observa-se que as gotas geralmente adotam a forma esférica. Pela mesma razão ocorre a formação dos meniscos, e a consequente diferença de pressões através de superfícies curvas ocasiona o efeito denominado capilaridade. A esta força que atua na superfície dos líquidos dá-se o nome de tensão superficial e, geralmente, quantifica-se a mesma determinando-se o trabalho necessário para aumentar a área superficial (BEHERING, et al 2004).

O conhecimento e o controle da tensão superficial de soluções aquosas de tensoativos são fundamentais para as diversas aplicações em produtos industrializados (NETO; MALTA; SANTOS, 2009).

3.3.6. Densidade

Segundo IAL (2008), a densidade é resultante da relação da massa e volume ocupada por uma substância em determinada temperatura. Esta é uma propriedade pela qual se define equipamentos de manuseio de gorduras (JORGE, 2009).

A força de atração entre as moléculas e a sua capacidade de empacotamento determina a viscosidade, a densidade e outras propriedades físico-químicas. Os triacilgliceróis que contêm ácidos graxos insaturados ou ramificados têm menor capacidade de empacotamento que aqueles que contêm ácidos graxos saturados e de cadeias lineares, por isso, possuem menor densidade. As gorduras são mais densas no estado sólido do que no estado líquido, mostram contração de volume durante a solidificação e expansão na fusão (JORGE, 2009).

A densidade é uma propriedade geralmente medida em alimentos que se apresentam no estado líquido. Pode ser medida por vários aparelhos, entre os mais usados estão os picnômetros e densímetros convencionais ou digitais (IAL, 2008).

3.3.7. Determinação da acidez

A acidez livre de uma gordura é decorrente da hidrólise parcial dos glicerídeos, logo a mesma não é uma constante ou característica, mas uma variável relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza da gordura, com o processamento e com as condições de conservação da gordura (MORETTO; FETT, 1998).

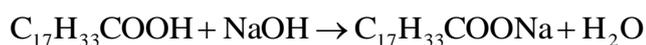
Além disso, o teor de acidez é uma das principais características que confere a qualidade aos óleos vegetais, uma vez que, com o tempo, pode ocorrer o fenômeno da hidrólise com o aparecimento de ácidos graxos livres. Porém, vários fatores podem influenciar na acidez de um óleo vegetal, sendo o principal, o tratamento que é dado ainda às sementes durante a colheita e armazenamento (ALMEIDA et al, 2011).

Segundo a resolução RDC nº 270 do Diário Oficial da União publicada em de 22 de setembro de 2005, índice de acidez para o óleo dependerá de seu método de extração e sua origem:

- Óleos e gorduras refinados (exceto azeite de oliva refinado e óleo de bagaço de oliva refinado): máximo 0,6 mg KOH/g;
- Óleos prensados a frio e não refinados: máximo 4,0 mg KOH/g;
- Óleo de palma virgem: máximo 10,0 mg KOH/g;
- Azeite de oliva extra virgem: máximo 0,8 g/100 g em ácido oleico;
- Azeite de oliva virgem: máximo 2,0 g/100 g em ácido oleico;
- Azeite de oliva: máximo 1,0 g/100 g em ácido oleico;
- Azeite de oliva refinado: máximo 0,3 g /100 g em ácido oleico;
- Óleo de bagaço de oliva refinado: máximo 0,3 g/100 g em ácido oleico;

Um dos métodos utilizados para determinar a acidez é através da volumetria de neutralização. Este método é baseado na titulação da amostra com soluções padrão de uma base forte (IAL, 2008).

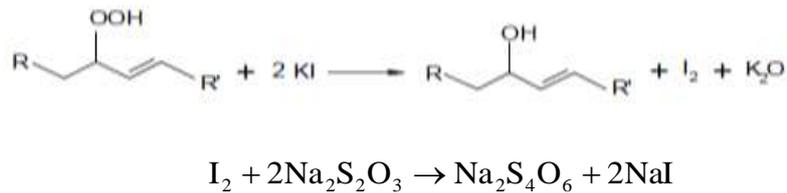
A reação entre hidróxido de sódio e o ácido oleico ocorre como mostrado abaixo:



3.3.8. Índice de peróxido

O índice de peróxido é um dos métodos analíticos que avalia o grau de oxidação em estágio inicial de óleos de gorduras. Este método é usado para quantificar os hidroperóxidos presentes na amostra (SILVA, 2007) os quais são produtos formados principalmente da rancidez oxidativa, que tem sua origem na ação do oxigênio atmosférico com duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, também conhecida como autooxidação (JORGE, 2009).

Um dos métodos utilizados para a determinação do índice de peróxido é a iodometria, que se baseia na habilidade de liberação iodo pela oxidação do iodeto de potássio em peróxido, como mostrado abaixo (Silva, 2007):



Ao realizar esta análise são necessários alguns cuidados, entre eles:

- O iodo liberado pode fixar-se às duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, dando um valor de índice de peróxidos incorreto;
- O oxigênio presente no meio pode levar à liberação de iodo e dar origem a um valor errado de índice de peróxidos por excesso.

Portanto, é aconselhável evitar a agitação vigorosa da mistura durante a titulação (JORGE, 2009).

Além disso, o índice de peróxidos deve ser determinado nos primeiros estados do processo oxidativo, pois a variação do teor de peróxidos ao longo do tempo ocorre de uma forma gaussiana. Logo um nível baixo de peróxidos não constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo, pelo contrário, ser sinônimo de alteração pronunciada (JORGE, 2009).

Apesar das limitações deste método, ele é muito utilizado na avaliação do grau oxidativo de óleos e gorduras, devido sua simplicidade e rapidez (SILVA, 2007). O resultado da análise iodométrica é expresso em miliequivalentes de oxigênio por kg de matéria graxa (JORGE, 2009).

Segundo a resolução RDC nº 270 do Diário Oficial da União publicada em 22 de setembro de 2005, em azeite de oliva virgem o limite o máximo de índice de peróxido permitido é de 20 meq/Kg.

3.3.9. Dienos Conjugados

Os produtos primários de oxidação de óleos comestíveis são os hidroperóxidos e os dienos conjugados, que podem ser degradados ou polimerizados via radicais livres, gerando produtos secundários como aldeídos, álcoois, cetonas, ácidos graxos livres, lactonas e hidrocarbonetos (HASENHUETTL; WAN, 1992; GUILLÉN; RUIZ, 2001; GUILLÉN; CABO, 2002), de forte influência sensorial, responsáveis pelas características sensoriais e

físico-químicas associadas com a rancificação (COLZATO et al, 2009).

Os dienos conjugados primários absorvem a 232 nm. Os produtos secundários da sua oxidação, em particular as α -dicetonas ou as cetonas insaturadas, apresentam um máximo de absorção a 272 nm. Esta diferença é particularmente interessante permitindo diferenciar estados de evolução oxidativa com base na relação $A_{272\text{ nm}}/A_{232\text{ nm}}$: quanto maior o valor da absorbância a 232 nm, mais elevado será o conteúdo em peróxidos, correspondendo, portanto, ao início do processo de oxidação; pelo contrário, quanto maior for o valor de absorbância a 272 nm, maior será o teor de produtos secundários presentes (FRANKEL et al 1994 apud SILVA et al, 1999).

A medida quantitativa dos dienos conjugados tem sido largamente utilizada para a determinação da oxidação de óleos e gorduras. A oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados ocorre com formação de hidroperóxidos e deslocamento das duplas ligações, com conseqüente formação de dienos conjugados. Essa estrutura conjugada absorve fortemente a radiação com comprimento de onda entre 232 e 234 nm (KULAS; ACKMAN, 2001; WHEATLEY, 2000; JORGE, 2009). Seu resultado é expresso em g/100 g de amostra.

O índice de peróxidos não pode ser utilizado como único parâmetro para medida da degradação do óleo com o tempo de aquecimento, pois os hidroperóxidos são instáveis, sendo rapidamente formados e decompostos em produtos de cadeia menor. Entretanto os dienos conjugados são formados concomitantemente aos peróxidos e permanecem no óleo aquecido, assim o acompanhamento dos espectros de absorção na faixa do ultravioleta das amostras de óleo fornece uma boa indicação das alterações que ocorrem durante o processo oxidativo (CELLA et al, 2002).

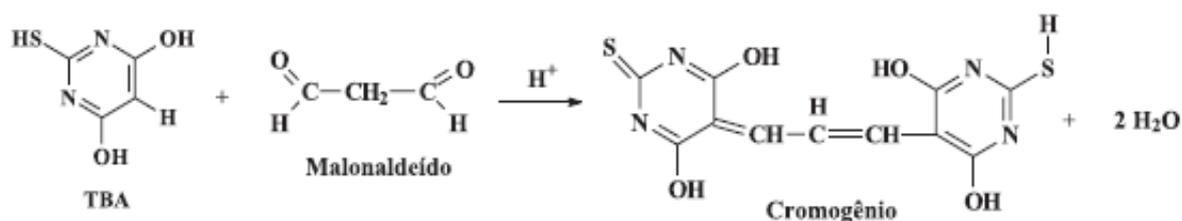
3.3.10. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA)

Durante o processamento e a estocagem os óleos e as gorduras, estão sujeitos à reações químicas que podem alterar, de modo indesejável, as características do produto final. As reações de hidrólise e de oxidação podem ser responsáveis por esse processo, sobretudo a oxidação dos lipídeos, e a conseqüente formação de hidroperóxidos (MORAIS et al, 2006).

A determinação do teor de substância reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) é um teste baseado na reação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos (NEUSA, 2009). Um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos é o malonaldeído (MDA), o qual é formado durante o processo oxidativo. O MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonila nos carbonos C-1 e C-3 (OSAWA, FELÍCIO e AGONÇALVES, 2005).

O teste do TBARS é altamente empírico e foi sugerido primeiramente por Patton, Keeney e Kurtz, em 1951, para leites e produtos lácteos (CECCHI, 1999). A reação envolve duas moléculas de TBA, com uma molécula de MDA, (Figura 5), produzindo um composto de cor vermelha, o qual absorve radiação entre 532 – 535 nm e apresenta máximos de absorção secundários a 245 e 305 nm. A reação ocorre em meio ácido (pH = 1 - 2) e a alta temperatura (100°C) como mostrado abaixo (JORGE, 2009):

Figura 5- Reação de TBA com o MDA



Fonte: Osawa, Felício e Gonçalves, 2006.

A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1, é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2006).

Como padrão para a análise quantitativa é usado normalmente o 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP), o qual libera MDA e etanol, após hidrólise ácida. Os resultados são normalmente expressos em unidades de absorbância por unidade de peso da amostra ou em massa (mg) de MDA por kg de amostra (JORGE, 2009).

3.3.11. Compostos fenólicos

Óleos e gorduras podem apresentar de forma natural, em sua composição substâncias com características antioxidantes. Estas substâncias são responsáveis por retardar processos oxidativos, mantendo intactas as características sensoriais do produto (ORDÓÑEZ, 2005).

Os antioxidantes presentes nos óleos ou gorduras interferem na participação do oxigênio singlete, atuando principalmente como inibidores de reações, fazendo papel de doadores hidrogênio ou aceptores de radicais livres dos ácidos graxos, retardando assim, as reações de oxidação. Um exemplo de antioxidantes doadores de hidrogênio são os compostos fenólicos, o qual sua eficiência está relacionada com a estabilidade relativa de seus radicais intermediários (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Os compostos fenólicos são considerados como uma das principais classes de metabolitos secundários das plantas. Os mesmos são responsáveis por propriedades muito

peculiares, como as características sensoriais de cor, sabor e nutricionais (SILVA, 2008).

Estes compostos estão presentes principalmente em frutas e hortaliças, mas a proporção e a estabilidade variam de acordo com a variedade, localização geográfica, condições ambientais e climáticas durante o crescimento das mesmas. Os compostos fenólicos são frequentemente mencionados como polifenóis, existindo mais de 8.000 estruturas fenólicas incluindo as moléculas mais simples a compostos altamente polimerizados como os taninos (CHIM, 2008).

Os compostos fenólicos são conhecidos como interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autoxidação. Os antioxidantes fenólicos interagem, com o radical peróxil (RCO_2), pois este é predominante na etapa da autoxidação e possui menor energia do que outros radicais (RAMALHO, 2005).

Estes compostos com ação dos antioxidantes que estão presentes em plantas possuem um papel importante na redução da oxidação lipídica em tecido vegetal e animal e quando incorporado na alimentação humana pode atuar reduzindo o risco de desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose e câncer (NAMIKI, 1990; RAMARATHAN et al, 1995).

Quimicamente, os polifenóis são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Dentre os fenóis com maior destaque têm-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis, possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais (ANGELO; JORGE, 2007).

3.3.12. Capacidade de seqüestro do radical DPPH

Uma grande variedade de antioxidantes naturais pode estar presente nos óleos vegetais, tais como os tocóis (α -, β -, γ - e δ -tocoferol e tocotrienol), os carotenoides, os compostos fenólicos e os esteróis (CHAIYASIT et al, 2007).

Estes antioxidantes presentes de forma natural em óleos e gorduras vegetais apresentam potencial efeito na prevenção de doenças crônicas, devido sua capacidade de proteger sistemas biológicos contra a ação de espécies reativas de oxigênio, responsável pela oxidação aos ácidos graxos (RAMADAN; MOERSEL, 2006). Além disso, os antioxidantes naturais protegem os óleos vegetais contra a ação de radicais livres que iniciam a peroxidação lipídica, uma das principais formas de degradação dos óleos vegetais e conseqüentemente geração de prejuízos para a indústria de alimentos (CHAIYASIT et al, 2007).

Dessa forma, os antioxidantes naturais presentes nos óleos vegetais têm sido foco de estudos científico e tecnológico nas áreas de ciência de alimentos e nutrição, levando-se em

consideração duas abordagens principais: maior estabilidade oxidativa dos óleos e bioatividade no organismo humano. Assim, a capacidade antioxidante total dos óleos vegetais, pode ser sintetizada de forma integrada a ação dos antioxidantes, com potencial benefício para a saúde humana e estabilidade de óleos e gorduras vegetais (CASTELOBRANCO; TORRES, 2011).

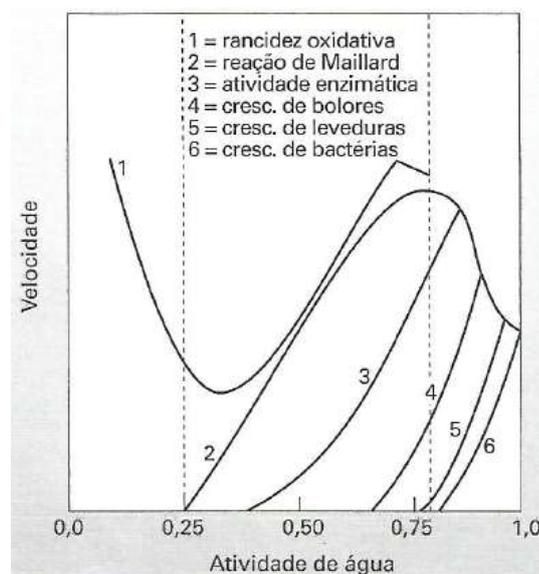
3.3.13. Atividade de água

A água presente em alimentos pode estar na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade de água (a_w), um fator intrínseco, representa a disponibilidade de água livre que está suscetível a diversas reações, já o teor de umidade é a medida de percentual, em massa, de toda a água presente no alimento (SCOTT, 1957).

A quantidade de água livre presente em um alimento é de grande importância para sua classificação. Alimentos com baixa umidade apresentam atividade de água até 0,6; alimentos com umidade intermediária apresentam atividade de água entre 0,6 e 0,9; e alimentos com alta umidade apresentam atividade de água acima de 0,9 (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

A atividade de água pode ser um parâmetro utilizado para o controle de fatores estabilizantes em alimentos, tais como reações enzimáticas e não enzimáticas, oxidação lipídica e como parâmetro de crescimento microbiológico (TROLLER; SCOTT, 1992), demonstrado na Figura 6.

Figura 6- Velocidade de oxidação em função da atividade de água.



Fonte: Ribeiro e Seravali (2007)

Em alimentos com presença de lipídeos, a velocidade de oxidação lipídica é acelerada quando a atividade de água encontra-se abaixo de 0,2 e entre 0,4 e 0,6. Quando a

atividade de água encontra-se acima de 0,6, a velocidade de oxidação é praticamente estabilizada. Alimentos com presença de lipídeos em sua composição devem apresentar atividade de água entre 0,2 e 0,4 para que a oxidação lipídica seja a menor possível.

3.4. Deterioração de óleos e gorduras

A exposição a luz e ao oxigênio podem levar a deterioração de óleos e gorduras, sendo sua principal causa a rancidez. Este fenômeno é caracterizado pela formação de compostos organolepticamente inaceitáveis, ou seja, de odores e sabores estranhos (*off flavours*). Além disso, a rancidez pode causar efeitos como a inativação de vitaminas, perda do valor nutritivo, perda de cor e conseqüentemente à rejeição do produto (QUINTEIRO; VIANNI, 1985).

A rancidez pode ser classificada em rancidez hidrolítica e oxidativa. A primeira é resultante da hidrólise enzimática da molécula de triglicerídeo, com formação de ácidos graxos livres, que podem ser desejáveis ou indesejáveis à qualidade do produto (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Na rancidez oxidativa as alterações são iniciadas por espécies reativas do oxigênio (oxigênio singlete ou tripleto, principalmente o primeiro), levando à formação de produtos primários e secundários. (NOGALA-KALUCKA et al., 2005). A rancidez oxidativa apresenta 3 estágios (iniciação, propagação e terminação) (RIBEIRO, SERAVALLI, 2007; MORETTO, FETT, 1998).

- **Iniciação:** um átomo de hidrogênio é retirado de um grupo metileno de um ácido graxo insaturado, levando a formação de um radical livre. Esta etapa é caracterizada por consumo baixo e lento de oxigênio, baixa formação de peróxidos e aroma e sabor dos alimentos inalterados.
- **Propagação:** o radical livre liga-se a uma molécula de oxigênio e forma um radical peróxido. Cada radical peróxido pode retirar um hidrogênio e de uma molécula de oxigênio não oxidada, formando novos radicais livres. Esta etapa é caracterizada pelo alto consumo de oxigênio, alto teor de peróxidos e início de alterações de aroma e sabor.
- **Terminação:** ocorre quando dois radicais livres reagem entre si, formando diversas substâncias responsáveis pela alteração de sabor, odor e cor do alimento. Esta etapa se caracteriza pelo baixo consumo de oxigênio, redução na concentração de peróxidos e alterações sensoriais do produto.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Reagente

Para a realização das análises foram utilizados: hipoclorito de sódio (Q Boa), ácido acético, ácido clorídrico P.A 37%, álcool etílico 99%, amido, clorofórmio 99%, hidróxido de sódio 99%, iodeto de potássio e sulfato de sódio anidro ambos adquirido da Alphatec®; ácido-tricloroacético, carbonato de Sódio (P.A / ACS) 99,5%, cloreto de potássio, éter etílico, iodo, reativo Folin-Ciocalteu 2 N, tetracloreto de carbono, tiosulfato de sódio e reagente de Wijis, ambos adquiridos da Dinâmica®; metanol 99% adquirido da Impex®; iodato de potássio e hidróxido de sódio adquiridos da Neon®; ácido gálico anidro 98% P.A, ácido sulfúrico P.A e fenoltaleína ambos adquiridos da Vetec®; 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), ácido tiobarbitúrico e 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TAP) ambos adquiridos da Sigma Aldrich®.

4.1.2. Equipamentos

Para o despulpamento das frutas e obtenção das sementes foi empregado uma despulpadeira da marca HauberMacanuda, modelo DMJI-05. A secagem das sementes foi realizada em estufa com circulação forçada de ar da marca AmericanLab, modelo AL-102/480. Todas as medidas de massa foram realizadas em balança analítica da marca Shimadzu, modelo AUY220. Para a extração do óleo foi utilizado extrator Soxhlet da marca Marconi, modelo MA-487/8, e para a separação do solvente do óleo foi utilizado o evaporador rotativo da marca Quimis, modelo Q344M1. Para as medidas espectrofotométricas de compostos fenólicos, TBARS e dienos conjugados foi utilizado o espectrofotômetro ThermoScientific, modelo Evolution 201, para análise de densidade e ponto de fusão utilizou-se o banho ultratermostático marca Ethik, para análise de tensão superficial foi utilizado um tensiômetro da marca Kruss, modelo K8 com anel de platina, para atividade de água foi utilizado um medidor de atividade de água marca Novasina, modelo LabMaster-aw e para a análise cromatográfica, a leitura foi realiza em cromatógrafo a gás, marca Shimadzu, modelo GC-MC, utilizando-se coluna NST 05 ms, com Comprimento de 30 metros, espessura da fase estacionária de 0,24 μ m e diâmetro da coluna de 0,25 mm.

4.2. Métodos

4.2.1. Sanitização

As guabirobas (*Campomanesia Xanthocarpa* O.Berg) foram colhidas no mês de novembro do ano de 2016, de forma manual. Após a colheita, no laboratório de Frutas da Universidade Federal da Fronteira Sul, os frutos foram selecionados, descartando os frutos verdes e que apresentavam injúrias. Em seguida, as mesmas foram higienizadas e sanitizadas em solução de hipoclorito de (10 mL/L), por 15 min. Para o enxague, as frutas foram imersas em água destilada para retirada do resíduo de hipoclorito de sódio. Posteriormente a água em excesso foi drenada e as frutas inseridas em sacos plásticos e congeladas em freezer horizontal (-18°C), até o momento de sua utilização.

4.2.2. Despulpamento

Para a etapa do despulpamento, assim como Grandó (2015), foi necessário o descongelamento das frutas, em geladeira à temperatura de refrigeração ($6 \pm 1^\circ\text{C}$) por 24 horas. Posteriormente, com o auxílio da despulpadeira usando peneira de 0,8 mm, as frutas foram despulpadas, sendo que a polpa obtida foi armazenada em embalagens plásticas e congeladas em freezer (-18°C). As sementes foram separadas das cascas, de forma manual e submetidas à secagem na temperatura de 30°C por 72 horas em estufa.

Fonte: autor

4.2.3. Extração do óleo

Para a extração do óleo, as sementes foram trituradas em multiprocessador - por 30 segundos. A Figura 7 mostra as sementes antes e após a trituração.

Figura 7-Sementes de guabiroba: A) semente inteira; B) semente triturada.



Após a trituração foi realizada a extração do óleo com hexano utilizando o extrator Soxhlet. A proporção utilizada de semente em relação ao solvente foi de 1:8, respectivamente.

O tempo de extração foi de aproximadamente 6 horas. O solvente foi separado do óleo a 40°C, sob vácuo com um evaporador rotativo.

4.2.4. Caracterização do óleo de guabiroba

4.2.4.1. Análise cromatográfica

Para a análise cromatográfica, primeiramente foi realizada a esterificação de ácidos graxos de acordo com metodologia IUPAC 2301, adaptado por Aued-Pimentel et al (2005). Para o preparo dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, foi medido aproximadamente 100 mg da amostra de óleo, adicionado 3 mL de n-hexano com 1 mL de solução metanólica de KOH 2 molL⁻¹. A solução foi homogeneizada e adicionado sobre a mesma 5 mL de solução saturada de NaCl. Para a análise cromatográfica, 1 mL da fase orgânica foi diluída com 5 mL de n-hexano. O instrumento foi operado no modo *Splitless*, com temperatura do injetor a 270°C e volume de injeção de 1 µL. Na tabela 3, é mostrado o programa de temperatura a que a coluna foi submetida.

Tabela 3. Programa de temperatura da coluna do cromatógrafo a gás.

Rampa de aquecimento (graus/min)	Temperatura (°C)	Tempo de permanência (min)
--	100	1
10	200	0
5	250	5
5	280	7

A identificação dos constituintes químicos foi realizada através da análise comparativa do espectro de massa das substâncias com Biblioteca do sistema CG-MS (Nist 62.lib).

4.2.4.2. Índice de saponificação

Para determinar o índice de saponificação foi utilizada a metodologia n° 328/IV do IAL, (2008). Foi medido aproximadamente 4 gramas da amostra em um balão de fundo chato, adicionado 30 mL da solução alcoólica de KOH. O balão foi conectado ao condensador fervida suavemente até a completa saponificação da amostra (aproximadamente uma hora). Após o resfriamento da mistura, foi lavada a parte interna do condensador com um 20 mL de água destilada. Sobre mistura foram adicionadas 3 gotas do indicador fenolftaleína e procedida a titulação com a solução padrão de ácido clorídrico 0,5 mol L⁻¹ (previamente

padronizada) até o desaparecimento da cor rosa. O índice de saponificação foi expresso em mg de KOH/g de amostra.

4.2.4.3. Índice de iodo

Para a determinação do índice de iodo foi procedido como sugerido pelo IAL (2008), utilizando a metodologia nº 329/IV. Foi medido aproximadamente 0,25 g da amostra em um frasco Erlenmeyer de 250 mL com 10 mL de tetracloreto de carbono. Foi transferido 10 mL de solução de Wijs, sobre a solução da amostra. O frasco foi tapado com filme plástico e a mistura homogeneizada cuidadosamente com movimento de rotação. Após o repouso por 30 minutos ao abrigo da luz em temperatura ambiente foi adicionado 2 mL da solução de iodeto de potássio a 15% (m/v) e 30 mL de água recentemente fervida. A mistura foi titulada com solução padrão de tiosulfato de sódio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (previamente padronizada) até o cor amarela fraca, na sequência foi adicionado 1 a 2 mL de solução indicadora de amido 1% (m/v) e continuada a titulação até o completo desaparecimento da cor azul. O índice de iodo foi expresso em g de I_2 / 100g de amostra.

4.2.4.4. Índice de Refração

Para determinar o índice de refração foi utilizada a metodologia nº 327/IV do IAL, (2008). O refratômetro de Abbé foi calibrado com água nas temperaturas de 20, 25, 30, C e 40°C. Com o prisma seco foi adicionado no prisma inferior algumas gotas da amostra, fechado os prismas e travado firmemente. O instrumento foi ajustado para obter a leitura mais distinta possível e, então, determinado o índice de refração. As temperaturas das medidas foram as mesmas utilizadas para a calibração.

4.2.4.5. Determinação do ponto de fusão

O ponto de fusão foi determinado por meio da metodologia nº 328/IV do IAL, (2008). Foi mergulhado completamente 3 tubos capilares limpos na amostra liquefeita, de maneira que a gordura ficasse a uma altura de 10 mm dentro dos capilares. Os capilares foram prendidos a um bastão de vidro e levados ao refrigerador entre (-12 e - 15)°C durante 16 horas. Os bastões de vidro com os capilares foram mergulhados e em banho termostatizado com temperatura ajustada entre 8 a 10°C abaixo do ponto de fusão da amostra. A temperatura do banho foi aumentada de 0,5°C a cada 15 minutos. As gorduras passam normalmente por um estágio de opalescência antes da completa fusão. O aquecimento foi contínuo até que o óleo nos tubos estive completamente claro. Foi observada a temperatura na qual cada tubo se tornou claro.

4.2.4.6. Tensão superficial

A tensão superficial foi medida utilizando tensiômetro com anel de platina o qual foi calibrado com água. Todas as medidas foram realizadas na temperatura de 30°C. O resultado foi expresso em mN/m.

4.2.4.7. Densidade

A densidade foi medida utilizando a metodologia n° 337/IV do IAL, (2008). O óleo foi aquecido até seu estado líquido. O picnômetro foi preenchido, cuidadosamente, adicionando a amostra pelas paredes para prevenir a formação de bolhas de ar. O picnômetro foi tampado e levado ao banho-maria nas temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40°C mantendo o conjunto por 30 minutos em cada temperatura. Posteriormente o picnômetro foi removido do banho, o óleo que escorreu pela lateral do recipiente foi removido e o picnômetro foi seco e sua massa foi medida.

4.2.4.8. Cor

A cor foi medida através de colorímetro digital, através do padrão C.I.E. L* a* b* (Anexo I). O colorímetro foi previamente calibrado em superfície branca. A medição foi realizada diretamente na superfície do óleo. Foram avaliados os parâmetros L*, a* e b*. O valor de a* caracteriza coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), o valor b* indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*). O valor L nos fornece a luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0) (Harder, 2005). O ângulo-Hue, indicando a tonalidade do objeto é calculado utilizando-se a equação 1. O Cromo obtém a saturação do objeto analisado e é calculado utilizando a equação (2):

$$H = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1)$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

4.2.4.9. Determinação da acidez

Para a determinação de acidez foi utilizado o método 325/IV do IAL, (2008). Foi medido aproximadamente 2 g da amostra em um frasco Erlenmeyer, adicionar 25 mL de solução de éter etílico-etanol (2:1) e duas gotas do indicador fenolftaleína. A mistura foi titulada com solução padrão de hidróxido de sódio 0,01 mol L⁻¹ (previamente padronizada) até o aparecimento da coloração rósea persistente por 30 segundos. O índice de acidez é expresso em mg de KOH/g de amostra.

4.2.4.10. Índice de peróxidos

A determinação do índice de peróxidos foi baseada no método 326/IV do IAL, (2008). Foi medido 5 g da amostra em um frasco Erlenmeyer, adicionado 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio (3:2) e homogeneizado até a dissolução. Sobre a mistura foi adicionado 0,5 mL da solução saturada de KI e deixado em repouso ao abrigo da luz por um minuto. Em seguida foi adicionado 30 mL de água destilada e titulado com solução de tiosulfato de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (previamente padronizada), com agitação constante até coloração amarela fraca. Na sequência foi adicionado 0,5 mL de solução indicadora de amido e prosseguida a titulação até o completo desaparecimento da coloração azul. O resultado do índice de peróxido é expresso em meq./Kg

4.2.4.11. Dienos Conjugados

A determinação de dienos conjugados foi realizada por meio do método oficial AOCS Ti 1a-64 (AOCS, 1993), a qual consiste em diluir uma massa da amostra em isooctano e medir a absorbância da solução em comprimento de onda de 233 nm. Da leitura da amostra foi descontada a absorbância de um branco com isooctano. O valor de dienos conjugados foi expresso em g/100 g de amostra.

4.2.4.12. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Para a determinação de TBARS, foi medido 0,5 g da amostra em frasco de polipropileno de 15 mL, adicionado 5,0 mL de cloreto de potássio 1% (m/v) e homogeneizado em vortex por 2 minutos. A mistura foi centrifugada por 10 minutos a 5000 rpm. Uma alíquota de 1,0 mL da fase aquosa foi transferida para frasco de polipropileno de 15 mL adicionando 250 μL de ácido tricloroacético 30% (m/v), 500 μL de ácido tiobarbitúrico 0,8% (m/v) e água destilada suficiente para completar o volume final de 2,0 mL. Após a adição de cada componente, a mistura foi homogeneizada em vortex. Os tubos foram aquecidos em banho-maria fervente por 30 minutos. Após o processo de aquecimento foi adicionado sobre a mistura 5,0 mL de 1-butanol, homogeneizado em vortex durante 2 min e centrifugado a 4000 rpm durante 15 min. Foi realizada a leitura de absorbância da fase orgânica em espectrofotômetro a 535 nm. Curva padrão com TEP foi preparada nas mesmas condições da amostra. O resultado foi expresso em mg de MDA/kg de amostra.

4.2.4.13. Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada com base no método de *Folin-Ciocalteu*, de acordo com a metodologia proposto por (MINUSSI et al, 2003). Foi medido 1,25 g da amostra em frasco de polipropileno de 50 mL, adicionado 20 mL de etanol 50% (v/v) e homogeneizado em vortex por 2 minutos. A mistura foi centrifugada por 5 minutos a 5000 rpm e uma alíquota de 0,50 mL desse extrato foi transferida para um balão de 25 mL protegido da luz (envoltos em papel alumínio). Foi adicionado nos balões sobre o extrato da amostra 3,0 mL de água destilada, 4,0 mL de solução de *Folin-Ciocalteu* 10% (v/v) e, entre 30 segundos a 8 minutos, foram adicionados 2,00 mL de solução de carbonato de sódio a 7,5% (m/v). O volume foi complementado com água destilada e a mistura homogeneizada. Os frascos foram mantidos em repouso, na ausência de luz, por 2 h e posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 765 nm descontando o valor do branco de cada medida. Um curva padrão foi realizada com ácido gálico nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,5 e 5,0 mg de GAE/L. Os resultados foram expressos em mg AG / 100 g de amostra.

4.2.4.14. Determinação da capacidade de sequestro do radical DPPH

Para determinação da capacidade de sequestro do radical DPPH, foi utilizado a metodologia baseado na Captura do Radical Livre, proposto por Rufino et al (2007). Foi preparada uma solução da amostra pela diluição de 200 mg de amostra com acetona até o volume de 5 mL. Em seguida, 0,1 mL desse extrato foi transferido para um tubo falcon com 3,9 mL de solução DPPH $0,06 \text{ mmol L}^{-1}$ e deixado descansar na ausência de luz por 30 minutos. Foi realizada leitura da solução em espectrofômetro em 515 nm. A solução controle foi preparada substituindo a solução da amostra por 0,1 mL de acetona. A curva de calibração foi construída com soluções de DPPH nas concentrações de 0; 5; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 $\mu\text{mol L}^{-1}$. O resultado foi expresso porcentagem de redução de DPPH provocada por grama de amostra tendo como referência 1 g de DPPH.

4.2.5. Avaliação da qualidade do óleo frente ao armazenamento

Os óleos de guabiroba foram avaliados sob duas condições de armazenamento, sem e com proteção a luz, sempre mantidas a temperatura ambiente (média anual de 17,4 °C (Climatempo, 2017)). A Figura 8 ilustra o conjunto referente ao armazenamento, onde o óleo foi armazenado garrafas de vidro.

Figura 8- Amostras de óleo armazenadas ao protegidas e expostas a luz.



As amostras de óleo foram analisadas após a extração (mês 0), mês 2 e mês 5. Foram realizadas análises de cor, compostos fenólicos, índice de acidez, índice de peróxido, dienos conjugados e TBARS.

4.3. Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados expressos como a média \pm intervalo de confiança calculado pelo teste t para 95% de confiabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Rendimento

O rendimento apresenta grande relevância quando se trata de processos industriais, uma vez que este pode estar relacionado com a viabilidade econômica do material obtido. A tabela 4 apresenta o rendimento para cada parte do fruto em relação ao fruto úmido e do óleo em relação a semente seca.

Tabela 4. Rendimento de cada parte do fruto e do óleo.

Parte do fruto	Rendimento em porcentagem (m/m)
Polpa em relação ao fruto úmido	61,2
Resíduo (semente + casca) em relação ao fruto úmido	38,8
Semente seca em relação ao fruto úmido	3,3
Óleo em relação ao fruto úmido	1,4
Óleo em relação à semente seca	42,5

Como visualizado na Tabela 4, a polpa apresentou maior rendimento em relação ao fruto úmido, uma vez que esta é a maior parte do fruto. O resíduo apresentou rendimento de 38,8% e nele se encontra a semente e a casca.

A semente seca em relação ao fruto úmido apresentou um rendimento relativamente baixo, de 3,3%, o que é explicado pelo fato da semente ser pequena quando comparada com o fruto e existir apenas entre 2 a 3 sementes por fruto.

O óleo extraído da semente apresentou um rendimento relativamente baixo (1,4%) em relação ao fruto *in natura*, porém quando comparado com a semente seca, o rendimento foi de 42,52%, um valor considerado alto, uma vez que a maioria oleaginosas apresentam rendimento menor.

Segundo Moretto e Fett (1998), o óleo de soja apresenta um rendimento de 18-20%, azeite de oliva entre 25 e 30%; óleo de girassol entre 35 e 45%, ambos são comercializados em larga escala, sendo que apenas o óleo de girassol tem rendimento próximo ao o óleo da semente da guabiroba. Alguns óleos podem apresentar um rendimento maior do que o óleo de guabiroba, tais como óleo de gergelim de 50-55%; babaçu 60-65% e copra 66-68%.

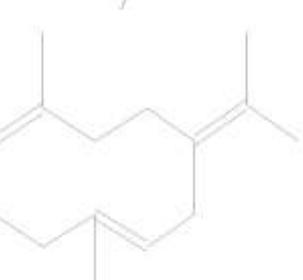
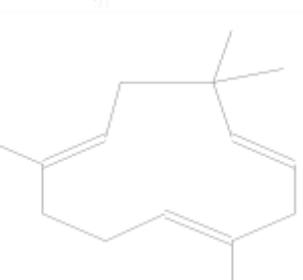
5.2. Caracterização do óleo

5.2.1. Análise cromatográfica

A presença de determinadas substâncias em um produto, podem explicar diversos fatores, como por exemplo, suas características físicas e químicas, seu comportamento diante do armazenamento, entre outros.

Por meio da análise cromatográfica foi possível identificar os principais ácidos graxos e outros compostos voláteis presentes nas amostras. Na tabela 5 são apresentados os principais componentes identificados em cada amostra (óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco).

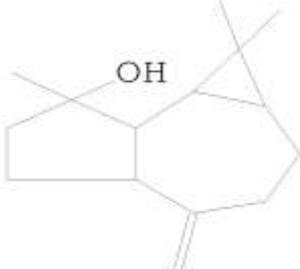
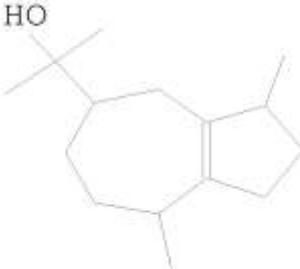
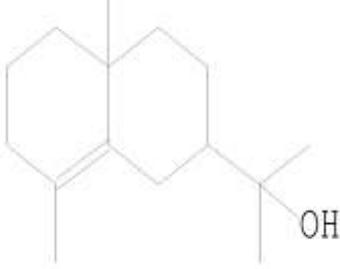
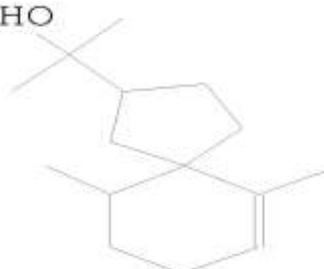
Tabela 5. Presença de compostos voláteis em cada amostra de óleo

Óleo de guabiroba			
Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
7,37	Copaeno		1,35
7,84	α -Gurgujeno		1,24
7,98	Cariofileno		10,14
8,09	Germacreno		3,05
8,42	α -cariofileno		3,24

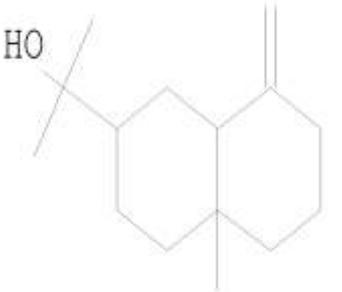
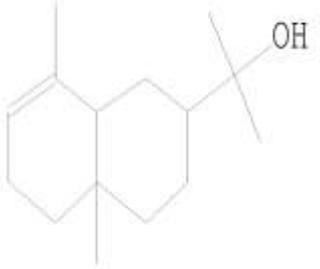
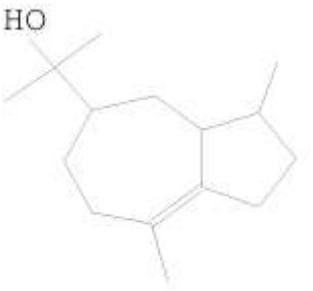
continuação, óleo de guabiroba...

Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
8,65	Ciclopropa[a]naftaleno		2,30
8,94	Azuleno		7,19
9,14	γ -muuroleno		2,21
9,22	δ -Cadineno		4,11
9,52	α -acorenol		1,50

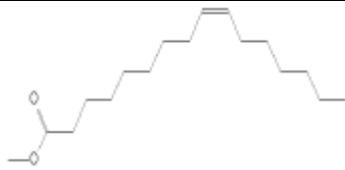
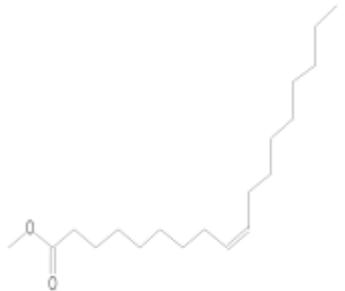
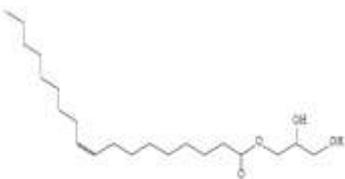
continuação, óleo de guabiroba...

Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
9,94	Espatulenol		1,90
10,04	Óxido de cariofileno		1,36
10,14	Guaiol		9,06
10,56	γ -eudesmol		6,87
10,67	Agarospinol		3,17

continuação, óleo de guabiroba...

Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
10,81	β -Eudesmol		5,85
10,85	α -Eudesmol		8,23
10,97	Bulnesol		7,54
14,59	Éster metílico do ácido palmítico		13,04
19,25	Éster metílico do ácido oleico		6,65

continuação...

Azeite de Oliva			
Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
14,2	Éster metílico do ácido palmitoteico (ω -7)		1,19
14,72	Éster metílico do ácido palmítico		13,81
19,97	Éster metílico do ácido oleico (ω -9)		79,43
20,52	Éster metílico do ácido esteárico		4,59
40,66	Oleato de glicerol		0,98

continuação...

Óleo de Coco			
Tempo de retenção (minutos)	Nome usual	Estrutura química	Área relativa (%) de cada composto
3,82	Éster metílico do ácido caprílico		13,30
6,45	Éster metílico do ácido cáprico		10,42
9,11	Éster metílico do ácido láurico		35,07
11,51	Éster metílico do ácido mirístico		21,07
14,62	Éster metílico do ácido palmítico		10,98
18,86	Laureato de glicerol		1,05
19,30	Éster metílico do ácido oleico (ω -9)		5,04
20,26	Éster metílico do ácido esteárico		3,07

No óleo de guabiroba foram encontradas 20 principais substâncias que o compõem, sendo que diversas delas são comuns em óleos essenciais. Vanillo et al, (2008) estudou a presença de substâncias voláteis em óleo essencial de guabiroba, o qual verificou a presença de 62 compostos, sendo que grande parte das substâncias encontradas no óleo essencial também está presente no óleo bruto de guabiroba.

As substâncias presentes em maior quantidade são o ácido palmítico (13,04%), cariofileno (10,14%) e guaiol (9,06%). O ácido palmítico é um ácido graxo saturado, presente de forma natural na maioria de óleos e gorduras (JORGE, 2009). Os cariofilenos são substâncias encontradas em diversas espécies de plantas medicinais, sendo atribuídos a eles várias propriedades farmacológicas (SILVA et al, 2017). O Guaiol está presente em óleos essenciais e apresenta uma grande atividade antibacteriana (CHOUDHARY et al, 2007).

Os ácidos graxos encontrados em maior quantidade nas amostras de óleo analisadas encontra-se na Tabela 6. No óleo de guabiroba foram o ácido palmítico e o ácido oleico, ambos encontrado no azeite de oliva e no óleo de coco. O ácido palmítico é classificado como um ácido graxo saturado, e o ácido oleico é considerado como insaturado.

Tabela 6. Principais ácidos graxos presente no óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.

Amostra	Ácido graxo presente	Área relativa (%)
Óleo de Guabiroba	Ácido palmítico	13,04
	Ácido oleico	6,65
Azeite de oliva	Ácido palmítico	13,81
	Ácido oleico	79,43
Óleo de coco	Ácido láurico	35,07
	Ácido mirístico	21,07

Santos (2011) também estudou a composição dos ácidos graxos presente no óleo de guabiroba, onde os ácidos graxos presentes em maior quantidade foram o ácido oleico, linoleico e palmítico, sendo que o ácido oleico e o palmítico, também foram encontrados neste trabalho.

Nas amostras de azeite de oliva e óleo de coco, a quantidade e variedade de ácidos graxos foi maior do que no óleo de guabiroba. No óleo de guabiroba, a maioria das substâncias encontradas são características de óleos essenciais como os

sesquiterpenos.

5.2.2. Índice de saponificação, índice de iodo e índice de refração

O óleo de guabiroba apresentou menor índice de saponificação (236 mg KOH/g) seguido pelo azeite de oliva (257 mg KOH/g) e pelo óleo de coco (514 mg KOH/g) (Tabela 7). O menor índice de saponificação é um indicativo da existência de ácidos graxos com maior massa molar, entretanto neste caso, comparando com os dados cromatográficos, observamos que no óleo de guabiroba existe uma pequena porção de ácidos graxos, e conseqüente menor teor de triglicerídeos em relação aos outros óleos, sendo que a maioria dos compostos são sesquiterpenos, por isso é de se esperar o baixo índice de saponificação em relação ao óleo de coco e ao azeite de oliva.

Prasad e Azeemoddin (1994) encontraram um índice de saponificação de 196 mg KOH/g para o óleo de goiaba. Coimbra (2010) analisou óleos extraídos da amêndoa e da polpa de guariroba, jevira e macaúba, os valores obtidos para o óleo extraído da polpa foram de 159,71 mg KOH/g; 112,57 mg KOH/g e 181,23 mg KOH/g respectivamente, para o óleo extraído das amêndoas, os valores obtidos foram de 225,68 mg KOH/g; 206,42 mg KOH/g e 201,41 mg KOH/g, respectivamente. Almeida et al (2011) analisou óleo de soja, milho, girassol e canola, o índice de saponificação para estas amostras foi de 142,327 mg KOH/g; 148,156 mg KOH/g; 133,686 mg KOH/g; 123,862 mg KOH/g respectivamente. Os óleos estudados por outros autores apresentaram valores para o índice de saponificação menores que o óleo de guabiroba, indicando que os ácidos graxos presentes nestes óleos são de maior massa molecular.

Tabela 7. Índice saponificação e de iodo para o óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.

Amostras	Índice de saponificação (mg KOH/g)	Índice de iodo (g I ₂ /100 g)
Óleo de guabiroba	236 ± 4 ^a	77,24 ± 3,68 ^a
Azeite de oliva	257 ± 10 ^b	84,20 ± 5,54 ^a
Óleo de coco	514 ± 2 ^c	13,94 ± 2,16 ^b

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Na tabela 7 também é apresentado o índice de iodo das amostras analisadas, ao nível de 95% de confiabilidade. Apenas o óleo de coco se diferiu das demais amostras, o qual apresentou o menor índice de iodo, mostrando que nele existem ácidos graxos

com menor grau de instauração. Numericamente, óleo de guabiroba apresentou índice de iodo intermediário, de 77,24 (g I₂/100 g) sendo menor que o que o azeite de oliva, e maior que o óleo de coco.

O índice de iodo é proporcional ao grau de instauração, ou seja, com a quantidade de dupla ligações presente nas moléculas. O óleo de guabiroba apresenta grau de insaturação equivalente ao azeite de oliva, sendo que estes apresentam grau de insaturação maior que o óleo de coco.

Coimbra (2010) extraiu óleo da polpa de macaúba, e o caracterizou quimicamente. Para o índice de iodo foi obtido 79,69 g I₂/100 g, um valor próximo ao encontrado para o óleo de guabiroba.

Prasad e a Azeemoddin (1994) analisaram o óleo da semente de goiaba, sendo obtido 134 g I₂/100. Guimarães et al (2013) analisou óleo de linhaça, sendo que o índice de iodo foi de 123,19 g I₂/100 g. Estes valores são superiores ao encontrado para o óleo de guabiroba, indicando a presença de compostos de maior insaturação.

A insaturação está relacionada com os ácidos graxos presentes no óleo, os quais podem ser identificados pela análise cromatográfica com dados apresentados na Tabela 5. Foi determinado que no óleo de guabiroba existem apenas dois ácidos graxos, sendo que um deles é insaturado. O elevado índice de iodo pode ser explicado devido as ligações duplas existentes nos outros compostos presentes no óleo, as quais podem ter promovido a reação com o iodo. Comparando o óleo de coco com o azeite de oliva, observa-se que, em ambos os casos, os compostos majoritários são ácidos graxos, entretanto no óleo de coco existe maior número de ácido graxos saturados, pois isso o baixo índice de iodo.

O índice de refração é um parâmetro físico que é proporcional ao comprimento da cadeia carbônica e com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos (MORETTO; FETT, 1998), tendo assim uma relação direta ao índice de iodo.

Os dados obtidos para o índice de refração do óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco nas diferentes temperaturas de análises encontram-se na tabela 8.

Tabela 8. Índice de refração nas temperaturas de 20 a 40°C para óleo de guabiroba, azeite de oliva e óleo de coco.

Temperatura (°C)	Óleo de guabiroba	Azeite de oliva	Óleo de Coco
20	1,469 ± 0,001 ^{aA}	1,461 ± 0,001 ^{aB}	1,450 ± 0,001 ^{aC}
25	1,470 ± 0,001 ^{aA}	1,462 ± 0,001 ^{aB}	1,448 ± 0,001 ^{aC}
30	1,470 ± 0,001 ^{aA}	1,462 ± 0,001 ^{aB}	1,450 ± 0,001 ^{aC}
35	1,472 ± 0,001 ^{aA}	1,463 ± 0,001 ^{aB}	1,449 ± 0,001 ^{aC}
40	1,472 ± 0,001 ^{aA}	1,462 ± 0,001 ^{aB}	1,450 ± 0,001 ^{aC}

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-c} média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-C} média com letras maiúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05.

Para o índice de refração, entre as diferentes temperaturas, não houve diferença significativa, porém entre as amostras analisadas sim, sendo que o maior índice de refração foi o do óleo de guabiroba, seguido pelo azeite de oliva e óleo de coco. Logo, o óleo de guabiroba pode apresentar uma cadeia carbônica maior que os demais óleos, assim como maior grau de insaturação de suas cadeias. Entretanto a composição química não revelou essas características, pois o mesmo é majoritariamente constituído de sesquiterpenos, os quais apresentam insaturação, mas tem características completamente diferentes dos ácidos graxos.

Costa (2006) estudou o índice de refração à 25°C em óleos de duas cultivares de mamona. Para a cultivar BRS-188 Paraguaçu o índice de refração foi de 1,478 e para a cultivar BRS-149 Nordestina o índice de refração foi de 1,466. A cultivar BRS-188 Paraguaçu apresentou maior índice de refração do que as amostras aqui analisadas, já a cultivar BRS-149 Nordestina apresentou menor valor do que o óleo de guabiroba, mostrando assim que o óleo de guabiroba apresenta cadeias carbônicas de tamanho intermediário às duas amostras do óleo de mamona analisados.

O índice de refração para óleo de soja refinado, a 40°C é de 1,4667 (DAMY; JORGE, 2003), ligeiramente menor que o do óleo de guabiroba, mostrando que o óleo de guabiroba apresenta cadeia carbônica ligeiramente maior que o óleo de soja.

5.2.3. Ponto de fusão, tensão superficial e densidade

Nos óleos e gorduras o ponto de fusão é influenciado por algumas características, como o tamanho da cadeia carbônica, grau de saturação e isomeria.

O óleo de guabiroba apresentou maior ponto de fusão entre as demais amostras,

com 29,3°C. O azeite de oliva apresentou ponto de fusão de 10°C e o óleo de coco 25,2°C, estes resultados estão apresentados na Tabela 9.

O maior ponto de fusão do óleo de guabiroba se deve ao fato de que o ácido palmítico é o mais abundante, o qual é saturado (Tabela 6). Além disso, o óleo de guabiroba apresenta grande concentração de sesquiterpenos os quais, em geral, apresentam ponto de fusão maior do que os de ácidos graxos. Um exemplo é o guaiol apresenta ponto de fusão entre 91 e 93°C (SIGMA-ALDRICH, 2017 b) e está presente no óleo de guabiroba na porcentagem de 9,06% e o β -eudesmol entre 72 a 74°C presente na proporção de 5,82 (SIGMA-ALDRICH, 2017 a).

O ponto de fusão de 29,3°C classifica óleo de guabiroba como um gordura vegetal, visto que a mistura apresenta uma mistura de lipídeos com ponto de fusão acima de 25°C, tal como previsto pela resolução RDC n° 270 do Diário Oficial da União publicada em de 22 de setembro de 2005

Tabela 9. Ponto de fusão e tensão superficial das amostras analisadas.

	Óleo de guabiroba	Azeite de oliva	Óleo de coco
Ponto de Fusão (°C)*	29,3 ± 0,7 ^a	10,0 ± 0,1 ^b	25,2 ± 0,7 ^c
Tensão superficial (30°C)(mN/m)	31,3 ± 0,7 ^{ab}	32,0 ± 0,1 ^a	30,2 ± 0,7 ^b

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

A tensão superficial representa a força de interação entre as moléculas de uma determinada amostra. Em óleos e gorduras é grande importância, principalmente para fins industriais.

Na tabela 9, é mostrada a tensão superficial das amostras analisadas. Percebe-se que o óleo de coco apresentou menor tensão superficial do que as demais amostras, enquanto que a tensão superficial do óleo de guabiroba não se diferiu estatisticamente das outras amostras, indicando as moléculas presentes neste óleo, em geral, apresentam interações de mesma magnitude.

A densidade foi determinada em diferentes temperaturas, com o objetivo de verificar se esta propriedade apresenta variação significativa. Em um nível de 95% de confiabilidade, não existe diferença significativa de densidade na faixa de temperaturas avaliada (Tabela 10).

Tabela 10. Densidade das amostras em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Óleo de Guabiroba	Azeite de oliva	Óleo de Coco
20	0,916 ^{aA} ± 0,005	0,912 ^{aAB} ± 0,002	0,923 ^{aAC} ± 0,002
25	0,919 ^{aA} ± 0,004	0,915 ^{aA} ± 0,001	0,921 ^{aA} ± 0,008
30	0,919 ^{aA} ± 0,001	0,914 ^{aA} ± 0,001	0,925 ^{aAC} ± 0,006
35	0,916 ^{aA} ± 0,005	0,914 ^{aAB} ± 0,001	0,924 ^{aAC} ± 0,004
40	0,918 ^{aA} ± 0,001	0,913 ^{aB} ± 0,001	0,925 ^{aC} ± 0,004

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-c} média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-B} média com letras maiúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05.

Entre as amostras analisadas, na temperatura de 25°C, nenhuma amostra apresentou diferença significativa entre si. Na temperatura de 20, 30 e 35°C a densidade do óleo de guabiroba é estatisticamente igual a do azeite de oliva e do óleo de coco, porém a densidade do azeite de oliva se difere do óleo de coco. Para a temperatura de 40°C, todas as amostras se diferem entre si, com densidade maior para o óleo de coco e valor intermediário para o óleo de guabiroba.

Estes resultados nos mostram que, a 20, 30 e 35°C, o óleo de guabiroba apresenta capacidade de empacotamento equivalente a do azeite de oliva e do óleo de coco. Já a 40°C, este se difere dos demais, porém a diferença pequena.

A densidade também está relacionada com o grau de insaturação dos ácidos graxos ou com a ramificação, sendo que a presença desses diminui a capacidade de empacotamento, diminuindo a densidade. Estes resultados estão de acordo com a composição das amostras, e como mostrado na Tabela 6, o óleo de coco apresenta maior proporção de ácidos graxos saturados e conseqüente maior densidade. O óleo de guabiroba também apresenta ácido graxo saturado, mas os compostos em maior abundância são sesquiterpenos, que são moléculas não planas, o que dificulta o empacotamento e faz a densidade ser menor.

5.2.4. Cor

A cor de um produto é de grande importância, pois afeta diretamente a aceitabilidade pelos consumidores (SRINIVASA et al, 2003). A cor de um óleo pode estar diretamente relacionada com o processo de refinamento (CELLA; REGITANO-

D'ARCE; SPOTO, 2002) visto que neste processo inclui a etapa de clarificação, a qual visa à redução na quantidade de corantes naturais (carotenóides e clorofila) presentes no óleo, atendendo às demandas dos consumidores (JORGE, 2009).

A determinação da cor foi realizada para as três amostras como mostrado na Tabela 11.

Tabela 11. Parâmetros de cor para as amostras analisadas.

Parâmetros	Óleo de Guabiroba	Azeite de oliva	Óleo de Coco
a*	11 ± 1 ^a	-10 ± 1 ^b	0,4 ± 0,2 ^c
b*	25 ± 2 ^a	40 ± 1 ^b	-1,12 ± 0,03 ^c
L*	46 ± 3 ^a	70 ± 2 ^b	84 ± 2 ^c
C	62 ± 4 ^a	82 ± 3 ^b	1,39 ± 0,80 ^c
H	78 ± 2 ^a	98 ± 1 ^b	289 ± 3 ^c

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Os parâmetros de a* e b* apresentam a intensidade de cor vermelha e amarelo respectivamente. Comparando os valores de a* e b* das amostras, o óleo de guabiroba apresentou maior valor do parâmetro a*, indicando maior intensidade da coloração vermelha. Para o parâmetro b*, que indica a intensidade de coloração amarela, foi maior para o azeite de oliva, seguido pelo óleo de guabiroba e pelo óleo de coco.

Grando (2015) analisou a cor da polpa de guabiroba, e encontrou para os parâmetros de a* e b* valores de 16,43 e 49,72 respectivamente. O valor de a* foi um valor bem próximo ao da polpa, indicando assim a relação da cor da polpa com o óleo extraído.

O parâmetro L* representa a luminosidade, a qual varia de 0 (preto) e 100 (branco). Quando comparado as três amostras analisadas, o valor mais próximo de 100 foi para o óleo de coco, e o mais próximo de 0 foi o para o óleo de guabiroba. Uma vez que as análises foram realizadas com fundo branco, valores mais próximos a 100 indicam uma maior transparência do óleo. Assim, das amostras analisadas, o óleo de coco apresenta mais transparência, e o óleo de guabiroba uma coloração mais intensa, diminuindo a transparência. O baixo valor de L* para o óleo de guabiroba pode ser atribuído a presença de partículas coloidais suspensas, visto que o óleo não foi submetido a qualquer processo de purificação e nem filtrado.

O valor do parâmetro L* para o óleo de guabiroba é próximo da luminosidade da polpa de guabiroba estudada por Grando (2015), que apresentou valor de 44,80, indicando fortes correlações neste parâmetro também.

Segundo o sistema CIELAB (Anexo I), o ângulo *Hue* (H) representa a tonalidade definida em graus variando entre de 0 e 360°. Amostras com ângulo *Hue* entre 0° e 90°, a coloração varia entre vermelha (0°) e amarela (90°). Ângulos entre 90° e 180°, a coloração das amostras variam de amarelo (90°) e verde (180°). Amostras com ângulos *Hue* entre 180° e 270° sua coloração varia de verde (180°) a azul (270°), e amostras com ângulo entre 270° a 360° sua coloração variam de azul (270°) à vermelho (360°).

Para as amostras analisadas, o maior valor do ângulo *Hue* encontrado foi para o óleo de coco, com um ângulo de 289, indicando tonalidade azul, já para o azeite de oliva foi de 98, indicando tonalidade amarela e para o óleo de guabiroba foi de 78, com tonalidade entre vermelho e amarelo, ou seja, laranja.

Grando (2005) avaliou o ângulo *Hue* para a polpa de guabiroba, a qual apresentou um valor de 71,7°, ângulo próximo ao encontrado para o óleo da guabiroba, indicando assim também a relação entre este dois parâmetros, além disso, a coloração laranja indica a presença de carotenóides, presentes tanto na polpa quanto no óleo de guabiroba. Estes não foram identificados pela análise cromatográfica, pois não são voláteis.

O *Chroma* (C) refere-se a intensidade de saturação. Quanto maior o valor de *Chroma* maior é a saturação, isto é, mais forte é a cor. Para as amostras analisadas, o azeite de oliva foi que apresentou maior intensidade de coloração, com um valor de 82, indicando coloração entre amarelo e verde. Já para o óleo de guabiroba, o valor de foi de 62, indicando uma coloração intensa de laranja. Para o óleo de coco, o valor de *Chroma* foi de 1,29, indicando uma baixa intensidade da coloração do óleo, praticamente transparente.

No estudo de Grando (2005), a polpa apresentou *Chroma* de 52,37, um pouco menor que o óleo de guabiroba, indicando assim que o óleo de guabiroba apresenta uma tonalidade de laranja mais intensa que a polpa. Esse fato se deve principalmente as características do processo de obtenção do óleo, que extraiu e concentrou a maior parte de carotenóides no óleo, visto que estes compostos são lipofílicos.

5.2.5. Índice de acidez, peróxidos, dienos conjugados e TBARS

Os resultados do índice de acidez para as amostras analisadas são mostrados na Tabela 12. O índice de acidez foi significativamente maior para a amostra de guabiroba,

com 4,58 mg KOH/g. Já o azeite de oliva e de óleo de coco apresentaram acidez menor, estando, ambas, de acordo com informações contida nos rótulos dos mesmos.

A resolução RDC nº 270 do Diário Oficial da União publicada em 22 de setembro de 2005, traz valores máximos para óleos prensados a frio e não refinados, de 4,0 mg KOH/g. No caso do óleo de guabiroba, o mesmo foi extraído com solvente, porém não refinado, podendo se encaixar nesta legislação. Portanto, o óleo de guabiroba não estaria apto para o consumo, devido sua acidez estar acima do limite permitido.

Segundo Angelucci et al. (1987), a acidez pode ser um indicador de sementes de baixa qualidade, de manuseio e armazenamento impróprio ou de um processamento insatisfatório, ou do próprio grau de pureza da gordura, uma vez que a acidez livre de uma gordura decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, cuja reação está relacionada com os fatores acima mencionados.

Costa (2006) também determinou a acidez do óleo bruto obtido por prensagem a frio de duas cultivares de mamona. Para a cultivar BRS-149 Nordeste obteve 1,66 mg KOH/g e 0,24 mg KOH/g para a cultivar BRS-188 Paraguaçu, valores muito inferiores ao óleo de guabiroba, e ambos de acordo com a legislação. Sendo assim, o elevado índice de acidez do óleo da guabiroba pode estar relacionado com o método de extração do óleo, uma vez que este foi extraído com solvente em extrator Soxhlet, a temperatura próxima de 70°C. A elevada temperatura pode provocar a hidrólise dos triglicerídeos, liberando ácidos graxos que são responsáveis pelo aumento da acidez.

Monte et al (2008) determinou o índice de acidez em óleo bruto de carpa, branqueado e refinado, sendo que foram obtidos 6,63; 0,44 e 0,09% de ácido oleico respectivamente, assim, sugere-se realizar o processo de branqueamento e refinamento para o óleo de guabiroba para diminuição do índice de acidez.

Tabela 12. Índice de acidez, peróxidos, dienos conjugados e TBARS das amostras de analisadas.

	Óleo de guabiroba	Azeite de oliva	Óleo de Coco
Índice de acidez (mg KOH/g)*	4,58 ± 0,17 ^a	0,88 ± 0,04 ^b	0,12 ± 0,02 ^c
Índice de peróxido (meq. /1000 g)*	3,92 ± 0,12 ^a	20,79 ± 0,43 ^b	0,14 ± 0,01 ^c
Dienos conjugados (%)*	6,65 ± 0,22 ^a	0,12 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,01 ^b
TBARS (mg/1000 g)*	0,343 ± 0,038 ^a	0,158 ± 0,034 ^b	0,870 ± 0,044 ^c

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Outro elemento importante para qualidade de um óleo é o índice de peróxidos, que representa o grau de oxidação de óleos e de gorduras, em seu estágio inicial. Os hidroperóxidos são produtos formados principalmente da rancidez oxidativa, a qual tem sua origem devido a ação do oxigênio atmosférico sobre as ligações duplas dos ácidos graxos insaturados (JORGE, 2009).

A presença de hidroperóxidos nas amostras de óleo analisadas foi maior para o azeite de oliva, com valor de 20,79 meq./kg g de amostra, que está no limite máximo da legislação (20 meq./kg). Este elevado índice indica que o azeite já sofreu uma exposição ao oxigênio atmosférico.

Para o óleo de guabiroba o índice de peróxido foi de 3,96 meq./kg de amostra, estando de acordo com a resolução RDC nº 270 do Diário Oficial da União publicada em 22 de setembro de 2005, onde o limite para óleos e gorduras refinados é de 15 meq./kg, portanto o óleo de guabiroba encontra-se apto para o consumo, com relação ao nível de oxidação primária. O óleo de coco foi a amostra que apresentou menor índice de peróxidos, com 0,14 meq./kg de amostra. Tais valores podem ser visualizados na Tabela 12.

Jorge et al (2005) realizou um estudo para óleo de soja, girassol e milho, onde o índice de peróxido foi de 3,21; 0,99; e 1,0 meq./ kg. Comparando com o óleo de guabiroba, o óleo de soja apresentou valor mais próximo, indicando assim, que óleo de guabiroba apresenta uma qualidade, em relação ao índice de peróxido, próxima ao óleo de soja, um óleo bastante consumido pela população.

O baixo índice de peróxido no óleo de Guabiroba indica que até o momento da análise o mesmo estava pouco oxidado, e apto para o consumo. Entretanto o baixo valor de peróxidos pode ser explicado pela composição do óleo, pois este apresenta baixo teor de ácidos graxos insaturados, assim, mesmo que exposto a ação do oxigênio teria baixa formação de peróxidos.

Outro parâmetro importante para verificar o grau de oxidação primária são os dienos conjugados, estes representam a formação dos hidroperóxidos conjugados, que são oriundos da mudança da dupla ligação dos hidroperóxidos.

A presença de dienos conjugados foi maior para o óleo de guabiroba, com valor de 6,65% (Tabela 12), já para o azeite de oliva e para óleo de coco foi de 0,12%, demonstrando assim que o deslocamento das duplas ligações dos hidroperóxidos e consequente formação de dienos conjugado foi maior no óleo de guabiroba do que nas demais amostras analisadas. Tolentino et al (2014), analisou a presença de dienos conjugados em óleos de canola e milho, o qual obteve valores de 0,235 e 0,15% respectivamente, valores menores que o óleo de guabiroba, indicando menor presença de hidroperóxidos conjugados para tais amostras. Pode ser que esse resultado para o óleo de guabiroba não seja real, pois ele resulta da análise direta da amostra através da leitura em espectrofotômetro, aliado a isso, a amostra não foi submetida a nenhum processo de purificação e por ter composição muito diferenciada em relação a outros óleos e azeites, podem existir outras substâncias que absorvam radiação na mesma faixa de comprimento de onda dos dienos, levando a um resultado superior em relação ao real.

Outro fator de grande importância para a qualidade dos óleos é a quantificação de malonaldeído (MDA), um produto resultante da degradação dos hidroperóxidos. O MDA é determinado pelo nível de TBARS. A concentração de TBARS para cada amostra está mostrada Tabela 8.

A presença de TBARS foi maior para a amostra de óleo de coco, com 0,870 mg/kg, o óleo de guabiroba apresentou um valor intermediário, com 0,343 mg/kg e o azeite de oliva 0,158 mg/kg. Este parâmetro nos mostra que o nível de TBARS é baixo no óleo de guabiroba, indicando o baixo nível de oxidação da amostra.

5.2.6. Compostos fenólicos

Quanto a determinação dos compostos fenólicos totais, as três amostras de óleo analisadas apresentaram diferença significativa entre si. Na tabela 13, são mostrados os

valores de compostos fenólicos totais para as amostras analisadas.

Tabela 13. Compostos fenólicos presente nas amostras analisadas.

Amostra	Compostos fenólicos (mg AG/100g)
Óleo de guabiroba	1279 ± 24 ^a
Azeite de oliva	22 ± 11 ^b
Óleo de coco	n.d.

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

n.d.= não detectado

A amostra que apresentou maior presença de compostos fenólicos foi o óleo de Guabiroba, com 1279 mg AG/100 g, já o azeite de oliva apresentou um valor de 22 mg AG/ 100 g e no óleo de coco não foi detectado a presença de compostos fenólicos. A elevada concentração de compostos fenólicos é característica guabiroba, a qual também apresenta altos de compostos fenólicos na polpa como já apresentado na literatura.

Grando (2005) avaliou a presença de compostos fenólicos na polpa, casca e semente de guabiroba, utilizando diferentes solventes para a extração sendo comprovada maior presença de compostos fenólicos nas sementes. O elevado teor de compostos fenólicos no óleo é compatível quando comparado a sua presença nas sementes secas (3523 mg AG/100 g) o qual também foi determinado neste trabalho para fins de comparação. A diferença se deve ao fato destes compostos serem preferencialmente extraídos em solventes polares, logo sua concentração no óleo é menor, pois o óleo foi extraído com hexano, que é apolar. O elevado teor de polifenóis no óleo e semente pode estar superestimado, pois a análise cromatográfica mostra a presença de diversos compostos que não são polifenóis, mas que apresentam o grupo OH e que podem ter reagido com o reagente Follin Ciocauteau.

5.2.7. Capacidade de sequestro do radical DPPH

A capacidade de sequestro do radical DPPH para as três amostras analisadas apresentou diferença significativa, esses resultados são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14. Capacidade de seqüestro do radical DPPH das amostras analisadas.

Amostra	Capacidade de seqüestro do radical DPPH (%)
Óleo de guabiroba	0,862 ± 0,132 ^a
Azeite de oliva	0,075 ± 0,008 ^b
Óleo de coco	0,048 ± 0,001 ^c

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Como pode ser observado na tabela acima, o óleo de guabiroba apresentou um consumo do radical DPPH uma ordem de grandeza maior do que as demais amostras (azeite de oliva e óleo de coco), indicando maior atividade antioxidante.

A presença de substâncias sequestradoras de radicais livres é de grande importância para óleos e gorduras, uma vez que atuam retardando a oxidação, assim, o óleo de guabiroba poderá apresentar maior estabilidade em relação a rancidez oxidativa quando comparado ao azeite de oliva e óleo de coco, durante o processo de armazenamento.

A maior presença de sequestradores de radicais livre no óleo de guabiroba pode estar relacionada com significativa presença de compostos fenólicos, e aos sesquiterpenos que são reconhecidamente compostos com forte atividade antioxidante (CANDAN et al., 2003; SACCHETTI et al., 2005).

5.2.8. Atividade de água

A atividade de água é um fator fundamental para óleos e gorduras, o qual apresenta grande influência na velocidade de deterioração destes. Os valores de atividade de água de cada amostra podem ser visualizados na Tabela 15.

Tabela 15. Atividade de água (Aw) das amostras analisadas.

Amostra	Aw
Óleo de Guabiroba	0,307 ± 0,004 ^a
Azeite de Oliva	0,317 ± 0,009 ^a
Óleo de Coco	0,341 ± 0,008 ^c

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Média com letras minúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

A atividade de água não apresentou diferença significativa entre as amostras de

óleo de guabiroba e azeite de oliva. A diferença para o óleo de coco foi pequena. Entretanto, todas as amostras apresentaram atividade de água entre 0,300 à 0,350.

Esse valor de atividade de água é requerido para amostras de óleos e gorduras, Uma vez que a velocidade de oxidação lipídica é mínima para amostras que apresentam valores de atividade de água entre 0,2 à 0,4 (Figura 6).

5.3. Avaliação da qualidade durante o armazenamento

5.3.1. Índice de acidez

A acidez é um parâmetro de qualidade de óleos e gordura, o qual representa o grau de acidez hidrolítica. Na tabela 16 é mostrado o índice de acidez para os meses 0, 2 e 5 tanto para o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.

Tabela 16. Índice de acidez do óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.

	Mês 0	Mês 2	Mês 5
Exposto a luz	4,58 ± 0,17 ^{aA}	6,98 ± 0,53 ^{aB}	11,54 ± 0,24 ^{aC}
Ao abrigo da luz	4,58 ± 0,17 ^{aA}	6,64 ± 0,36 ^{aB}	11,21 ± 0,27 ^{aC}

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-b} média com letras minúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-C} média com letras maiúscula iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Os resultados mostram que entre as diferentes maneiras de armazenamento do óleo de guabiroba não houve diferença significativa de acidez. Porém ao longo do período de armazenamento o índice de acidez aumentou de maneira significativa.

Segundo Angelucci et al. (1987), o aumento do índice de acidez representa que ao longo do tempo houve aumento da rancidez hidrolítica, ou seja ocorreu a hidrólise parcial dos glicerídeos, liberando ácidos graxos comprometendo sua qualidade durante o processo de armazenamento.

5.3.2. Índice de peróxidos

O índice de peróxidos é um parâmetro utilizado para verificar o grau de oxidação primária de óleos e gorduras. Na tabela 17, é mostrado o índice de peróxido em função do tempo de armazenamento do óleo de guabiroba.

Tabela 17. Índice de peróxido no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.

	Mês 0	Mês 2	Mês 5
Exposto a luz	3,96 ± 0,12 ^{aA}	3,00 ± 0,91 ^{aAB}	2,21 ± 0,40 ^{aB}
Ao abrigo da luz	3,96 ± 0,12 ^{aA}	9,71 ± 1,56 ^{bB}	2,89 ± 0,55 ^{aC}

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-b} médias com letras minúsculas iguais, na mesma coluna não se ao nível de P > 0,05. ^{A-C} médias com letras maiúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

O índice de peróxido, quando comparado os diferentes armazenamentos, não houve diferença para os meses 0 e 5. Já a amostra ao abrigo da luz, apresentou valor numericamente maior, quando comparado com o armazenamento exposta a luz, para os meses 0 e 5.

Para o armazenamento ao abrigo da luz, houve diferença significativa para o índice de peróxido entre os meses analisados. Sendo que do mês 0 ao 2 houve um aumento no índice de peróxido, e do mês 2 ao 5 houve um decréscimo. O aumento do índice de peróxido no mês 2 para a amostra ao abrigo da luz, representa uma maior oxidação, porém, a diminuição deste índice no mês 5 demonstra que os peróxidos foram degradados em compostos secundários.

Nas amostras sem o abrigo da luz não foi observado o aumento do índice de peróxido, e sim apenas uma pequena diminuição, isso pode ser explicado pelo fato da presença da luz promover mais rapidamente o processo completo de oxidação.

5.3.3. Dienos conjugados

Outro parâmetro importante para verificar o grau de oxidação primária de óleos e gorduras são os dienos conjugados. Os valores para os dienos conjugados no decorrer do tempo de armazenamento são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18. Dienos conjugados no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.

	Mês 0	Mês 2	Mês 5
Luz	6,65 ± 0,55 ^{aA}	4,25 ± 0,17 ^{aB}	4,21 ± 0,25 ^{aB}
Ao abrigo da luz	6,65 ± 0,55 ^{aA}	4,38 ± 0,12 ^{aB}	3,85 ± 0,31 ^{aC}

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-b} médias com letras minúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-C} médias com letras maiúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Os resultados mostram que não houve diferença significativa no teor de dienos

conjugados, ao longo do tempo, entre as diferentes maneiras de armazenamento. Entretanto, durante o tempo de armazenamento, o teor de dienos conjugados se diferiu entre si.

A diminuição dos dienos conjugados durante o armazenamento pode estar relacionado pelo fato da transição dos compostos de oxidação primária em produtos secundários, visto que os dienos conjugados representam hidroperóxidos conjugados, os quais representam um estágio inicial de oxidação.

5.3.4. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), representa a presença de malonaldeído (MDA) em amostras suscetíveis a oxidação de lipídeos. Os MDA's são compostos oriundos da degradação dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. Na tabela 19, são apresentados os valores de TBARS para amostras durante os 5 meses de armazenamento.

Tabela 19. Valores de TBARS no óleo de guabiroba durante o armazenamento ao abrigo e exposto à luz.

	Mês 0	Mês 2	Mês 5
Luz	0,34 ± 0,04 ^{aA}	1,04 ± 0,04 ^{aB}	1,49 ± 0,17 ^{aC}
Ao abrigo da luz	0,34 ± 0,04 ^{aA}	0,96 ± 0,07 ^{aB}	1,30 ± 0,22 ^{aC}

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-b} média com letras minúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-C} médias com letras maiúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

O nível de TBARS não apresentou diferença significativa entre as diferentes formas de armazenamento, porém, numericamente, as amostras que foram armazenadas ao abrigo da luz apresentaram menor concentração de TBARS. Ao avaliar o efeito do tempo de armazenamento, houve diferença significativa, havendo um aumento consecutivo na presença de TBARS, tanto para amostras ao abrigo da luz, como para as amostras desprotegidas. Esse aumento de TBARS durante o armazenamento pode ser relacionado com a diminuição dos compostos de oxidação primária (índice de peróxido e dienos conjugados), uma vez que sua degradação gera compostos secundários como os MDA's que são TBARS.

Trigueiro e Penteadó (1993) realizaram a análise de TBA para óleo de dendê, sob diferentes condições de armazenamento (ambiente e geladeira) por um período de 3 meses, onde os valores aumentaram com o tempo e foram próximos ao obtido neste

trabalho.

5.3.4. Cor

A cor é um parâmetro porta de entrada para aceitação ou rejeição de um produto. Assim, sua alteração durante o processo de armazenamento é o primeiro aspecto para rejeição do consumidor. Os parâmetros de cor das amostras expostas a luz são mostrados na Tabela 20.

Tabela 20. Parâmetros de cor das amostras durante a estocagem quando armazenadas expostas a luz.

Parâmetros	Mês 0	Mês 2	Mês 5
a*	11 ± 1 ^A	22 ± 3 ^B	17 ± 1 ^C
b*	25 ± 2 ^A	65 ± 3 ^B	72 ± 4 ^B
l*	46 ± 3 ^A	44 ± 2 ^A	43 ± 1 ^A
H	78 ± 2 ^A	72 ± 1 ^B	76 ± 1 ^A
C	62 ± 4 ^A	72 ± 6 ^{AB}	74 ± 4 ^B

*Média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{A-C} médias com letras maiúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Para a análise de cor, os parâmetros a* e b* são utilizados para os cálculos do ângulo *Hue* (H), o qual representa a tonalidade e *Chroma* (C), que representa a intensidade da coloração.

Durante o armazenamento não houve diferença significativa na luminosidade da amostra exposta a luz.

Para a tonalidade, houve uma pequena variação até o segundo mês, porém a variação foi baixa mantendo a coloração alaranjada da amostra.

A intensidade, representado pelo *Chroma*(C), aumentou até o quinto mês de armazenamento, esse aumento pode ser explicado pelo fato de estar ocorrendo diversas reações no óleo (hidrólise e oxidação). Nessas reações, os carotenóides que são as possíveis substâncias responsáveis pela cor podem ter sido degradadas pela ação do oxigênio da luz.

Os parâmetros de cor das amostras protegidas da luz são mostrados na Tabela 21.

Tabela 21. Parâmetros de cor das amostras durante a estocagem quando armazenadas ao abrigo da luz.

Parâmetros	Mês 0	Mês 2	Mês 5
a*	11 ± 1 ^A	17 ± 4 ^B	16 ± 3 ^B
b*	25 ± 2 ^A	71 ± 6 ^B	61 ± 5 ^B
l*	46 ± 3 ^A	44 ± 2 ^A	44 ± 2 ^A

H	78 ± 2^A	74 ± 2^A	74 ± 2^A
C	62 ± 4^A	74 ± 5^B	64 ± 4^A

*Média \pm Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{A-C} médias com letras maiúsculas iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Assim como as amostras de óleo armazenadas expostas luz, as amostras que foram protegidas da luz, não apresentaram diferença estatística para o parâmetro de luminosidade, além disso, os valores de luminosidade entre os diferentes armazenamentos apresentaram valores próximos.

A tonalidade das amostras protegidas da luz não se diferiram estatisticamente durante o processo de armazenamento. Já a intensidade da coloração, foi estatisticamente diferente apenas para a amostra do mês 2, sendo esta maior que as demais.

A não diferença estatística da tonalidade das amostras ao abrigo da luz durante o processo de armazenamento, diferentemente das desprotegidas da luz, mostra que o armazenamento ao abrigo da luz torna-se mais requerido, uma vez que a primeira variação de tonalidade do produto, o mesmo pode ser rejeitado pelo consumidor.

5.3.7. Compostos Fenólicos

Durante o armazenamento também monitorada a concentração de compostos fenólicos nas amostras armazenadas sob diferentes condições, os resultados são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22. Variação da concentração de compostos fenólicos com o tempo nas amostras de óleo armazenadas de diferentes maneiras.

Armazenamento	Mês 0	Mês 2	Mês 5
Expostas a luz	1279 ± 24^{aA}	1355 ± 43^{aB}	1236 ± 30^{aA}
Protegidas da luz	1279 ± 24^{aA}	1425 ± 59^{aB}	1248 ± 45^{aA}

*Média \pm Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-b} médias com letras minúsculas iguais, na mesma coluna não se diferem ao nível de P > 0,05. ^{A-C} média com letras maiúscula iguais, na mesma linha não se diferem ao nível de P > 0,05.

Como pode ser observado na Tabela 21, o armazenamento das amostras ao abrigo da luz ou desprotegidas da luz não apresentou influência na concentração de compostos fenólicos. Esse comportamento pode ser o resultado da presença de carotenóides, os quais são muito reativos e podem ter sido degradados preferencialmente, preservando os polifenóis. Esta suposição está alicerçada com base na variação de cor da amostra.

6. CONCLUSÃO

A análise cromatográfica mostrou que o óleo da semente de guabiroba apresenta poucos ácidos graxos em comparação as outras amostras, além disso, mostrou que existe grande variedade de sesquiterpenos, apresentando características marcantes em relação a sua composição, uma vez que apresenta diversos compostos, parte já identificados em óleos essenciais e que apresentam diferentes funções como atividade antimicrobiana, farmacológica, maior atividade antioxidante entre outros.

Em relação as análises químicas, o óleo de guabiroba apresentou um índice de saponificação menor, indicando presença de ácidos graxos de maior massa molar, e um índice de iodo intermediário, indicando grau de instauração intermediária em relação ao óleo de coco e azeite de oliva, tal informação é comprovada pela análise cromatografia, onde o azeite de oliva apresentou maior quantidade de ácidos graxos insaturados e no óleo de coco há maior presença de ácidos graxos saturados.

O óleo de guabiroba apresentou características físicas (tensão superficial e densidade) semelhantes tanto para o azeite de oliva quanto para o óleo de coco. Já o ponto de fusão foi maior para o óleo de Guabiroba, sendo este classificado como uma gordura vegetal, seu elevado ponto de fusão está relacionado ao fato do ácido graxo de maior presença ser o ácido palmítico, um ácido graxo saturado.

Para as análises de qualidade do óleo, foi observado um elevado valor de índice de acidez, este fator pode estar relacionado com método de extração (à quente), que levou a hidrólise dos glicérides, liberando ácidos graxos. Em relação a rancidez oxidativa, os valores para o óleo de guabiroba foram intermediários, quando comparado com o azeite de oliva e o óleo de coco.

Em relação as propriedades antioxidantes, o óleo de guabiroba apresentou maior capacidade de seqüestro do radical DPPH bem como maior concentração de compostos fenólicos em relação as outras amostras analisadas.

Durante o armazenamento, o índice de acidez e TBARS se elevaram durante todos para ambos os métodos de armazenamento. Já para o índice de peróxido a elevação foi observada apenas no segundo mês para a amostra ao abrigo da luz, indicando que a amostra a desprotegida da luz, a velocidade de oxidação foi mais rápida, não sendo observado o pico da oxidação no estágio inicial. Quando avaliado os diferentes armazenamentos, a proteção da luz não foi mais eficiente, uma vez que a maioria dos parâmetros avaliados não apresentaram diferença entre as maneiras de armazenamentos, mas apenas com o tempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. K. P.; NUNES, G. P.; TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, D. P.; MELLO, J. R. **Caracterização físico-química de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples**. XXXI Encontro Nacional de Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, 2011.

ALVES, A. M.; ALVES, M. S. O.; FERNANDES, T. O.; NAVES, R. V.; NAVES, M. V. **Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de guabiroba**. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal- SP. v. 35, n. 3. P. 837-844. Setembro 2013.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. **Análise química de alimentos**. Campinas, São Paulo, 1987. 123p. (Manual Técnico).

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Composto fenólicos em alimentos- Uma breve revisão**. Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 66, n. 1, p. 1-9. 2007.

AUED-PIMENTAL, S; CARUSO, M. S. F.; KUMAGAI, E. E.; RUVIERI, V.; ZENEBO. **Ácidos graxos saturados em produtos alimentícios: comparação de procedimentos na análise por cromatografia gasosa**. Revista Instituto Adolfo Lutz. v, 4. n, 2. p,167-172. 2005.

AOCS. American Oil Chemists Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign; 1993.

BEHERING, J. L.; LUCAS, M.; MACHADO, C. BARCELOS, I.O. **Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação de CMC de surfactantes no ensino da química**. Química Nova, v. 27, n. 3, p.492-495, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução, RDC nº 270, de 23 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 23 de setembro 2005.

CANDAN, F.; UNLU, M.; TEPE, B; , DAFERERA, D.; POLISSIOU, M.; SOKMEN, A. **Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of Achillea millefolium subsp. millefolium Afan. (Asteraceae)**. J Ethnopharmacol, v, 87, p. 215-220. 2003

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A.G. **Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos**. Revista de Nutrição. v, 24. n, 1. Campinas. Jan./Fev. 2011.

CECCHI, H. M.; **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Ed. da Unicamp. 2 ed. Campinas, 2003.

CELLA, R. C. F.; REGINATO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 22, n.

2, p. 111-116, maio/ago. 2002.

CHAIYASIT, W.; ELIAS, R. J.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. **Role of physical structures in oil on lipid oxidation.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v, 47, p. 299-317. 2007.

CHIM, J. F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (*Rubus sp.*) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geléias convencional e *light*.** 2008. 100 f. Tese (Curso de Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2008.

CHOUDLHARY, M. I.; SIDDIQUI, Z. A.; NAWAZ, S. A.; ATTA-UR-RAHMAN; **Microbial transformation and butyrylcholinesteraseinhibitory activity of (-)-caryophyllene oxide and its derivatives.** *Journal of Natural Products*. v, 69, p. 1429 – 1434. 2006.

COLZATO, M.; FORATO, L. A.; CONALGO, L. A. ASSIS, O. B. G. **Identificação de produtos da oxidação de óleos comestíveis através da espectroscopia de RMN de ¹H.** *Revista Brasileira de Biosistemas*. Campinas, v.3 n.3, p.259-268, Set./Dez., 2009.

COIMBRA, M. C. **Caracterização dos frutos e dos óleos extraídos da polpa de e amêndoa de Guariroba (*Syagrusromanzoffiana*) e macaúba (*Acrocomiaaculeata*).** 2010. 92. Dissertação (Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto. 2010.

COSTA, Y. D. **Lipídios.** Disponível em: <<https://blog.metzzer.com/referencia-de-sites-e-artigos-online/>>. Acessado em 25 de novembro de 2017.

COSTA, T. L. **Características físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona.** 2006. 113. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, março de 2006.

DORIA, C. A. **Diversidades de frutas, tão perto e tão longe dos chefinhos...** E- Boca Livre. Outubro 2016. Disponível em: <<http://ebocalivre.blogspot.com.br/2016/10/diversidade-de-frutas-tao-perto-e-tao.html>>. Acessado em 05 de agosto de 2017.

FOGAÇA, J. R. **Isometria de posição.** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/isomeria-posicao.htm>>. Acessado em 25 de novembro de 2017.

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

GRANDO, R. C. **Caracterização química de diferentes partes da fruta de guabiroba (*Campomanesia xantocarpa* Berg) e viabilidade de utilização em produtos alimentícios.** 2015. 68. Trabalho de conclusão de curso- Engenharia de alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul.

GUILLÉN, M.D.; CABO, N. **Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils.** *Food Chemistry*, London, England v.77, n.4, p. 503-510, 2002.

GUILLÉN, M.D.; RUIZ, A. **High resolution 1H nuclear magnetic resonance in the study of edible oils and fats.** Trends in Food Science & Technology, Cambridge, v.12, n.9, 8-338, 2001.

GUIMARÃES, R. C. A.; MACEDO, M. L. R.; MUNHOZ, C. L.; FILIU, W.; VIANA, L. H.; NOZAKI, V. T.; HIANE, P. A. **Sesame and flaxseed oil: nutritional quality and effects on serum lipids and glucose in rats.** Food Science and Technology. Campinas, v. 33, n. 1, p. 209-217, Jan.-Mar. 2013.

HASENHUETTL, G.L.; WAN, P.J. **Temperature effects on the determination of oxidativestability with the metrohmrancimat.** Journal of the American Oil Chemists Society, Chicago, v.69, n.6, p.525- 527, 1992.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). ZENEBOM, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4ª ed, 1ª Edição digital São Paulo, 2008.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais.** São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2009.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. **Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras.** Química Nova, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005

KULAS, E.; ACKMAN R. **Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil.** Journal of the American Oil Chemist's Society. v. 49, p. 1724-1729. 2001.

LIRA, G. M.; MANCINI FILHO, J.; SANT'ANA, L. S.; TORR, R. P.; OLIVEIRA, A. C. OMENA, C. M. B.; SILVA, M. L. **Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-AL.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

LORENZI, H.; **Arvores brasileira: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas ativas do Brasil.** 5. ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2008.

MENDONÇA, M. A.; BORGIO, L. A.; ARAUJO, W. M. C.; NOVAES, M. R. C. G. **Alterações Físico-Químicas em Óleos de Soja Submetidos ao Processo de Fritura em Unidades de Produção de Refeição no Distrito Federal.** Comunicação em Ciência da Saúde. v. 14, n. 2, p. 115-122, Abr./Jun. 2008.

MINUSSI, R. C.; ROSSI, M.; BOLOGNA, L.; CORDI, L.; ROTILIO, D.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. **Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines.** Food Chemistry, Oxon, v. 82, n. 3, p. 409-416, 2003.

MONTE, M. L.; DIAS, E. O.; CREXI, V. T.; SOUZA-SOARES, L. A.; PINTO, L. A. A. **Óleo de carpa (*Cyprinus carpio*) proveniente do processo de ensilagem ácida: refino e caracterização.** XVII Congresso de Iniciação Científica, X encontro de pós graduação. Rio Grande, RS, 11 à 14 de novembro de 2008.

MORAIS, S. M.; JÚNIOR, F. E. A. C.; SILVA, A. R. A.; NETO, J. S.M. **Atividade**

antioxidante de óleos essenciais das espécies de *Croton* do nordeste do Brasil. Química Nova, v. 29, n. 5, p. 907-210. 2006.

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

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOKI, E. M. **Introdução à ciência de alimentos.** 2 ed. ampliada e revisada-Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008.

NAMIKI, M. **Antioxidants/antimutagens in food.** Food Science and Nutrition. v, 29, n. 4. p. 273-300. 1990.

NETO, E. T.; MALTA, M. M.; SANTOS, R. G. **Medidas de tensão superficial pelo método de contagem de gotas: descrição do método e experimentos com tensoativos não iônicos etoxilados.** Química Nova. v, 32, n.1, p. 223-227. 2009.

NOGALA-KALUCKA, M.; KORCZAK, J.; DRATWIA, M.; LAMPST-SZCZAPA, E.; SIGER, A.; BUCHOWSKI, M. **Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests.** FoodChemistry, v. 93, p. 227 – 235, 2005.

NUNES, S. P.; **Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil.** Departamento de estudos Sócio-Econômicos Rurais, Boletim Eletrônico – Deser, n, 159, 2007.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONSAVES, L. A. G. **Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos.** Química Nova. v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos alimentos e processos.** Tradução Fátima Murad. Porto Alegre. Artmed. v. 1. 2005.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F. RIOS, A. O.; VIZZOTO, M.; FLÔRES, S. H. **Characterization and Antioxidant Potential of Brazilian Fruits from the Myrtaceae Family.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

PRASAD, N. B. L.; AZEEMODDIN, G. **Characteristics and Composition of Guava (*Psidium guajava* L.) Seed and oil.** Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 71, n. 4. Abril. 1994.

QUINTEIRO, L. M. C.; VIANNI, R. **Características e estabilidade de óleos de soja.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas. v. 15, n.1, p. 29–36. 1995.

RAMADAN, M. F.; MOERSEL, J. T. **Screening of the antiradical action of vegetable oils.** Journal of Food Composition and Analysis. v, 19, n, 8, p. 838-842. 2006.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. **A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e Refino.** Revista Virtual de Química, v. 5, n. 1, p. 2-15. 2012.

RAMALHO, V. C. **Ação antioxidante de α -tocoferol e extrato de alecrim em óleo de soja submetido à termoxidação.** 2005, 154. Dissertação (Instituto de Biociências,

Letras e Ciências Exatas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto. 2005.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. **Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações**. Revista Analytica. Fevereiro/Março 2007. n, 27. p, 60-67. 2007.

RIBEIRO, A. P. B.; MOURA, J. M. L. N.; GRIMALDI, R.; GUARALDO, L. A. **Interesterificação química: alternativa para obtenção de gorduras zero trans**. Química Nova. v. 30, n. 5, p. 1295-1300. 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo, Blucher, 2007.

ROCHA, J. **Reação de saponificação**. Disponível em: <<http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-organica/reacao-saponificacao.htm>>. Acessado em 25 de novembro de 2017.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; **Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

SABER ATUALIZADO. **O que são gorduras trans e como evita-las?** Disponível em: <<http://www.saberatualizado.com.br/2015/07/o-que-sao-as-gorduras-trans-e-por-que.html>>. Acessado em 25 de novembro de 2017.

SACCHETTI, G.; MAIETT, S.; MUZZOLI, M.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; , RADICE, M.; BRUNI, R. **Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods**. Food Chem, v. 91, p. 621-632. 2005.

SANTOS, M. S. **Impacto do processamento sobre as características físico químicas, reológicas e funcionais de frutos da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*)**. 2011, 148 f. Tese (doutorado) - Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2011.

SANTOS, S. S.; LIMA, J. J.; PETKOWICZ, C. L. O.; CANDIDO, L. M. B.; **Chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of gabioba jam (*Campomanesia Xanthocarpa* Berg)**. Acta Scientiarum Agronomy. v. 35, n. 1, p. 73-82, 2013.

SCOTT, W. J. **Water relations of food spoilage microorganisms**. Advances in food research. v, 7. p, 83-127. 1957.

SIGMA-ALDRICH. a **B-Eudesmol**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/17790?lang=pt®ion=BR>>. Acessado em 28 de novembro de 2018.

SIGMA-ALDRICH. b. **Guaiol**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/448575?lang=pt®ion=BR>>. Acessado em 28 de novembro de 2017.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, F. C.; CAMELO, A. L.; SOUZA, F. T. C.; ELIZANE, L.; BARBOSA, F. G. NASCIMENTO, R. F. **Validação de métodos por CG-EM para análise de carvacrol e trans-?-cariofileno em amostras comerciais contendo óleos essenciais.** Revista Virtual de Química. v,9, n, 3. 2017.

SILVA, L.M. **Determinação da estabilidade de óleos e de compostos com actividadeanti-aterosclerótica do azeite durante o processamento de alimentos.** 2008. 114. Dissertação (Departamento de Química) Faculdade de Ciência da Universidade do Porto. Novembro, 2008.

SILVA, T. O. **Estudo da emissão de aldeídos e outros COV por óleos de dendê e soja em diferentes condições, sob aquecimento a temperatura de processo de fritura.** 2007. 123. Dissertação (Programa de Pós Graduação em química). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.

SRINIVASA, P. C.; RAMESH, M. N.; KUMAR, K. R.; THARANATHAN, R. N. **.Properties and sorption studies of chitosanpolyvinyl alcohol blend films.** Carbohydrate Polymers. v, 53, n, 4. p, 431-438. 2003.

TOLENTINO, M. C.; KANUMFRE, K.; BERSOLT, L. S.; NAGATA, N.; CARNEIRO, P. I. B.; ROSSO, N. D. **Avaliação da estabilidade foto-oxidativa dos óleos de canola e de milho em presença de antioxidantes sintéticos.** Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.4, p.728-733, Abril, 2014.

TRIGUEIRO, I. N. S.; PETEADO, M. V. C. **Características físicas, químicas e estado de oxidação de óleos de dendê brasileiros.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. Curitiba, v. 11, n. 2, p. 103-112. Jun./Dez. 1993.

WHEATLEY, R. A. **Some trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation.** Trends in Analytical Chemistry. v. 19.p. 617-628. 2000