

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS – IBILCE
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

TAMARA DE SOUZA JORGE

**AVALIAÇÃO REOLÓGICA DO ÓLEO DE ABACATE (*PERSEA AMERICANA*
MILL) E ESTUDO DA ESTABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE AQUECIMENTO E
ARMAZENAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE**

São José do Rio Preto

2014

TAMARA DE SOUZA JORGE

**AVALIAÇÃO REOLÓGICA DO ÓLEO DE ABACATE (*PERSEA AMERICANA*
MILL) E ESTUDO DA ESTABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE AQUECIMENTO E
ARMAZENAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos).

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

São José do Rio Preto

2014

Jorge, Tamara de Souza.

Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana mill*) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente / Tamara de Souza Jorge.

-- São José do Rio Preto, 2014

81 f. : il., tabs.

Orientador: Javier Telis Romero

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Óleo de abacate – Processamento. 3. Reologia. 4. Compostos bioativos. 5. Antioxidantes. 6. Alimentos - Armazenamento. I. Telis-Romero, Javier. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.85:634.65/.66

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

TAMARA DE SOUZA JORGE

**AVALIAÇÃO REOLÓGICA DO ÓLEO DE ABACATE (*PERSEA AMERICANA*
MILL) E ESTUDO DA ESTABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE AQUECIMENTO E
ARMAZENAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE**

COMISSÃO JULGADORA
DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Prof. Dr. Javier Telis Romero
Orientador

Prof^a. Dr^a. Débora Maria Moreno Luzia
2º Examinador

Prof. Dr. Renato Alexandre Ferreira Cabral
3º Examinador

São José do Rio Preto, 22 de agosto de 2014.

...aos meus avós, pais e Rafael,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, a quem tanto amo, pela atenção e participação no projeto e ao meu irmão Rafael, pela importante contribuição;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Javier Telis Romero, pelo enorme incentivo na conclusão do trabalho e à sua equipe do Laboratório de Reologia.

À Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge, pela preciosa dedicação e apoio durante todo o estudo e à sua equipe do Laboratório de Óleos e Gorduras: técnico Luiz e queridas colegas;

Ao Paulo do Grupo Tsuge, pela compreensão e gentileza em ceder os frutos;

À Epamig de Maria da Fé, em especial ao Professor Adelson e Luiz Fernando, por proporcionar uma bonita extração dos óleos, e;

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

O presente trabalho teve como principais objetivos caracterizar a polpa dos frutos de abacate (*Persea americana* Mill) das variedades, Margarida e Hass, extrair os óleos da polpa por centrifugação, determinar o comportamento reológico, caracterizar e estudar a estabilidade oxidativa e os compostos bioativos durante aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente destes óleos. A polpa foi caracterizada quanto à umidade, matéria graxa, proteínas e cinzas. Os óleos foram avaliados quanto ao comportamento reológico, caracterizados físico-quimicamente e analisados quanto à composição em ácidos graxos, triacilgliceróis, fitosteróis, tocoferóis e atividade antioxidante. Foi realizado um estudo da estabilidade oxidativa e dos compostos bioativos dos óleos submetidos ao processo de termoxidação ($180 \pm 5^\circ\text{C}/16 \text{ h}$) e armazenamento (temperatura ambiente/12 meses). O abacate da variedade Hass apresentou teor de matéria graxa e rendimento superiores à Margarida. A 40°C , temperatura utilizada na extração por centrifugação, os óleos apresentaram valores de viscosidade similares. Os óleos apresentaram uma mesma alteração na viscosidade quando submetidos à mesma variação térmica. Dentre os ácidos graxos, o oleico foi predominante em todos os óleos. Os principais triacilgliceróis encontrados confirmaram a quantidade significativa de ácido oleico presente nos óleos. Dentre os fitosteróis e tocoferóis, os constituintes principais encontrados foram o β -sitosterol e o α -tocoferol, respectivamente, para todos os óleos, com destaque para Margarida. Os óleos apresentaram comportamento similar entre os sistemas DPPH $^\bullet$, FRAP e ABTS $^{\bullet+}$, sendo o óleo de Margarida o de maior atividade antioxidante. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, os óleos de abacate apresentaram melhor comportamento durante o processo de aquecimento e armazenamento, para Margarida e Hass, respectivamente. Os óleos de abacate utilizados neste estudo apresentaram-se inadequados para consumo. Isso indica que, de alguma forma, deve-se ocorrer melhorias no processo, quer seja durante o preparo da matéria-prima, a extração ou o armazenamento do óleo.

Palavras-chave: *Persea Americana* Mill. extração de óleo. comportamento reológico. estabilidade oxidativa. compostos bioativos. atividade antioxidante

ABSTRACT

The present study aimed at characterizing the pulp of avocado (*Persea americana* Mill) varieties Margarida and Hass, as well as extracting the oils from the pulp by centrifugation, determining the rheological behavior, and characterizing and studying oxidative stability and bioactive compounds of the oils during heating and storage at room temperature. The pulp was characterized as to moisture, lipids, proteins, and ashes. The oils were evaluated as to rheological behavior, characterized physico-chemically, and analyzed as to composition of fatty acids, triacylglycerols, phytosterols, tocopherols, and antioxidant activity. A study on oxidative stability and bioactive compounds of oils subjected to thermoxidation process ($180 \pm 5^\circ\text{C}/16 \text{ h}$) and storage (room temperature/12 months) was performed. Hass avocado presented higher level of fatty matter and yield, compared to Margarida avocado. At 40°C , temperature used in the extraction by centrifugation, the oils presented similar viscosity values. The oils showed the same variation in viscosity when subjected to the same temperature variation. Among fatty acids, oleic was predominant in all oils. The main triacylglycerols found confirm the significant quantity of oleic acid present in oils. Amongst phytosterols and tocopherols, β -sitosterol and α -tocopherol were, respectively, the main constituents found in all oils, especially in Margarida. The oils presented similar behavior among DPPH $^\bullet$, FRAP, and ABTS $^{\bullet+}$ systems, and Margarida oil showed higher antioxidant activity. According to the results obtained in this study, avocado oils presented better behavior during heating process and storage, in Margarida and Hass, respectively. The avocado oils used in this study showed to be inadequate for consumption. Such fact indicates that, in some way, improvements must be done in the process, either during raw material preparation, extraction, or in oil storage.

Keywords: *Persea Americana* Mill. oil extraction. rheological behavior. oxidative stability. bioactive compounds. antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Classificação dos fluídos segundo modelos reológicos	23
Figura 2	Processo de extração dos óleos de abacate. A: Termobatedeira; B: Pasta de abacate na termobatedeira; C: Centrífuga; D: Introdução da pasta de na centrífuga; E: Saída do óleo de abacate da centrífuga; F: Óleos de abacate das variedades Hass (esquerda) e Margarida (direita)	27
Figura 3	Reogramas dos óleos de abacate	38
Figura 4	Ajuste à equação de Arrhenius para os óleos de abacate	40
Figura 5	Composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	46
Figura 6	Médias de índice de peróxidos, dienos conjugados, ρ -anisidina, compostos polares totais e índice de estabilidade oxidativa para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	58
Figura 7	Composição dos principais ácidos graxos para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	60
Figura 8	Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturado para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	61
Figura 9	Composição de fitosteróis para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	62
Figura 10	Composição de fitosteróis totais para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey	

	(p < 0,05)	63
Figura 11	Médias de índice de peróxidos, dienos conjugados e índice de estabilidade oxidativa para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	64
Figura 12	Composição dos principais ácidos graxos para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	66
Figura 13	Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	67
Figura 14	Composição de fitosteróis para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	68
Figura 15	Composição de fitosteróis totais para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	69
Figura 16	Médias de α-tocoferol e vitamina E para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Largura, comprimento, peso dos abacates	36
Tabela 2	Proporção da polpa, semente e casca dos abacates	36
Tabela 3	Teores de umidade, matéria graxa, proteína e cinzas da polpa dos abacates	37
Tabela 4	Rendimento da extração por centrifugação dos óleos de abacate e teor residual de matéria graxa na pasta	38
Tabela 5	Parâmetros de ajuste do modelo de Newton para os óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	39
Tabela 6	Parâmetros do ajuste à equação de Arrhenius para os óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	40
Tabela 7	Caracterização físico-química dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	41
Tabela 8	Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	44
Tabela 9	Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer	46
Tabela 10	Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e Bligh & Dyer	47
Tabela 11	Teor de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	48
Tabela 12	Teor de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer	49
Tabela 13	Teor de triacilgliceróis majoritários do óleo de abacate Margarida extraído por centrifugação e Bligh & Dyer	50
Tabela 14	Composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial	51
Tabela 15	Composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraído por Bligh & Dyer	51
Tabela 16	Composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraído por centrifugação e Bligh & Dyer	52
Tabela 17	Composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por	

	centrifugação e comercial	53
Tabela 18	Composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer	53
Tabela 19	Composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por centrifugação, Bligh & Dyer e Soxhlet	54
Tabela 20	Coeficientes de correlação entre a estabilidade oxidativa, tocoferóis totais e ácidos graxos, para os óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial	54
Tabela 21	Atividade antioxidante dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial	56
Tabela 22	Coeficientes de correlação entre a estabilidade oxidativa, tocoferóis totais e atividade antioxidante	57

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	16
2.1	<i>Geral</i>	16
2.2	<i>Específicos</i>	16
3.	REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1	<i>Abacate e as propriedades funcionais de seu óleo</i>	18
3.2	<i>Obtenção do óleo de abacate</i>	20
3.3	<i>Avaliação reológica</i>	21
3.4	<i>Estabilidade oxidativa e compostos bioativos</i>	23
4.	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Material	26
4.1.1	<i>Abacates</i>	26
4.1.2	<i>Óleos</i>	26
4.1.2.1	<i>Óleos de abacate extraídos por centrifugação</i>	26
4.1.2.2	<i>Óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer</i>	28
4.1.2.3	<i>Óleo de abacate comercial</i>	28
4.1.2.4	<i>Azeite de oliva extravirgem comercial</i>	28
4.2	Ensaio experimentais	28
4.2.1	<i>Termoxidação</i>	28
4.2.2	<i>Armazenamento à temperatura ambiente</i>	29
4.3	Métodos	29
4.3.1	<i>Caracterização da matéria-prima</i>	29
4.3.2	<i>Rendimento da extração por centrifugação</i>	30
4.3.3	<i>Comportamento reológico</i>	30
4.3.4	<i>Caracterização dos óleos</i>	31
4.3.4.1	<i>Caracterização físico-química</i>	31
4.3.4.2	<i>Composição em ácidos graxos, triacilgliceróis, fitosteróis e tocoferóis</i>	33
4.3.4.3	<i>Atividade antioxidante</i>	34
4.4	Análise estatística	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	Caracterização da matéria-prima	36

5.2	<i>Rendimento da extração por centrifugação</i>	37
5.3	<i>Comportamento reológico</i>	38
5.4	<i>Caracterização dos óleos</i>	40
5.4.1	<i>Caracterização físico-química</i>	40
5.4.2	<i>Composição em ácidos graxos, triacilglicerois, fitosteróis e tocoferóis</i> .	43
5.4.3	<i>Atividade antioxidante</i>	55
5.5	<i>Estabilidade oxidativa e compostos bioativos</i>	57
5.5.1	<i>Termoxidação</i>	57
5.5.2	<i>Armazenamento à temperatura ambiente</i>	64
6.	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	73

1. INTRODUÇÃO

A alimentação e nutrição constituem requisitos básicos para a promoção e a proteção da saúde. Nos últimos anos, a tendência mundial com relação à alimentação indica um interesse acentuado dos consumidores por alimentos, que, além do valor nutritivo proporcionem benefícios às funções fisiológicas do organismo humano.

Características da dieta são indicadores do estado de saúde do indivíduo, em particular no que se refere às doenças crônicas. Uma das primeiras relações a ser comprovada foram entre o consumo de gorduras saturadas, níveis plasmáticos elevados de colesterol e o risco de doença coronariana. O efeito da gordura dietética e o risco de doenças crônico-degenerativas sugerem que a concentração dos diferentes ácidos graxos presentes na dieta pode ser mais importante para o risco cardiovascular do que propriamente o total de lipídios da dieta.

Há uma relativa redução (geralmente < 30%) no risco de mortalidade por doenças cardiovasculares em associação com hábitos alimentares saudáveis, ou seja, dietas com frutas e verduras, grãos e carnes magras e dentre os possíveis componentes destacam-se as proteínas vegetais, as fibras e alguns compostos fitoquímicos como os esteróis/estanóis, ácido fítico, taninos, inibidores de enzimas, saponinas, entre outros.

A identificação de componentes dietéticos que auxiliam no controle e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis tem sido cada vez mais pesquisada, com ênfase nas potencialidades funcionais dos alimentos. Dentre eles, os fitosteróis, presentes na porção insaponificável de óleos vegetais, têm sido apontados como fator protetor contra as doenças cardiovasculares. A ação de ácido graxo monoinsaturado, representado principalmente pelo ácido oleico, também tem sido estudada, demonstrando efeitos significativos na prevenção e tratamento de doenças crônicas.

O abacate pode ter seu óleo extraído da polpa e se destaca pela excelente qualidade nutricional. De acordo com alguns estudos, o óleo de abacate é rico em β -sitosterol e ácido oleico, uma gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias. Devido ao seu elevado teor lipídico, o óleo de abacate é de interesse para fins comestíveis *in natura*, onde são utilizados em culinária. Além disso, pode ser utilizado na indústria farmacêutica e cosmética, principalmente pela

presença de vitamina E, em torno de 3%.

Tendo como norte a possibilidade de prevenir doenças por meio da ingestão de alimentos funcionais enriquecidos com compostos bioativos e mostrar o potencial de comercialização do óleo de abacate no Brasil, faz-se necessário investigar o comportamento reológico e a caracterização dos óleos extraídos por centrifugação da polpa de abacate, como também avaliar sua estabilidade oxidativa e os compostos bioativos quando submetidos ao aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar o comportamento reológico dos óleos de abacate (*Persea americana* Mill) e estudar a estabilidade oxidativa e os compostos bioativos durante aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente.

2.2 Específicos

- Caracterizar os frutos de abacate das variedades, Margarida e Hass, quanto ao peso, comprimento e largura e a polpa quanto à umidade, matéria graxa, proteínas e cinzas;
- Extrair os óleos da polpa de abacate das variedades, Margarida e Hass, por centrifugação e calcular o rendimento;
- Determinar o comportamento reológico dos óleos de abacate extraídos por centrifugação;
- Caracterizar físico-quimicamente os óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial quanto ao teor de ácidos graxos livres, índices de peróxidos, dienos conjugados, ρ -anisidina, valor total da oxidação (totox), compostos polares totais, índices de estabilidade oxidativa, de iodo, de refração e de saponificação, matéria insaponificável e clorofila;
- Determinar a composição em ácidos graxos, triacilgliceróis, fitosteróis e tocoferóis nos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial e compará-los com os óleos de abacate extraídos por Bligh e Dyer.
- Avaliar a atividade antioxidante dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial pelos métodos: Método do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), Método de redução do ferro (FRAP) e Método da captura do radical livre (ABTS);
- Avaliar a estabilidade oxidativa e os compostos bioativos dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e do azeite de oliva extra-virgem comercial, sob aquecimento e dos óleos de abacate extraídos por centrifugação durante o armazenamento à temperatura ambiente.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Abacate e as propriedades funcionais de seu óleo*

O abacateiro (*Persea americana* Mill) é uma árvore frutífera originária do continente americano, especialmente do México, América Central e Antilhas. No Brasil, a produção de abacates encontra-se distribuída por todo o território nacional e é considerada uma das mais produtivas por unidade de área cultivada (TANGO; TURATTI, 1992).

Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), a produção mundial de abacate em 2011 foi de 4,4 milhões de toneladas. O maior produtor é o México, responsável por nada menos que 25% do total, seguido de longe pelo Chile com 8,3%. Os dois países são também os maiores exportadores mundiais e o maior importador é a França (FAO, 2013). O Brasil é o nono produtor mundial, a produção nacional em 2011 foi de 160,4 mil toneladas colhidas em 10,75 mil hectares. Conforme informa o Instituto Brasileiro de Frutas IBRAF (2013), o abacate é a décima sétima fruta mais produzida no país. Essa colocação mostra o grande potencial do Brasil na área da abacaticultura, contribuindo com expressiva parcela da produção mundial, permitindo expectativas na ampliação da sua produtividade. De acordo com projeções da FAO, a colheita do abacate será de 3,9 milhões de toneladas em 2014, com mais de 86% nos países em desenvolvimento. EUA e França serão os maiores importadores mundiais em 2014.

A produção brasileira de abacate se concentra fortemente em São Paulo e Minas Gerais que produziram, respectivamente, 52,4 e 19,8% da produção total em 2011. Além destes dois estados pode-se considerar que o Paraná (8,8%) e o Rio Grande do Sul (5,1%) também possuem produção significativa. Diferenças nos rendimentos agrícolas entre os estados devem-se, principalmente, às formas de cultivo, tratos culturais, além da diversidade de cultivares em função das preferências dos consumidores das várias regiões.

A produção mineira se concentra em duas regiões, no Sul Mineiro nas áreas fronteiriças com as Regionais Agrícolas paulistas de Ribeirão Preto e de Campinas, onde estão os municípios de São Tomás de Aquino, São Sebastião do Paraíso e Três Corações e a região do Alto Paranaíba, no Sudoeste de Minas Gerais onde

estão os municípios de Rio Paranaíba, Monte Carmelo e São Gotardo (IBGE, 2013).

Seus frutos apresentam elevados teores de ácidos graxos monoinsaturados oleico e palmitoleico, baixo teor de ácido graxo poli-insaturado linoleico, teor relativamente elevado do ácido graxo saturado palmítico e menor conteúdo do esteárico (SOARES; MANCINI FILHO; DELLA MODESTA, 1992).

Outra característica importante desse fruto para alimentação é o alto teor de insaponificáveis (1-4%), quando comparado com óleos comestíveis comuns (TURATTI; CANTO, 1985). No abacate, os esteróis constituem o grupo predominante dentre os insaponificáveis, sendo que o constituinte principal é o β -sitosterol, perfazendo cerca de 80% (LAW, 2000).

Os fitosteróis são constituintes bioativos da membrana celular vegetal, são importantes especialmente pela capacidade de diminuir o colesterol plasmático e devem sempre estar presentes na dieta humana (CHEIKH-ROUHOU et al., 2008; GERBER, 2002; HICKS; MOREAU, 2001; SEGURA et al., 2006). No organismo humano, os fitosteróis atuam na diminuição da absorção de colesterol no intestino delgado por um mecanismo de competição com consequente aumento na excreção fecal do colesterol. Esta competição ocorre porque a estrutura química dos fitosteróis é semelhante a do colesterol diferindo no tamanho da cadeia (RODRIGUES et al., 2004).

São conhecidos mais de 40 tipos de fitosteróis, mas relativamente poucos são encontrados em quantidades significativas em alimentos. Suas fontes principais são: sementes, castanhas, hortaliças e frutas, óleos vegetais e cereais (PHILLIPS; RUGGIO; ASHRAF-KHORASSANI, 2005). Uma dieta balanceada com quantidades adequadas de hortaliças fornece aproximadamente 0,2-0,4 g de fitosteróis. A ingestão de 3-4 g/dia de fitosteróis promove a redução do nível da fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-colesterol) de 10-15% em média (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2001).

A alimentação rica em ácidos graxos monoinsaturados como o ácido oleico auxilia na diminuição plasmática das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), sem redução das lipoproteínas de alta densidade (HDL), com redução do risco de doenças cardiovasculares (SALGADO; BIN; CORNÉLIO, 2005). Suas principais fontes dietéticas são os óleos vegetais, como os de oliva, canola, abacate e sementes oleaginosas (castanhas, nozes, amêndoas) (HU; MANSON; WILLET, 2001).

Em estudo realizado pelo Dr. Edson Credidio (2008), foi realizada uma experiência com 70 policiais militares do Comando de Policiamento do Interior (CPI) de Campinas, no qual eles deveriam comer um abacate pequeno por dia (metade no almoço e metade na janta). Ao final da pesquisa, depois de dois meses, 99% dos policiais militares tiveram um aumento e melhora no HDL.

Sabe-se que a polpa do abacateiro apresenta variação de 5 a 30% de óleo. Algumas variedades de abacate apresentam alto teor de lipídios, acima de 20%, como a Hass, Fuerte e Wagner. Além disso, existe disponibilidade de matéria-prima praticamente o ano todo, tornando a extração do óleo em larga escala uma das opções da industrialização desse fruto (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004).

O abacate é um fruto muito consumido no Brasil, porém, além do consumo *in natura* existe um amplo espaço no mercado a ser explorado como o de óleos comestíveis e biocombustíveis. O grande número de variedades, sua rica composição nutricional e as variações climáticas, sugerem que estudos específicos devem ser efetuados.

3.2 Obtenção do óleo de abacate

O óleo extraído do abacate possui diversas utilidades, tanto na indústria de alimentos como na fabricação de cosméticos. O óleo de abacate deve ser extraído quando os frutos, ainda, estão maduros, pois é quando apresentam teores mais elevados de óleo.

Existem diversos estudos acerca dos métodos de extração do óleo, tais como, extração por centrifugação da polpa úmida; extração do óleo por solventes utilizando polpa liofilizada, polpa seca a 70°C ou com prévia fermentação anaeróbica; extração por prensagem hidráulica contínua ou descontínua, com adição de material auxiliar de prensagem; por tratamento da polpa fresca com produtos químicos ou por processos enzimáticos ou, mesmo, por processos convencionais de extração de óleo para sementes oleaginosas, com os rendimentos desses processos variando de 56 a 95% de óleo extraído (BIZIMANA et al., 1993; TANGO; TURATTI, 1992; TURATTI et al., 1985).

Os métodos de extração com solvente são comumente utilizados para extração de óleos, entretanto, os riscos ambientais ocasionados por solventes derivados do petróleo geram uma busca por alternativas mais sustentáveis e que

preservem os compostos bioativos, como é o caso da prensagem a frio.

A extração por prensagem a frio utiliza meios mecânicos ou físicos a temperaturas inferiores a 50°C, semelhantes aos utilizados para extração do azeite de oliva extra virgem. A polpa de abacate é inicialmente batida até formar uma pasta. Esta pasta sofre aquecimento, sob agitação, de até 50°C. Em seguida, as fases sólida e líquida são separadas e o óleo é obtido a partir da fase líquida (óleo e água) por centrifugação. Antes do desenvolvimento deste processo, os óleos de abacate eram extraídos utilizando, principalmente, solventes orgânicos e/ou calor, juntamente com a refinação, branqueamento e desodorização, resultando num óleo de cor clara, com boa estabilidade, mas com pouco sabor e com redução dos componentes benéficos para a saúde (EYRES; SHERPA; HENDRIKS, 2001; WOOLF et al., 2009).

A produção de óleo de abacate prensado a frio é cerca de 2.000 toneladas/ano. Nova Zelândia, México, Chile, Estados Unidos e África do Sul estão entre os principais produtores de óleo de abacate prensado a frio. Sua significativa produção, comercialização e *marketing* ocorreram somente no século XXI, e as informações publicadas deste produto ainda são limitadas (WOOLF et al., 2009).

O óleo de abacate assemelha-se muito ao o óleo de oliva, pela similaridade de suas propriedades físico-químicas, principalmente pela composição de seus ácidos graxos, predominando em ambos o ácido oleico (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004). Devido às características do óleo de abacate, sugere-se que além da possibilidade de introduzi-lo para uso comestível como substituto do azeite de oliva, uma das alternativas é oferecer ao consumidor brasileiro um óleo composto obtido de azeite de oliva e óleo de abacate, em substituição às misturas de azeite de oliva com outros óleos vegetais (principalmente óleo de soja), normalmente oferecidas pelo mercado interno com a finalidade de diminuir os custos de importação do azeite de oliva no Brasil (SOARES; MANCINI FILHO; DELLA MODESTA, 1992).

3.3 Avaliação reológica

Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais (STEFFE, 1996). Tem por finalidade predizer a força necessária para causar uma deformação ou escoamento em um corpo ou, reciprocamente, predizer a

deformação ou o escoamento resultante da aplicação de um dado sistema de forças em um corpo. Essas forças podem ser de compressão, tração ou cisalhamento.

Na reologia de líquidos, a propriedade de maior interesse é a viscosidade. A viscosidade é a propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento). Ela é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de deformação e do tempo (CASTRO, 2007).

Em muitas operações da indústria de alimentos, medir a viscosidade de um fluido é importante para controle de qualidade das matérias-primas e para avaliação do efeito das variações, tanto nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação, como no produto final. O conhecimento da viscosidade pode contribuir para a otimização de processos, redução dos custos nos ingredientes e melhoria da consistência do produto (VENDRÚSCULO, 2005).

Os fluidos são classificados de acordo com seu comportamento reológico por meio da análise da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para condições de temperatura e pressão estabelecidas. Reologicamente, os fluidos são divididos em duas categorias: newtonianos e não-newtonianos (Figura 1) (STEFFE, 1996).

O corpo viscoso mais simples é o fluido Newtoniano, para o qual a viscosidade é constante, apresentando uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, independente da taxa de cisalhamento e da tensão de cisalhamento inicial (CASTRO; COVAS; DIOGO, 2001).

Os modelos reológicos são usados para uma melhor descrição do comportamento dos fluidos, permitindo relacionar as propriedades reológicas com outras grandezas, como concentração, temperatura e índice de maturação. O conhecimento destas grandezas é indispensável no controle em linhas de produção, no projeto e dimensionamento dos processos (BRANCO, 1995).

A maioria dos alimentos fluidos, não apresenta o comportamento Newtoniano e requer modelos mais complexos para sua caracterização (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Na literatura existem muitos modelos reológicos propostos. A escolha do modelo a ser utilizado é uma função das características do fluido.

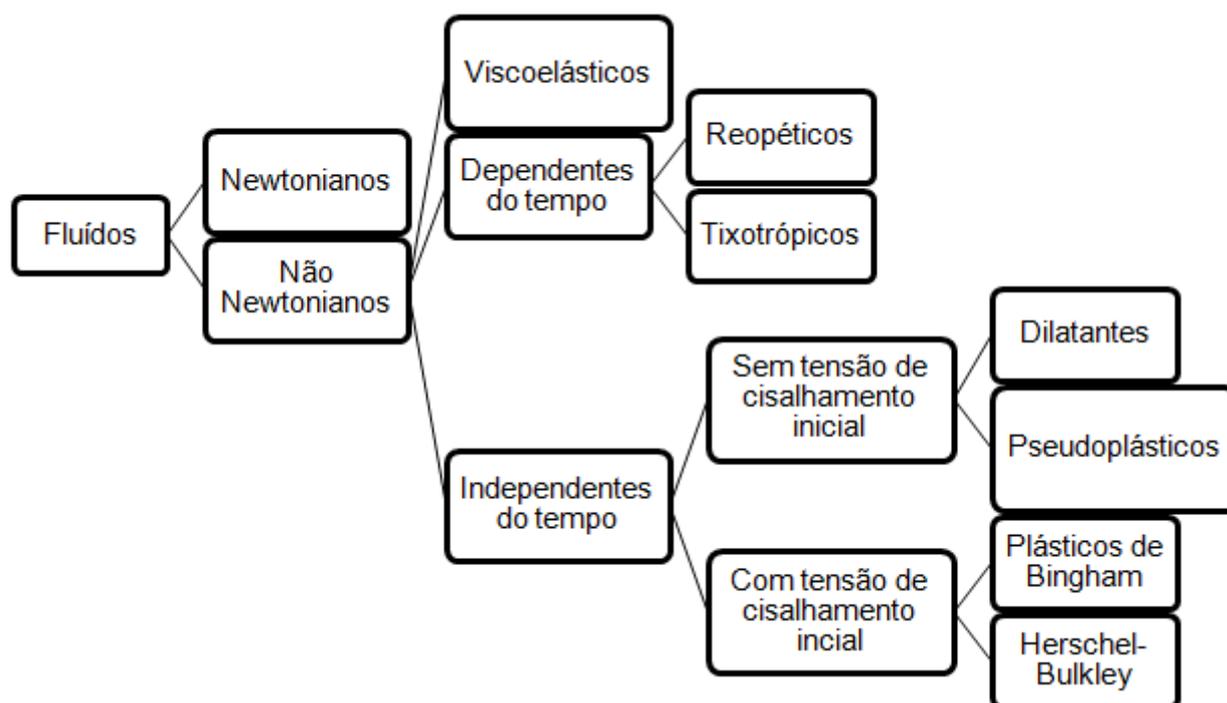


Figura 1 - Classificação dos fluidos segundo modelos reológicos.

O efeito da temperatura na viscosidade aparente de fluidos alimentícios, a uma taxa de cisalhamento constante, pode ser descrita pela equação de Arrhenius (RAO, 1986). O conhecimento da energia de ativação (E_a) permite verificar os efeitos da temperatura sobre a viscosidade (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004), onde maiores valores da energia de ativação significam que a viscosidade é relativamente mais sensível à mudança de temperatura (PEREIRA; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2003).

3.4 Estabilidade oxidativa e compostos bioativos

A estabilidade oxidativa é um importante aspecto relacionado à qualidade nutricional e sensorial dos óleos vegetais. A susceptibilidade de determinados óleos à oxidação limita a utilização dos mesmos em alimentos e cosméticos gerando, ainda, prejuízos econômicos (ARAIN et al., 2009).

A estabilidade de óleos pode ser avaliada pela sua estocagem em condições normais de armazenamento e em condições aceleradas, nas quais análises periódicas são realizadas para acompanhar alterações químicas, físicas ou

sensoriais (WAN, 1995). Outra maneira de avaliação é o processo de termoxidação, que visa submeter óleos e gorduras a altas temperaturas, semelhante ao processo de fritura, porém, sem a presença do alimento, ou seja, sem a umidade e demais componentes que provêm do alimento. Sendo assim, a temperatura e o oxigênio proveniente do ar são as variáveis a serem consideradas.

A termoxidação pode ser avaliada, quanto à formação de compostos oxidativos, devido à formação dos ácidos graxos livres, dienos conjugados, compostos polares, viscosidade, ponto de fumaça, cor, índice de refração, estabilidade oxidativa, índice de iodo, índice de peróxidos e vários outros compostos (TYAGI et al., 1996).

Em estudo realizado por Luzia e Jorge (2013), a estabilidade oxidativa foi significativamente influenciada pelo conteúdo de fitosteróis e composição de ácidos graxos presentes na fração lipídica analisada em sementes de *Annona crassiflora* Mart.

Os tocoferóis são compostos que compreendem o grupo da vitamina E, considerado um dos melhores antioxidantes naturais amplamente aplicados como meio para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados (JORGE; GONÇALVES, 1998). A capacidade antioxidante dos tocoferóis se dá principalmente devido à capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, interrompendo a propagação em cadeia (YANISHLIEVA-MASLAROVA, 2003).

A atividade antioxidante dos tocoferóis decresce do composto δ - para o α -tocoferol, assim, o δ -tocoferol é o mais efetivo antioxidante, o β - e γ -tocoferol têm atividade intermediária e o α -tocoferol apresenta a mais baixa atividade antioxidante, porém, este é o mais abundante na natureza (HEMEDA; KLEIN, 1990; SIX, 1994).

As clorofilas são substâncias de estruturas formadas por complexos derivados da porfirina, com um átomo de magnésio ao centro. As clorofilas *a* e *b* encontram-se na natureza numa proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes de carbono C-3. Por serem pigmentos quimicamente instáveis, podem ser alterados ou destruídos facilmente, modificando a percepção e a qualidade dos produtos. Normalmente, as clorofilas são relativamente sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio e a degradação química. Este fato demonstra que pode ocorrer prejuízo em produtos que contenham clorofila e sejam indevidamente acondicionados (STREIT, 2005).

Para prevenir a autoxidação de óleos/gorduras, há a necessidade de diminuir a incidência de todos os fatores que a favorecem, mantendo ao mínimo os níveis de energia, temperatura e luz, que são responsáveis pelo desencadeamento do processo de formação de radicais livres, evitando a presença de traços de metais no óleo, evitando ao máximo o contato com o oxigênio e bloqueando a formação de radicais livres por meio de antioxidantes, os quais, em pequenas quantidades, atuam interferindo nos processos de oxidação de lipídios (JORGE; GONÇALVES, 1998).

Os óleos vegetais podem ser utilizados em saladas, como também para cozinhar em diferentes processos culinários. Nestes casos, os óleos são aquecidos a temperaturas elevadas, o que pode acarretar em degradação e oxidação dos compostos presentes nos óleos (SOUPAS et. al., 2004). Estas reações dependem das condições do processo culinário (temperatura e tempo), do tipo de óleo usado e do tipo de produto frito (KMIECIK et al., 2009; LAMPI et al., 2002; RUDZINSKA; KORCZAK; WAŚOWICZ, 2005).

Os óleos vegetais são ricos em ácidos graxos insaturados, que são menos estáveis à oxidação do que os ácidos graxos saturados (CHOE; MIN, 2007). O azeite de oliva tem sido considerado mais estável do que os outros óleos de origem vegetal para a degradação térmica devido à sua elevada quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (KOSKI et al., 2002) e compostos fenólicos (TEISSEDRE; WATERHOUSE, 2000). Poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre as propriedades do óleo de abacate para aplicação na culinária.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Abacates

Duas variedades de abacate foram selecionadas para o projeto, Margarida, pela disponibilidade no mercado brasileiro, e Hass, por apresentar maior teor de matéria graxa. Os abacates, colhidos ainda firmes em setembro de 2012 na Fazenda Grupo Tsuge de São Gotardo, MG (19°24'43" S e 46°09'33" W), foram acondicionados em caixas de plástico e armazenados à temperatura ambiente. Após atingirem seu ponto de maturação (MONTENEGRO, 1961), cinco frutos de cada variedade foram encaminhados ao Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da UNESP de São José do Rio Preto, SP, para caracterização da polpa, e o restante dos frutos foram transportado até a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG de Maria da Fé, MG, para a extração do óleo.

4.1.2 Óleos

4.1.2.1 Óleos de abacate extraídos por centrifugação

Para realizar o processo de extração 100 kg de cada variedade de abacate, Margarida e Hass, foram higienizados, a polpa foi removida manualmente, homogeneizada em liquidificador e a pasta obtida foi passada em uma peneira e transferida para uma termobatedeira, projetada e fabricada para o trabalho. A pasta foi mantida neste equipamento sob agitação e aquecimento durante 40 minutos. A temperatura atingida foi de 40°C, monitorada por termômetro infravermelho. Por último, a pasta foi introduzida em uma centrífuga horizontal, (Toscana Enologica Mori - TEM, OLIO MIO 100, Itália, capacidade de 100 kg/hora e rotação do decantes de 4.200 rpm) para a obtenção do óleo (OLIVEIRA et al., 2010). Para o abacate de variedade Hass, foi obtido um óleo de cor esverdeada e para a variedade Margarida, óleo amarelado (Figura 2).

(E)



(F)



(C)



(D)



(A)



(B)



Figura 2 - Processo de extração dos óleos de abacate. A: Termobatedeira; B: Pasta de abacate na termobatedeira; C: Centrífuga; D: Introdução da pasta de na centrífuga; E: Saída do óleo de abacate da centrífuga; F: Óleos de abacate das variedades Hass (esquerda) e Margarida (direita).

Os óleos extraídos das duas variedades foram filtrados com uso de peneira e acondicionados em frascos de vidro âmbar. Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da UNESP, onde foram centrifugados, colocados em frascos menores de vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso, vedados com tampas de rosca e devidamente rotulados. A maior parte dos óleos foi mantida em freezer (-18°C) até o momento das análises e o restante dos óleos foram armazenados à temperatura ambiente para o estudo de armazenamento.

4.1.2.2 Óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer

A fim de comparação de métodos, foram extraídos por Bligh e Dyer (1995) os óleos das variedades, Margarida e Hass.

4.1.2.3 Óleo de abacate comercial

Para realização do comportamento reológico e caracterização, foi utilizado o óleo de abacate extravirgem comercial da marca Grove, processado na Nova Zelândia, obtido por prensagem a frio.

4.1.2.4 Azeite de oliva extravirgem comercial

O azeite de oliva utilizado no ensaio de termoxidação foi da marca La Violetera, proveniente da Espanha, adquirido no comércio local, sendo parcialmente refinado.

4.2 Ensaio experimentais

4.2.1 Termoxidação

Foram submetidos à termoxidação, os óleos da polpa de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e o azeite de oliva extravirgem La Violetera. Neste ensaio, os tratamentos foram aquecidos em chapa elétrica, utilizando-se béqueres de 25 mL contendo 20 mL de amostra com relação

superfície/volume 0,4/cm. A temperatura utilizada foi $180 \pm 5^\circ\text{C}$ e foi controlada com auxílio de termômetro. O ensaio foi conduzido de modo descontínuo por dois dias, sendo realizadas oito horas de aquecimento/dia, cujas tomadas das amostras foram feitas em diferentes períodos de tempo (0, 4, 8, 12, 16 h). As amostras, a diferentes intervalos de tempo, foram recolhidas em frasco âmbar, na presença de gás inerte (N_2) e armazenadas em freezer à temperatura de aproximadamente -18°C até o momento das análises.

As amostras termoxidadas foram analisadas, em triplicata, quanto ao índice de peróxidos, dienos conjugados, p-anisidina, compostos polares totais, índice de estabilidade oxidativa, clorofila, composição de ácidos graxos, fitosteróis e tocoferóis, a fim de estudar a estabilidade oxidativa e a preservação dos compostos bioativos.

4.2.2 Armazenamento à temperatura ambiente

As amostras das variedades, Margarida e Hass, foram armazenadas à temperatura ambiente (média de 25°C) em frascos de vidro âmbar e foram avaliadas nos tempos 0, 4, 8 e 12 meses, em triplicata, quanto ao índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de estabilidade oxidativa, clorofila, composição de ácidos graxos, fitosteróis e tocoferóis.

4.3 Métodos

4.3.1 Caracterização da matéria-prima

Cinco frutos de cada variedade, Margarida e Hass, foram caracterizados quanto à largura e comprimento e foram separados nos seus três componentes: casca, polpa e caroço. Nesse material foram determinados o peso médio e a porcentagem da casca, polpa e semente. A polpa de abacate das variedades, Margarida e Hass, foi caracterizada pelos métodos físico-químicos, em triplicata, por meio da determinação dos teores de umidade, lipídios, proteínas e cinzas.

- *Umidade*, por desidratação em estufa a vácuo a 70°C até a obtenção de peso constante, segundo o método Ca 2d-25 da AOCS (2009).

- *Matéria graxa*, por extração com éter de petróleo a 40-60°C utilizando um extrator Soxhlet, de acordo com o método Ba 3-38 AOCS (2009).
- *Proteínas*, pela análise de Kjeldahl de acordo com o método 984.13 AOAC (2005), sendo o teor de proteínas totais, em %, estimado utilizando fator de 6,25.
- *Cinzas*, por calcinação a 550°C de acordo com o método Ba 5a-49 AOCS (2009).

4.3.2 Rendimento da extração por centrifugação

O rendimento de extração dos óleos de abacate foi calculado por meio da razão entre a massa de óleo obtida na centrifugação e a massa inicial de pasta. O teor residual de matéria graxa da pasta foi determinado por extração com éter de petróleo a 40-60°C utilizando extrator Soxhlet.

4.3.3 Comportamento reológico

As análises foram realizadas em regime estacionário em Reômetro Rotacional ARG2 (TA Instruments, New Castle, USA), usando geometria de cilindros concêntricos. Foram definidas previamente rampas de taxa de deformação de 1 a 1.000/s, em temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C e, ao fim das análises, foram obtidas as tensões de cisalhamento.

Com auxílio do programa OriginPro 8.0 (OriginLab Corporation), plotou-se os reogramas (gráficos da tensão de cisalhamento x taxa de deformação). Aos gráficos foram efetuadas regressões não-lineares dos modelos de Newton (Equação 1), de Ostwald-de-Waele (Equação 2), de Herschel-Bulkley (Equação 3) e de Bingham (Equação 4), para a obtenção dos parâmetros com a finalidade de descrever o comportamento reológico dos óleos de abacate das variedades Margarida e Hass e do óleo de abacate comercial Grove. O melhor ajuste é analisado com base nos parâmetros de coeficiente de determinação. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de R^2 (máximo = 1).

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\tau = \kappa \dot{\gamma}^n \quad (\text{Equação 2})$$

$$\tau = \tau_0 + \kappa \dot{\gamma}^n \quad (\text{Equação 3})$$

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma} \quad (\text{Equação 4})$$

onde, τ é a tensão de cisalhamento (Pa), η a viscosidade de Bingham (Pa.s), μ a viscosidade (Pa.s), κ o índice de consistência (Pa.sⁿ), τ_0 tensão residual (Pa.sⁿ), η o índice de comportamento (adimensional) e $\dot{\gamma}$ a taxa de deformação (s⁻¹).

Análise de regressão linear foi também usada na equação de Arrhenius (Equação 5), a fim de determinar os parâmetros da relação viscosidade/temperatura.

$$\mu = \mu_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (\text{Equação 5})$$

onde, μ_0 é um parâmetro do ajuste (Pa.s), E_a a energia de ativação (J/mol), R a constante universal dos gases (8,314 J/mol.K) e T a temperatura absoluta.

4.3.4 Caracterização dos óleos

4.3.4.1 Caracterização físico-química

As análises realizadas, em triplicata, para caracterizar físico-quimicamente os óleos extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e óleo de abacate comercial foram ácidos graxos livres, índice de peróxidos, dienos conjugados, ρ -anisidina, valor total da oxidação (totox), compostos polares totais, índices de estabilidade oxidativa, de iodo, de refração e de saponificação, matéria insaponificável e clorofila.

- *Ácidos graxos livres*, realizada em titulador potenciométrico (Metrohm Ltd. Herisau, Switzerland), modelo 794, pelo método Ca 5a-40 da AOCS (2009), expressos em % de ácido oleico.
- *Índice de peróxidos*, realizada em titulador potenciométrico (Metrohm Ltd. Herisau, Switzerland), modelo 793, conforme método Cd 8b-90 proposto pela AOCS

(2009), expresso em meq O₂/kg.

- *Dienos conjugados*, por espectrofotometria a 273 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan), modelo Uv-Vis mini 1240, conforme o método Ti 1A-64 (AOCS, 2009). Este método determina dienos conjugados, presentes na matéria graxa, expressos em % de ácidos dienóicos conjugados.
- *p-anisidina*, por espectrofotometria a 350 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan), modelo Uv-Vis mini 1240, com 1,0 g de óleo em 100 mL de iso-octano, conforme o método Cd 18-90 (AOCS, 2009).
- *Valor total da oxidação (totox)*, determinado a partir da correlação entre índice de peróxido (PV) e p-anisidina (AV), por meio da equação 6.

$$\text{Valor totox} = 2 (\text{PV}) + (\text{AV})$$

Equação 6

- *Compostos polares totais*, utilizando o instrumento para medição Testo 265, expressos em %.
- *Índice de estabilidade oxidativa*, conforme método Cd 12b-92 proposto pela AOCS (2009) utilizando o Rancimat (Metrohm Ltd., Herisau, Switzerland), modelo 743. Amostras de óleo (3 g) foram transferidas para os tubos de reação e submetidas à oxidação a temperatura de 100°C com fluxo de ar de 20 L/h. A curva de condutividade elétrica *versus* tempo foi automaticamente registrada com o decorrer da reação de oxidação e o período de indução, expresso em horas.
- *Índice de iodo*, calculado de acordo com o método Cd 1c-85 AOCS (2009), expresso em g I₂/100 g.
- *Índice de refração*, de acordo com o método Cc 7-25 AOCS (2009). A leitura foi feita na escala que resulta diretamente o índice de refração absoluto a 40°C, utilizando Refratômetro de Abbé.

- *Índice de saponificação*, calculado segundo método Cd 3a-94 AOCS (2009), expresso em mg KOH/g.
- *Matéria insaponificável*, que corresponde à quantidade total de substâncias dissolvidas nos óleos e gorduras, que após saponificação com álcalis são insolúveis em solução aquosa, mas solúveis em solventes, de acordo com o método Ca 6b-53 AOCS (2009), expressa em porcentagem por peso (%).
- *Clorofila*, utilizando espectrofotômetro (Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan), modelo Uv-Vis mini 1240, nos comprimentos de ondas de 630, 670 e 710 nm, conforme método Ch 4-91 (AOCS, 2009), expressa em mg/kg.

4.3.4.2 Composição em ácidos graxos, triacilgliceróis, fitosteróis e tocoferóis

Nos óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass e no óleo de abacate comercial, foram determinados em triplicata o perfil de ácidos graxos, teor de triacilgliceróis, fitosteróis e tocoferóis. Estas mesmas análises foram realizadas nos óleos extraídos por Bligh & Dyer das variedades, Margarida e Hass, a fim de comparar os métodos.

- *Composição de ácidos graxos*, por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA), modelo 3900, equipado com detector de ionização de chama. Os ácidos graxos metilados foram separados em coluna capilar de sílica fundida (CP-Sil 88, Microsorb, Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA) de 60 m de largura, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 μm . O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 30 mL/min. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos de ácidos graxos com os compostos separados das amostras e por co-cromatografia. A quantificação foi feita por normalização de área (%).
- *Teor de triacilgliceróis*, por meio do software desenvolvido pelo Laboratório de

Métodos de Extração e Separação – LAMES da Universidade Federal de Goiás, desenvolvido por Antoniosi Filho et al. (1995) O software se baseia no modelo de distribuição 1,2,3-randômico que tenta estimar a porcentagem molar dos triacilgliceróis de uma amostra através da concentração dos ácidos graxos presentes.

- *Fitosteróis*, por cromatografia gasosa com saponificação previa da amostra, segundo UMA 0069 (DUCHATEAU et al., 2002). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan), modelo Plus-2010, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (Restek RTX 5 Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan) de 30 m de comprimento, 0,25 µm de espessura de filme e 0,25 µm de diâmetro interno. O gás de arraste foi hidrogênio. Os compostos campesterol, estigmasterol, β-sitosterol e estigmastanol foram identificados pela comparação dos tempos de retenção dos padrões puros e por co-cromatografia. A quantificação foi feita por padronização interna, utilizando o β-colestanol como padrão interno. Os teores de fitosteróis individuais foram expressos em mg/100 g.

- *Tocoferóis*, por cromatografia líquida de alta eficiência segundo método Ce 8-89 descrito na AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo líquido (Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA), modelo 210-263, equipado com detector de fluorescência. Foi utilizado coluna de sílica (Microsorb 100 Si, Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA) de 250 x 4,6 mm com poro de 5 micrômetros. A fase móvel foi composta de mistura de 99,5% de n-hexano e 0,5% de isopropanol, com fluxo de 1,2 mL/min. O comprimento de onda de excitação foi 290 nm e de emissão 330 nm. Os compostos alfa, beta, gama e delta-tocoferol foram identificados pela comparação dos tempos de retenção dos padrões puros e por co-cromatografia. A quantificação foi realizada por calibração externa. Os teores de tocoferóis individuais foram expressos em mg/kg.

4.3.4.3 Atividade antioxidante

As análises realizadas em triplicata nos óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e no óleo de abacate comercial, para determinação da atividade antioxidante foram: Método do radical livre 2,2-

difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), Método de Redução do Ferro (FRAP) e Método da captura do radical livre (ABTS).

- *DPPH*^{*}, determinado segundo metodologia descrita por Kalantzakis et al. (2006). A absorbância foi lida em 515 nm e os resultados foram expressos em porcentagem.
- *FRAP*, realizado conforme metodologia descrita por Szydłowska-Czerniak et al. (2008). A absorbância foi lida em 593 nm e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ g}$.
- *ABTS*^{•+}, realizada de acordo com metodologia descrita por Re et al. (1999). A leitura das amostras foi realizada a 734 nm e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ g}$.

4.4 Análise estatística

Os ensaios experimentais foram realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado. Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa Statistica, versão 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da matéria-prima

A Tabela 1 apresenta os valores correspondentes à largura, comprimento e peso médio dos frutos de abacate das variedades, Margarida e Hass.

Tabela 1 - Largura, comprimento e peso dos abacates.

Variedades	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)
Margarida	10,57 ± 0,63 ^a	11,83 ± 1,35 ^a	664,51 ± 84,52 ^a
Hass	6,12 ± 0,63 ^b	8,85 ± 0,63 ^b	169,16 ± 39,10 ^b

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
n = 5.

As proporções dos componentes: polpa, semente e casca dos frutos de abacate das variedades, Margarida e Hass, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Proporção da polpa, semente e casca dos abacates.

Variedades	Polpa (%)	Semente (%)	Casca (%)
Margarida	72,19 ± 25,38 ^a	12,24 ± 8,83 ^b	15,57 ± 61,69 ^b
Hass	64,72 ± 9,51 ^b	14,51 ± 17,58 ^a	20,77 ± 22,03 ^a

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
n = 5.

Como observado nas Tabelas 1 e 2, todas as medidas diferiram significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. O fruto da variedade Margarida teve maior porcentagem de polpa (72,2%) e menor porcentagem de semente (12,2%) e casca (15,6%).

Tango et al. (2004) encontraram valores para a porção de polpa variando entre 65,2 e 81,3% da massa do fruto, a porcentagem de caroço variou entre 10,1 e 24,5% e de casca variaram entre 8,6 e 13,5%, para as cultivares Fortuna, Fuerte, Hass, Quintal e Wagner.

Os teores de umidade, matéria graxa, proteína e cinzas da polpa dos frutos das variedades, Margarida e Hass, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teores de umidade, matéria graxa, proteína e cinzas da polpa dos abacates.

<i>Variedades</i>	<i>Umidade (%)</i>	<i>Matéria graxa (%)</i>	<i>Proteína (%)</i>	<i>Cinzas (%)</i>
Margarida	82,99 ± 0,06 ^a	8,42 ± 0,04 ^b	1,22 ± 0,01 ^b	0,67 ± 0,01 ^b
Hass	69,81 ± 0,69 ^b	19,71 ± 0,44 ^a	1,73 ± 0,02 ^a	1,08 ± 0,01 ^a

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

n = 5.

Como apresentado na Tabela 3, todas as medidas diferiram significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. A variedade Margarida teve maior porcentagem de umidade (83,0%). A variedade Hass possui uma quantidade expressiva de óleo na polpa (19,7%), indicando uma boa fonte de óleo, principalmente quando comparada com sementes de soja que apresentam cerca de 20% de lipídios (ORTHOEFER, 1996). Também apresentou maior porcentagem de proteínas (1,7%) e cinzas (1,1%).

Em estudo realizado por Tango et al. (2004), os teores de umidade nas polpas variaram entre 57,2 e 87,9% e os teores de lipídios entre 5,3 e 31,1% das diversas variedades analisadas. A variedade com maior teor de lipídios foi a Hass (31,1%). Segundo estes autores, a composição de ácidos graxos do óleo de abacate varia de acordo com as cultivares, estágio de maturação e localização geográfica de plantio.

5.2 Rendimento da extração por centrifugação

A Tabela 4 apresenta o rendimento da extração por centrifugação dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, e o teor de matéria graxa presente na pasta após extração. Houve diferença significativa nos valores de teor residual de matéria graxa entre as variedades. Foi verificado um elevado teor residual de matéria graxa para a variedade Hass (14,3%), provando uma necessidade de otimização do processo de extração, como ajustes da temperatura e tempo na termobatedeira, vazão das fases na centrífuga horizontal, ou até mesmo de uma segunda extração.

Tabela 4 - Rendimento da extração por centrifugação dos óleos de abacate e teor residual de matéria graxa na pasta.

<i>Variedades</i>	<i>Rendimento (%)</i>	<i>Teor residual de matéria graxa (%)</i>
Margarida	7,70	$2,25 \pm 0,43^b$
Hass	8,80	$14,28 \pm 0,51^a$

Médias \pm desvios padrões seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

5.3 Comportamento reológico

A Figura 3 ilustra os reogramas dos óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial.

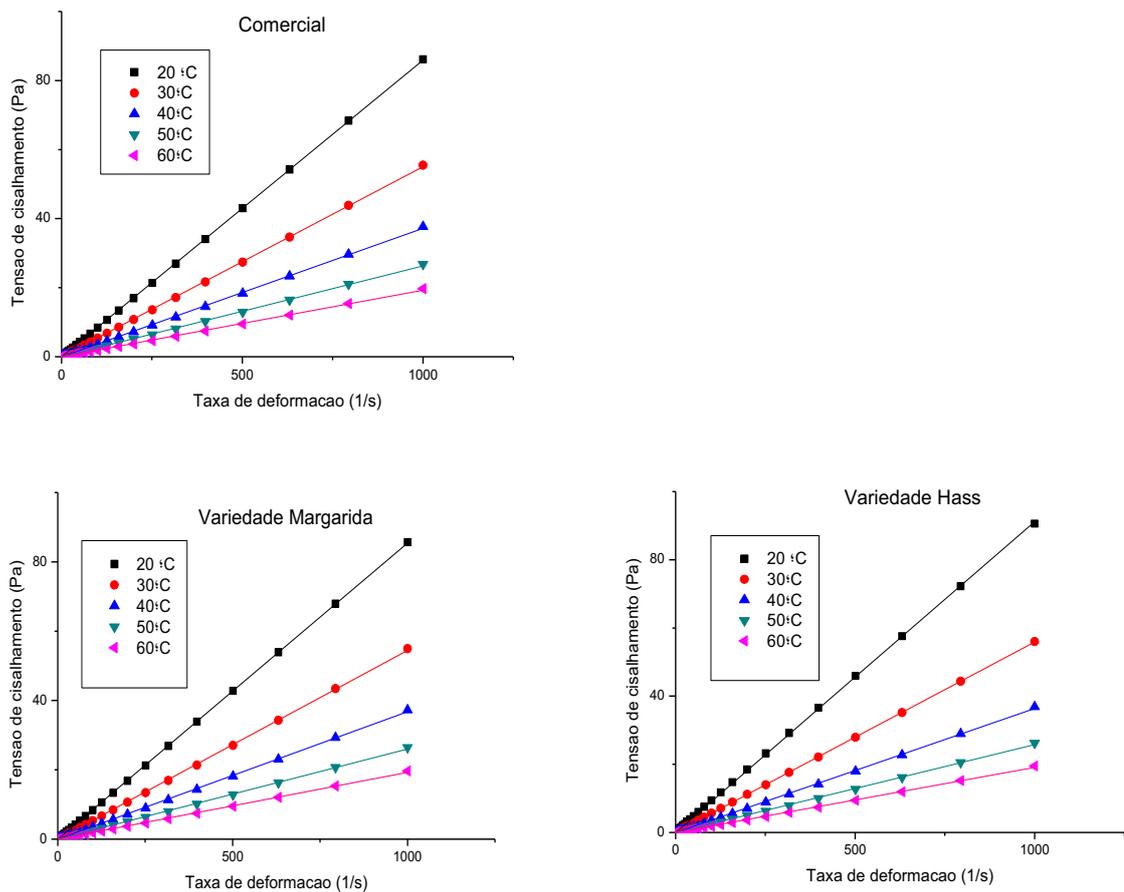


Figura 3 - Reogramas dos óleos de abacate.

Os óleos de abacate possuíram comportamento Newtoniano. Após testar os quatro modelos teóricos, observou-se que todos os ajustes resultaram em coeficientes de correlação próximos ou iguais a unidade.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros de ajuste do modelo de Newton para os óleos obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial. A variedade Hass obteve maior viscosidade na temperatura de 20°C, 0,09116 Pa.s e menor viscosidade na temperatura de 60°C, 0,01910 Pa.s. A 40°C, temperatura utilizada na extração neste estudo, os óleos das variedades, Margarida e Hass, apresentaram valores de viscosidade muito próximos, de 0,03675 e 0,03634 Pa.s, respectivamente.

Tabela 5 - Parâmetros de ajuste do modelo de Newton para os óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial.

<i>T</i> (°C)	<i>Margarida</i>		<i>Hass</i>		<i>Comercial</i>	
	μ (Pa.s)	R^2	μ (Pa.s)	R^2	μ (Pa.s)	R^2
20	0,08540	0,99997	0,09116	0,99990	0,08589	0,99997
30	0,05446	0,99987	0,05587	0,99998	0,05503	0,99989
40	0,03675	0,99972	0,03634	0,99972	0,03719	0,99975
50	0,02599	0,99958	0,02578	0,99960	0,02631	0,99959
60	0,01924	0,99942	0,01910	0,99939	0,01929	0,99940

A equação de Arrhenius apresentou um bom ajuste do efeito da temperatura na viscosidade aparente dos óleos. O gráfico da viscosidade (μ) em função da temperatura absoluta (Kelvin) para os óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial pode ser observado na Figura 4.

Nota-se pelo gráfico, que a viscosidade dos óleos estudados não diferiu entre si, isso reflete em uma mesma alteração na viscosidade quando submetidos à mesma variação térmica.

A Tabela 6 apresenta os parâmetros ajustados pela equação de Arrhenius para os óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial.

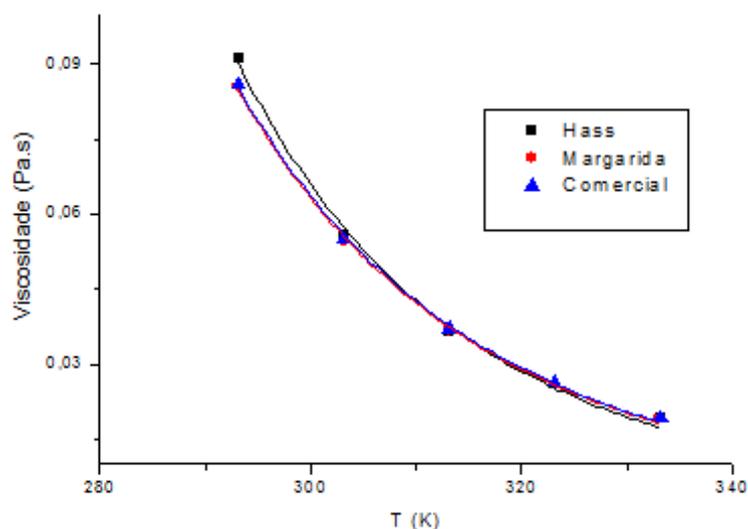


Figura 4 - Ajuste à equação de Arrhenius para os óleos de abacate.

Tabela 6 - Parâmetros do ajuste à equação de Arrhenius para os óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial.

Óleos	E_a (kJ/mol)	μ_0 (Pa.s)	R^2
Margarida	31,35	$2,19 \times 10^{-7}$	0,99854
Hass	33,60	$9,28 \times 10^{-8}$	0,99688
Comercial	31,22	$2,33 \times 10^{-7}$	0,99890

O óleo da variedade Margarida apresentou energia de ativação (31,35 kJ/mol) próxima a do óleo comercial (31,22 kJ/mol). Os valores obtidos para a energia de ativação no presente estudo são condizentes aos dados encontrados por Canciam (2010), onde obteve energias de ativação de 25,6; 26,2; 25,7; 27,5; 26,5; 27,2 e 27,8 kJ/mol ao comparar óleos já refinados de soja, milho, girassol, arroz, algodão, canola e azeite de oliva, respectivamente. A energia de ativação dos óleos de abacate se encontra também entre os valores de óleos brutos como o de mamona, em torno de 50 kJ/mol (CANCIAM, 2011).

5.4 Caracterização dos óleos

5.4.1 Caracterização físico-química

A Tabela 7 apresenta os resultados da caracterização físico-química dos óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e

Hass, e do óleo de abacate comercial.

Tabela 7 - Caracterização físico-química dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Determinações	Margarida	Hass	Comercial
Ácidos graxos livres (%)	1,82 ± 0,00 ^a	0,79 ± 0,00 ^b	0,41 ± 0,00 ^c
Peróxidos (meq O ₂ /kg)	4,98 ± 0,36 ^{ab}	5,54 ± 0,25 ^a	4,80 ± 0,29 ^b
Dienos conjugados (%)	0,15 ± 0,00 ^b	0,20 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,01 ^a
p-anisidina	0,04 ± 0,00 ^c	0,95 ± 0,00 ^a	0,82 ± 0,00 ^b
Totox	10,00 ± 0,36 ^c	12,03 ± 0,25 ^a	10,42 ± 0,00 ^b
Compostos polares totais (%)	7,50 ± 0,00 ^b	8,83 ± 0,29 ^a	5,67 ± 0,29 ^c
Estabilidade oxidativa (h)	3,87 ± 0,08 ^c	5,57 ± 0,07 ^b	6,31 ± 0,18 ^a
Iodo (g I ₂ /100 g)	80,80 ± 0,00 ^c	82,87 ± 0,00 ^b	84,70 ± 0,00 ^a
Refracção (40°C)	1,4607 ± 0,00 ^b	1,4615 ± 0,00 ^{ab}	1,4632 ± 0,00 ^a
Saponificação (mg KOH/g)	194,92 ± 0,02 ^b	195,79 ± 0,07 ^a	193,13 ± 0,03 ^c
Matéria Insaponificável (%)	1,19 ± 0,09 ^a	0,76 ± 0,03 ^b	1,00 ± 0,08 ^a
Clorofila (mg/kg)	3,26 ± 0,00 ^c	10,07 ± 0,00 ^b	18,96 ± 0,00 ^a

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O óleo da variedade Margarida apresentou valor superior de ácidos graxos livres (1,8%) dentre os óleos estudados. O óleo da variedade Hass e o comercial apresentaram 0,8 e 0,4%, respectivamente. Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 0,9% de ácidos graxos livres.

É comumente utilizada uma simples relação entre os parâmetros ácidos graxos livres e índice de acidez: índice de acidez = 0,503% dos ácidos graxos livres. O *Codex Alimentarium Commission* (2009) determina como parâmetro de qualidade para óleos brutos prensados a frio uma acidez máxima de 4,0 mg KOH/g. Nos óleos analisados, nenhum apresentou índice de acidez superior a este valor, indicando a boa qualidade dos mesmos.

O *Codex Alimentarium Commission* (2009) estipula para óleos refinados e brutos valores máximos de índice de peróxidos de 10 e 15 meq/kg, respectivamente. Todos os óleos analisados apresentaram índice de peróxidos abaixo de 15 meq/kg. O menor índice de peróxidos foi obtido para o óleo comercial (4,8 meq/kg) e o maior

para o óleo da variedade Hass (5,5 meq/kg). Os peróxidos são os principais produtos iniciais da autoxidação. Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 20,6 meq/kg de índice de peróxidos, valor superior aos encontrados nos óleos estudados.

A maior formação de dienos no óleo indica formação de compostos primários de oxidação lipídica. O óleo da variedade Margarida apresentou menor valor de dienos conjugados (0,1%), como também *p*-anisidina (0,04) e totox (10,0). Considera-se que um óleo bem conservado deve apresentar um valor de totox inferior a 10,0. Os outros óleos apresentaram valor de totox superior ao recomendável, 12,3 e 10,4, para Hass e comercial, respectivamente.

Segundo Lumley (1998), a porcentagem de compostos polares em óleo sem uso ou fresco deve estar compreendida entre 0,4 e 6,4%. O óleo comercial apresentou 5,7% de compostos polares. Os óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação podem ser considerados alterados, 7,5 e 8,8%, para Margarida e Hass, respectivamente.

Entre os óleos estudados, o que apresentou maior índice de estabilidade oxidativa foi o comercial (6,3 h), seguido pelo da variedade Hass (5,6 h) e Margarida (3,9 h), cujos índices apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Rosales (1989), analisando amostras de azeite de oliva, encontrou valores entre 6,7 e 79,8 horas para a estabilidade oxidativa a 100°C com fluxo de ar de 10 L/h. Merrill et al. (2008) reportaram valores de período de indução, determinados através do equipamento OSI, para óleo de milho de 9,8 horas; óleo de canola 8,4 horas; soja 7,6 horas e girassol 5,2 horas. Além da composição em ácido graxo, outros fatores como a posição dos ácidos graxos individuais dentro da molécula de triacilglicerol, a presença e composição de tocoferóis, carotenóides e esteróis, a variedade do grão e as condições de processamento podem apresentar influência sobre a estabilidade dos mesmos (KAIJSER; DUTTA; SAVAGE; 2000).

O índice de iodo foi menor para o óleo da variedade Margarida (80,8 g I₂/100 g), indicando um óleo mais saturado, e, conseqüentemente, menor capacidade em incorporar iodo ou outros halogêneos às duplas ligações da cadeia, o que acarreta em uma menor susceptibilidade à rancidez oxidativa. Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 96,31 mg I₂/100g de índice de iodo. O óleo comercial

apresentou maior índice de iodo (84,7 I₂/100 g), indicando maior grau de insaturação, podendo ser correlacionado com o índice de refração, que também se apresentou superior aos demais óleos.

O resultado para o índice de saponificação foi maior para o óleo da variedade Hass (195,8 mg KOH/g), indicando presença de ácidos graxos de pesos moleculares baixos. Os óleos da variedade Margarida e o comercial apresentaram valores de 194,9 e 193,1 mg KOH/g, respectivamente. Estes valores são comparáveis àqueles reportados pelo *Codex Alimentarius Commission* (2009) para óleos vegetais convencionais como milho (187-195 mg KOH/g), soja (189-195 mg KOH/g) e palma (190-209 mg KOH/g). Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 184,10 mg KOH/g de índice de saponificação.

O óleo da variedade Margarida e o comercial não apresentaram diferença significativa nos valores de matéria insaponificável, 1,0 e 1,2%, respectivamente. Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 1,72% de matéria insaponificável. No *Codex Alimentarius Commission* (2009) são encontrados valores superiores de matérias insaponificáveis para óleos vegetais como milho ($\leq 2,8\%$), girassol ($\leq 1,5\%$) e soja ($\leq 1,5\%$). Nesta fração estão presentes os esteróis (β -sitosterol), tocoferóis (Vitamina E) e outros.

Nota-se, que os resultados de teor de clorofila para os óleos estudados diferiram significativamente ($p < 0,05$). O teor de clorofila foi maior para o óleo comercial (19,0 mg/kg), seguido por Hass (10,1 mg/kg) e Margarida (3,3 mg/kg).

5.4.2 Composição de ácidos graxos, triacilgliceróis, fitosteróis e tocoferóis

A Tabela 8 apresenta a composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial. Os óleos contêm como principais constituintes, os ácidos oleico, palmítico e linoleico, entretanto, a proporção destes componentes varia entre eles. Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os óleos estudados.

Tabela 8 - Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Ácidos graxos (%)	Margarida	Hass	Comercial
Palmítico (16:0)	23,28 ± 0,05 ^a	19,43 ± 0,00 ^b	11,74 ± 0,00 ^c
Palmitoleico (16:1)	2,65 ± 0,02 ^c	11,35 ± 0,01 ^a	4,08 ± 0,02 ^b
Oleico (18:1)	57,33 ± 0,04 ^b	54,72 ± 0,02 ^c	73,88 ± 0,02 ^a
Linoleico (18:2)	14,84 ± 0,04 ^a	13,22 ± 0,01 ^b	9,51 ± 0,03 ^c
Linolênico (18:3)	1,25 ± 0,02 ^a	0,83 ± 0,00 ^b	0,32 ± 0,01 ^c
Outros	0,66 ± 0,01 ^a	0,45 ± 0,01 ^b	0,43 ± 0,01 ^b
OLE/LIN*	1/0,26	1/0,24	1/0,13
SAT/INS**	1/3,17	1/4,03	1/7,19

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

* Relação entre o total de ácidos oleico e linoleico.

** Relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados.

Dentre os ácidos graxos, o ácido oleico foi predominante em todos os óleos, ácido graxo monoinsaturado da família $\omega 9$, auxilia na diminuição plasmática de LDL, sem redução de HDL, com redução do risco de doenças cardiovasculares. O óleo de abacate comercial foi o que apresentou maior concentração de ácido oleico (73,9%), seguido pelo da variedade Margarida (57,3%) e Hass (54,7%). Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) da variedade Margarida extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 55,8% de oleico. Segundo Tango et al. (2004), o óleo da variedade Hass extraído utilizando-se do aparelho de *Butt* e hexano como solvente de extração, apresentou 47,7% de oleico.

O óleo da variedade Margarida possui concentração superior de ácido palmítico (23,3%), ácido graxo saturado, que promove menor benefício para saúde, porém confere maior estabilidade diante do processo degradativo da rancidez autoxidativa. Possui ainda uma quantidade superior de ácidos graxos poli-insaturados das famílias $\omega 6$ e $\omega 3$, linoleico (14,8%) e linolênico (1,2%), respectivamente, que produzem efeitos especiais no organismo vivo. Levando em consideração a porcentagem de linolênico em óleos comuns como girassol (0,3%), milho (2%) (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2008), o óleo da variedade Margarida apresenta quantidade considerável de ácido linolênico.

Segundo estudo realizado por Salgado et al. (2008), óleo de abacate (*Persea americana* Mill) da variedade Margarida extraído com hexano e cetona (1:1) apresentou 22,74% de ácido palmítico, 15,3% de linoleico e 1,03% de linolênico, valores próximos aos encontrados neste estudo. Segundo Tango et al. (2004), o óleo da variedade Hass extraído utilizando-se do aparelho de *Butt* e hexano como solvente de extração, apresentou 24,5% de ácido palmítico e 14,2% de linoleico.

O óleo da variedade Hass apresentou quantidade expressiva de palmitoleico (11,3%), outro ácido graxo importante da família $\omega 9$, encontrado em maiores concentrações em óleos de animais marinhos. Segundo Tango et al. (2004), o óleo da variedade Hass extraído utilizando-se do aparelho de *Butt* e hexano como solvente de extração, apresentou 13,3% de palmitoleico. Salgado et al. (2008) encontraram 3,92% de palmitoleico do óleo de abacate (*Persea americana* Mill) da variedade Margarida extraído com hexano e cetona (1:1).

Os óleos das variedades, Margarida e Hass, e o comercial apresentaram relações ácido oleico/linoleico de 1/0,26, 1/0,24 e 1/0,13, respectivamente. Em estudo realizado por Malacrida (2009), os maiores valores de ácido linoléico comparados ao oléico foram obtidos para os óleos de sementes de goiaba, melancia e maracujá que apresentaram relações ácido oléico/linoléico de 1/8,05, 1/6,69 e 1/5,29, respectivamente.

A relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados encontrados neste trabalho para os óleos das variedades, Margarida e Hass, e o comercial foram 1/3,17; 1/4,03 e 1/7,19, respectivamente. Borges et al. (2007) encontraram valores para óleos comuns como amendoim, soja e milho a relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados de 1/2,8; 1/5,7 e 1/6,7, respectivamente.

A Figura 5 apresenta a composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados dos óleos de abacate obtidos da extração por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e do óleo de abacate comercial. Altas quantidades de ácidos graxos monoinsaturados foram encontradas em todos os óleos analisados com porcentagens de 60,0, 66,1 e 78,0% para Margarida, Hass e comercial, respectivamente. O óleo da variedade Margarida foi o que apresentou maior porcentagem de ácidos graxos saturados (24,0%) e poli-insaturados (16,1%). Segundo Beardsell et al. (2002), o perfil de ácidos graxos do óleo comestível considerado ideal deveria ter 80-90% de ácidos graxos monoinsaturados e o restante, principalmente, constituído de ácidos poli-insaturados. Estes últimos são

mais susceptíveis à oxidação e isomerização quando aquecidos.

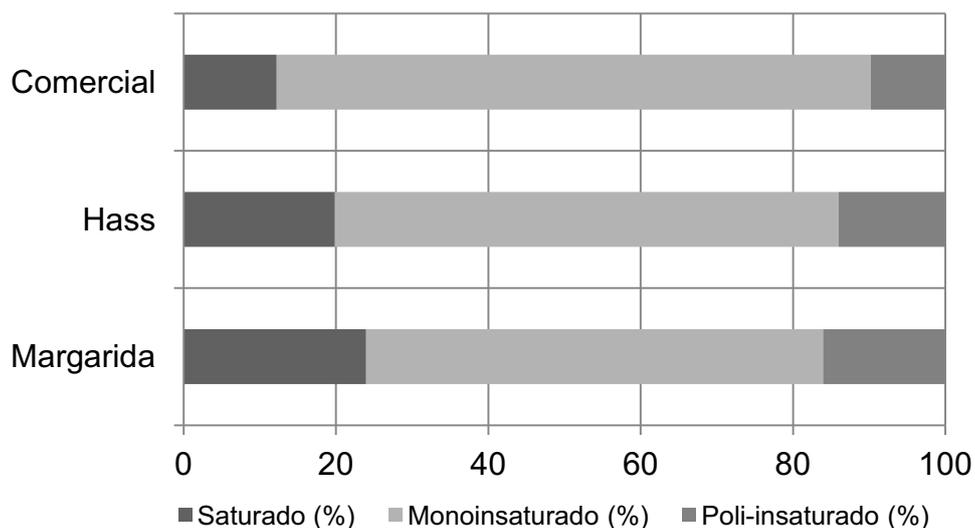


Figura 5 - Composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

A Tabela 9 apresenta a composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração pelo método de Bligh & Dyer. Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os óleos estudados.

Tabela 9 - Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer.

Ácidos graxos (%)	Margarida	Hass
Palmítico (16:0)	24,14 ± 0,03 ^a	17,18 ± 0,01 ^b
Palmitoleico (16:1)	2,79 ± 0,00 ^b	12,24 ± 0,04 ^a
Oleico (18:1)	57,79 ± 0,00 ^a	57,27 ± 0,03 ^b
Linoleico (18:2)	13,96 ± 0,02 ^a	12,42 ± 0,01 ^b
Linolênico (18:3)	0,71 ± 0,01 ^a	0,39 ± 0,00 ^b
Outros	0,61 ± 0,01 ^a	0,50 ± 0,01 ^b

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A Tabela 10 apresenta a composição dos principais ácidos graxos dos óleos

de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração por centrifugação e pelo método de Bligh & Dyer.

Tabela 10 - Composição dos principais ácidos graxos dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e Bligh & Dyer.

Ácidos graxos (%)	Margarida		Hass	
	Centrifugação	Bligh & Dyer	Centrifugação	Bligh & Dyer
Palmitico	23,28 ± 0,05 ^b	24,14 ± 0,03 ^a	19,43 ± 0,00 ^a	17,18 ± 0,01 ^b
Palmitoleico	2,65 ± 0,02 ^b	2,79 ± 0,00 ^a	11,35 ± 0,01 ^b	12,24 ± 0,04 ^a
Oleico	57,33 ± 0,04 ^b	57,79 ± 0,00 ^a	54,72 ± 0,02 ^b	57,27 ± 0,03 ^a
Linoleico	14,84 ± 0,04 ^a	13,96 ± 0,02 ^b	13,22 ± 0,01 ^a	12,42 ± 0,01 ^b
Linolênico	1,25 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,01 ^b	0,83 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,00 ^b
Outros	0,66 ± 0,01 ^a	0,61 ± 0,01 ^b	0,45 ± 0,01 ^b	0,50 ± 0,01 ^a

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas para cada variedade não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os métodos de extração utilizados. Os óleos de ambas as variedades apresentaram diferença na porcentagem de ácido graxo linolênico entre os métodos empregados. A extração por centrifugação se apresentou mais eficiente que a por Bligh & Dyer para este ácido graxo. O óleo da variedade Hass apresentou 57,3% de ácido graxo oleico no método Bligh & Dyer, valor superior ao encontrado na extração por centrifugação e similar ao valor encontrado nos óleos da variedade Margarida.

A Tabela 11 apresenta os teores de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração por centrifugação e do comercial. Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os óleos estudados. Para o óleo da variedade Margarida, os triacilgliceróis obtidos em maiores quantidades foram: POO (22,9%), OOO (18,8%), OLO (14,6%), PLO (11,9%) e POP (9,3%). Para o óleo da variedade Hass, os triacilgliceróis obtidos em maiores quantidades foram: POO (17,4%), OOO (16,4%), OLO (11,9%), OPoO (10,2%) e PPO (7,2%). Para o óleo de abacate comercial, o triacilglicerol que mais se destacou foi OOO (40,4%), seguido por POO (19,2%) e OLO (15,7%), o que é confirmado pela quantidade significativa de ácido oleico encontrado para este óleo (73,9%).

Tabela 11 - Teores de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Triacilgliceróis (%)	Margarida	Hass	Comercial
OLL	3,78 ^a	2,86 ^b	2,04 ^c
OLnO	1,22 ^a	0,72 ^b	0,49 ^c
OLO	14,63 ^b	11,86 ^c	15,73 ^a
OOO	18,84 ^b	16,40 ^c	40,36 ^a
OLPo	1,34 ^c	4,93 ^a	1,74 ^b
PLL	1,53 ^a	1,01 ^b	0,32 ^c
PLO	11,87 ^a	8,41 ^b	4,98 ^c
OPoO	2,60 ^c	10,21 ^a	6,72 ^b
POO	22,94 ^a	17,43 ^c	19,17 ^b
PLP	2,41 ^a	1,49 ^b	0,39 ^c
PPoO	2,11 ^a	7,24 ^b	2,13 ^a
POP	9,31 ^a	6,18 ^b	3,03 ^c
PPP	1,26 ^a	0,73 ^b	0,16 ^c
PPoP	0,43 ^b	1,29 ^a	0,17 ^c
OPoPo	0,12 ^c	2,12 ^a	0,34 ^b
PLPo	0,55 ^b	1,75 ^a	0,28 ^c

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O: oleico, L: linoleico, Ln: linolênico, Po: palmitoleico, P: palmítico.

A Tabela 12 apresenta o teor de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração pelo método de Bligh & Dyer. Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os óleos estudados.

Para o óleo da variedade Margarida, os triacilgliceróis obtidos em maiores quantidades foram: POO (24,1%), OOO (19,3%), OLO (13,9%), PLO (11,6%) e POP (10,1%). Para o óleo da variedade Hass, os triacilgliceróis obtidos em maiores quantidades foram: POO (16,9%), OOO (18,8%), OLO (12,2%), OPoO (12,0%) e PPoO (7,2%).

Óleos e gorduras são considerados amostras complexas, devido ao grande número de diferentes triacilgliceróis que os formam. Portanto, a identificação de triacilglicerol é um processo difícil, em que o número de possíveis formas estruturais é elevado, em comparação com o número de ácidos graxos presentes.

Tabela 12 - Teor de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer.

<i>Triacilgliceróis (%)</i>	<i>Margarida</i>	<i>Hass</i>
OLL	3,35 ^a	2,64 ^b
OLnO	0,70 ^a	0,39 ^b
OLO	13,93 ^a	12,21 ^b
OOO	19,31 ^a	18,81 ^b
OLPo	1,35 ^b	5,21 ^a
PLL	1,40 ^a	0,79 ^b
PLO	11,62 ^a	7,32 ^b
OPoO	2,81 ^b	12,05 ^a
POO	24,15 ^a	16,91 ^b
PLP	2,34 ^a	1,10 ^b
PPoO	2,34 ^b	7,22 ^a
POP	10,07 ^a	5,06 ^b
PPP	1,40 ^a	0,51 ^b
PPoP	0,50 ^b	1,08 ^b
OPoPo	0,14 ^b	2,57 ^a
PLPo	0,56 ^b	1,56 ^a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O: oleico, L: linoleico, Ln: linolênico, Po: palmitoleico, P: palmítico.

A Tabela 13 apresenta o teor de triacilgliceróis majoritários dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração por centrifugação e pelo método de Bligh & Dyer. Nota-se, que os dados diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os métodos utilizados, porém os valores apresentados são consistentes.

Para a determinação desta composição, os principais triacilgliceróis representam os componentes de concentrações mais elevadas do isômero, em que o número de átomos de carbono para os óleos estudados foi de 50 a 54. O óleo da variedade Margarida extraído por centrifugação apresentou maior quantidade de carbono 52 (42,5%) e 54 (40,3%), e ainda 50 (15,0%), valores próximos aos encontrados para o óleo da mesma variedade extraído por Bligh & Dyer. Hass apresentou uma quantidade superior de carbono 52 (44,1%) e C50 (19,7%), em contrapartida valor inferior de 54 (33,1%), valores próximos ao encontrado para o óleo da mesma variedade extraído por Bligh & Dyer. O óleo comercial apresentou

maior quantidade de carbono 54 (59,5%), seguido pelo carbono 52 (33,5%) e 50 (6,3%).

Tabela 13 - Teor de triacilgliceróis majoritários do óleo de abacate Margarida extraído por centrifugação e Bligh & Dyer.

<i>Triacilgliceróis (%)</i>	<i>Margarida</i>		<i>Hass</i>	
	<i>Centrifugação</i>	<i>Bligh & Dyer</i>	<i>Centrifugação</i>	<i>Bligh & Dyer</i>
OLL	3,78 ^a	3,35 ^b	2,86 ^a	2,64 ^b
OLnO	1,22 ^a	0,70 ^b	0,72 ^a	0,39 ^b
OLO	14,63 ^a	13,93 ^b	11,86 ^b	12,21 ^a
OOO	18,84 ^b	19,31 ^a	16,40 ^b	18,81 ^a
OLPo	1,34 ^a	1,35 ^a	4,93 ^b	5,21 ^a
PLL	1,53 ^a	1,40 ^b	1,01 ^a	0,79 ^b
PLO	11,87 ^a	11,62 ^b	8,41 ^a	7,32 ^b
OPoO	2,60 ^b	2,81 ^a	10,21 ^b	12,05 ^a
POO	22,94 ^b	24,15 ^a	17,43 ^a	16,91 ^b
PLP	2,41 ^a	2,34 ^b	1,49 ^a	1,10 ^b
PPoO	2,11 ^b	2,34 ^a	7,24 ^a	7,22 ^a
POP	9,31 ^b	10,07 ^a	6,18 ^a	5,06 ^b
PPP	1,26 ^b	1,40 ^a	0,73 ^a	0,51 ^b
PPoP	0,43 ^b	0,50 ^a	1,29 ^a	1,08 ^b
OPoPo	0,12 ^b	0,14 ^a	2,12 ^b	2,57 ^a
PLPo	0,55 ^a	0,56 ^a	1,75 ^a	1,56 ^b

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas para cada variedade não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O: oleico, L: linoleico, Ln: linolênico, Po: palmitoleico, P: palmítico.

A composição de fitosteróis dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, extraídos por centrifugação e do óleo de abacate comercial está apresentada na Tabela 14. O constituinte principal encontrado foi o β -sitosterol para os três óleos, destacando-se no óleo da variedade Margarida (82,3 mg/100 g). Também foram identificados teores significativos de Δ^7 -avenasterol no três óleos, 13,6; 13,7 e 10,1 mg/100 g para Margarida, Hass e comercial, respectivamente.

Observa-se que o resultado de fitosteróis totais diferiu significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para os óleos estudados. O óleo da variedade Margarida

apresentou quantidade total de fitosteróis superior aos demais (100,0 mg/100 g).

Tabela 14 - Composição de fitosteróis dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Fitosteróis (mg/100 g)	Margarida	Hass	Comercial
Campesterol	1,85 ± 0,01 ^a	1,41 ± 0,06 ^b	0,78 ± 0,01 ^c
β-sitosterol	82,29 ± 0,02 ^a	76,95 ± 0,02 ^b	62,43 ± 0,11 ^c
Estigmastanol	1,12 ± 0,01 ^a	0,83 ± 0,03 ^b	1,14 ± 0,06 ^a
Δ ⁵ -avenasterol	1,12 ± 0,01 ^a	1,37 ± 0,21 ^a	1,09 ± 0,06 ^a
Δ ⁷ -avenasterol	13,58 ± 0,18 ^a	13,75 ± 0,14 ^a	10,12 ± 0,01 ^b
Total	99,96 ± 0,16 ^a	94,31 ± 0,35 ^b	75,56 ± 0,12 ^c

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraídos pelo método de Bligh & Dyer das variedades, Margarida e Hass, está apresentada na Tabela 15. Observa-se que o resultado para todos fitosteróis diferiu significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para os óleos estudados e foi superior para o óleo da variedade Margarida.

Tabela 15 - Composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraído por Bligh & Dyer.

Fitosteróis (mg/100 g)	Margarida	Hass
Campesterol	0,89 ± 0,01 ^a	0,46 ± 0,03 ^b
β-sitosterol	52,56 ± 0,25 ^a	26,96 ± 0,06 ^b
Estigmastanol	0,39 ± 0,03 ^a	0,24 ± 0,01 ^b
Δ ⁵ -avenasterol	0,63 ± 0,03 ^a	0,40 ± 0,02 ^b
Δ ⁷ -avenasterol	3,91 ± 0,06 ^a	2,14 ± 0,05 ^b
Total	58,39 ± 0,30 ^a	30,20 ± 0,10 ^b

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A composição de fitosteróis dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, extraídos por centrifugação e pelo método de Bligh & Dyer está apresentada na Tabela 16. Observa-se que o resultado para todos fitosteróis diferiu

significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para os métodos utilizados.

Tabela 16 - Composição de fitosteróis dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e Bligh & Dyer.

Fitosteróis (mg/100 g)	Margarida		Hass	
	Centrifugação	Bligh & Dyer	Centrifugação	Bligh & Dyer
Campesterol	1,85 ± 0,01 ^a	0,89 ± 0,01 ^b	1,41 ± 0,06 ^a	0,46 ± 0,03 ^b
β-sitosterol	82,29 ± 0,02 ^a	52,56 ± 0,25 ^b	76,95 ± 0,02 ^a	26,96 ± 0,06 ^b
Estigmastanol	1,12 ± 0,01 ^a	0,39 ± 0,03 ^b	0,83 ± 0,03 ^a	0,24 ± 0,01 ^b
Δ ⁵ -avenasterol	1,12 ± 0,01 ^a	0,63 ± 0,03 ^b	1,37 ± 0,21 ^a	0,40 ± 0,02 ^b
Δ ⁷ -avenasterol	13,58 ± 0,18 ^a	3,91 ± 0,06 ^b	13,75 ± 0,14 ^a	2,14 ± 0,05 ^b
Total	99,96 ± 0,16 ^a	58,39 ± 0,30 ^b	94,31 ± 0,35 ^a	30,20 ± 0,10 ^b

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas para cada variedade não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores de fitosteróis encontrados nos óleos de abacate extraídos por centrifugação foram superiores aos encontrados nos óleos extraídos por Bligh & Dyer. Pode-se considerar que o método de extração por centrifugação foi melhor na extração e preservação dos fitosteróis.

A Tabela 17 apresenta a composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Hass e Margarida, e do óleo comercial. Observa-se, que os valores de α-tocoferol dos óleos estudados, diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), porém não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no valor total de tocoferóis entre os óleos, comercial e da variedade Hass.

O α-tocoferol foi predominante nos três óleos estudados, com destaque do óleo da variedade Margarida (36,7 mg/kg) De acordo com o *Codex Alimentarium Commission* (2009), os óleos que apresentam teor de α-tocoferol predominante são: girassol (403-935 mg/kg), palma (30-280 mg/kg) e uva (16-38 mg/kg). O óleo de abacate comercial foi o único dentre os três óleos que apresentou o γ-tocoferol. Enquanto o α-tocoferol apresenta a maior atividade biológica como vitamina E, o γ-tocoferol possui maior atividade antioxidante (SCHMIDT; POKORNÝ, 2005; SHAHIDI; NACZK, 1995).

Tabela 17 - Composição de tocoferóis dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Tocoferóis (mg/kg)	Margarida	Hass	Comercial
α -tocoferol	36,73 \pm 0,25 ^a	30,47 \pm 0,46 ^b	28,83 \pm 0,06 ^c
γ -tocoferol	nd	nd	2,03 \pm 0,06
Total	36,73 \pm 0,25 ^a	30,47 \pm 0,46 ^b	30,87 \pm 0,06 ^b
Vitamina E (UI/kg)	40,41 \pm 0,05 ^a	33,52 \pm 0,02 ^b	32,02 \pm 0,04 ^c

Médias \pm desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

nd - não detectado (valores $\leq 0,01\%$).

Os valores de Vitamina E para os óleos Margarida, Hass e comercial foram de 40,41; 33,52 e 32,02 UI/kg, respectivamente, com diferença significativa entre eles ($p < 0,05$). De acordo com a RDC n°. 269, de 22 de setembro de 2005, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para a Vitamina E é de 10 mg/dia de α -tocoferol (BRASIL, 2005). Diante disso, os óleos estudados são uma excelente fonte dessa vitamina, podendo atender às necessidades diárias de adultos e gestantes.

A composição de tocoferóis dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, obtidos da extração pelo método de Bligh & Dyer está apresentada na Tabela 18. Não foi detectado tocoferóis na amostra do óleo da variedade Hass. O óleo da variedade margarida apresentou quantidade significativa de γ -tocoferol (14,7 mg/kg).

Tabela 18 - Composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por Bligh & Dyer.

Tocoferóis (mg/kg)	Margarida	Hass
α -tocoferol	60,10 \pm 0,10	nd
γ -tocoferol	14,70 \pm 0,17	nd
Total	74,80 \pm 0,20	nd
Vitamina E (UI/kg)	68,32 \pm 0,11	nd

nd - não detectado (valores $\leq 0,01\%$).

A Tabela 19 apresenta a composição de tocoferóis dos óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, extraídos por centrifugação, Bligh Dyer e Soxhlet. Como não foram detectados tocoferóis no óleo da variedade Hass, fez-se

necessário utilizar outro método de extração, optou-se por Soxhlet.

Observa-se, que os valores de tocoferóis dos óleos estudados, diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Nota-se por meio dos métodos Bligh Dyer e Soxhlet, o potencial dos óleos de abacate em tocoferóis, devido aos elevados valores encontrados, superiores aos dos óleos extraídos por centrifugação e por apresentar o γ -tocoferol em quantidades significativas.

Tabela 19 - Composição de tocoferóis dos óleos de abacate extraídos por centrifugação, Bligh & Dyer e Soxhlet.

Tocoferóis (mg/kg)	Margarida			Hass	
	Centrifugação	Bligh & Dyer	Soxhlet	Centrifugação	Soxhlet
α -tocoferol	$36,73 \pm 0,25^c$	$60,10 \pm 0,10^b$	$70,27 \pm 0,06^a$	$30,47 \pm 0,46^b$	$61,13 \pm 0,15^a$
γ -tocoferol	nd	$14,70 \pm 0,17^b$	$17,87 \pm 0,06^a$	nd	$20,33 \pm 0,12$
Total	$36,73 \pm 0,25^c$	$74,80 \pm 0,20^b$	$88,13 \pm 0,06^a$	$30,47 \pm 0,46^b$	$81,47 \pm 0,06^a$
Vitamina E*	$40,41 \pm 0,05^c$	$68,32 \pm 0,11^b$	$79,98 \pm 0,06^a$	$33,52 \pm 0,02^b$	$70,30 \pm 0,15^a$

Médias \pm desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas para cada variedade não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

nd - não detectado (valores $\leq 0,01\%$).

* UI/kg.

Foi realizado o estudo da correlação entre a estabilidade oxidativa, tocoferóis totais e a composição de ácidos graxos (saturados, monoinsaturados, poli-insaturados e linoleico) para os óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.. A análise está apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 - Coeficientes de correlação entre a estabilidade oxidativa, tocoferóis totais e ácidos graxos, para os óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Ácidos graxos	Estabilidade oxidativa	Tocoferóis totais
Saturados	-0,92*	0,73*
Monoinsaturados	0,92*	-0,72*
Poli-insaturados	-0,91*	0,71*
Linoleico	-0,90*	0,70*

* Significativo ($p < 0,05$).

Foram obtidas correlações significativas entre a estabilidade oxidativa e a quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (0,92), quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (-0,91) e porcentagem de ácido linoleico (-0,90). Tal fato demonstra a influência dos ácidos graxos poli-insaturados, e em especial do ácido linoleico, sobre a estabilidade oxidativa, ou seja, quanto maior a porcentagem destes ácidos nos óleos, menor a resistência dos mesmos à oxidação. Os ácidos graxos insaturados têm diferentes suscetibilidades à oxidação, já sendo conhecido que as taxas oxidativas são mais baixas para substratos monoinsaturados, como o ácido oleico, do que para ácidos graxos poli-insaturados, principalmente linoleico e linolênico (KAMAL-ELDIN, 2006).

Usualmente altas quantidades de tocoferóis totais estão associadas com os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados (TUBEROSO et al., 2007). Neste estudo foi obtido, para os óleos, uma correlação significativa (0,70) entre as quantidades de ácido linoleico e de tocoferóis totais, o que indica a presença de elevadas quantidades de tocoferóis nos óleos mais insaturados.

Foi obtida correlação significativa e positiva entre a estabilidade oxidativa e a quantidade de clorofila (0,96) nos óleos analisados, indicando que os óleos que contêm maiores quantidades de clorofila apresentam maior estabilidade oxidativa. Apesar de as clorofilas serem pró-oxidantes sob a luz, elas agem como antioxidantes no escuro, possivelmente pela doação de hidrogênio para os radicais livres (GUTIERREZ-ROSALES et al., 1992). Observa-se, ainda, que os óleos estudados apresentaram correlação significativa, porém inversamente proporcional entre a composição de tocoferóis e a estabilidade oxidativa (-0,94).

Além da composição em ácido graxo, outros fatores como a posição dos ácidos graxos individuais dentro da molécula de triacilglicerol, a presença e composição de tocoferóis, carotenóides e esteróis, a variedade do grão e as condições de processamento podem apresentar influência sobre a estabilidade dos mesmos (MERRILL et al., 2008).

5.4.3 Atividade antioxidante

A Tabela 21 apresenta os resultados da atividade antioxidante para os métodos DPPH[•], FRAP e ABTS^{•+} dos óleos de abacate extraídos por centrifugação e comercial.

Tabela 21 - Atividade antioxidante dos óleos de abacate, extraídos por centrifugação e comercial.

Atividade Antioxidante	Margarida	Hass	Comercial
DPPH [•] (%)	21,50 ± 0,01 ^a	19,42 ± 0,00 ^c	20,69 ± 0,00 ^b
EC ₅₀ (µg/mL)	46,46 ± 0,01 ^c	60,65 ± 0,01 ^a	50,00 ± 0,00 ^b
FRAP (µM Trolox/100 g)	79,10 ± 0,05 ^a	71,24 ± 0,08 ^c	72,17 ± 0,00 ^b
ABTS ^{•+} (µM Trolox/100 g)	7,93 ± 0,01 ^a	5,05 ± 0,01 ^c	5,41 ± 0,00 ^b

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

EC₅₀ quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH[•] em 50%.

Nota-se que os resultados diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Observa-se que os óleos apresentaram comportamento similar entre os sistemas DPPH[•], FRAP e ABTS^{•+}. O óleo da variedade Margarida, demonstrou maior atividade antioxidante e Hass obteve menor atividade pelos sistemas estudados.

A atividade antioxidante determinada pelo método do radical DPPH permite a avaliação do comportamento antioxidante dos compostos através da capacidade de sequestrar radical livre em determinado período de tempo. Os óleos apresentaram por este método, atividade antioxidante de 21,5 e 19,4% para os óleos das variedades Margarida e Hass, respectivamente, e 20,7% para o óleo comercial.

A atividade antioxidante dos compostos, representada pelo valor de EC₅₀, é calculada pela redução de 50% da concentração inicial de DPPH. Ressalta-se que, quanto menor o valor de EC₅₀, maior a atividade antioxidante do composto analisado. A quantidade de óleo necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH[•] em 50% (EC₅₀) foi de 46,5; 60,6 e 50,0 µg/mL para Margarida, Hass e comercial, respectivamente.

O sistema FRAP é comumente utilizado para estudar a atividade antioxidante de frutos e plantas. A atividade antioxidante dos frutos estudados foi de 79,1 para Margarida, 71,2 para Hass e 72,2 µmol Trolox/100 g para o comercial. Autores encontraram resultados para óleos de oliva e girassol, 152,0 e 65,3 µmol Trolox/100 g, respectivamente, e valores de 40,0 e 10,0 µmol Trolox/100 g foram obtidos para óleos de canola e milho, respectivamente (CHEUNG; SZETO; BENZIE, 2007;

SAURA-CALIXTO, GOÑI, 2006).

Para o sistema da capacidade antioxidante por meio do ABTS^{•+}, os óleos das variedades, Margarida e Hass, e o comercial apresentaram valores de 7,9; 5,0 e 5,4 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$, respectivamente. Nakib et al. (2010), em estudo realizado com óleos de oliva extra virgem de dois cultivares da Tunisia, encontraram 2,4 $\mu\text{mol Trolox}/\text{kg}$ de óleo para o cultivar *Chétoui* e 0,6 $\mu\text{mol Trolox}/\text{kg}$ de óleo para o *Chemlali*.

Foi realizado o estudo da correlação entre a estabilidade oxidativa, teor de tocoferóis totais e os métodos de atividade antioxidante (DPPH[•], FRAP e ABTS^{•+}). A análise de correlação está apresentada na Tabela 22. A atividade antioxidante correlacionou-se significativamente com a quantidade de tocoferóis totais, ou seja, óleos com maiores concentrações de tocoferóis apresentaram maiores atividades antioxidantes. A atividade antioxidante não se correlacionou positivamente com a estabilidade oxidativa dos óleos analisados no presente estudo, indicando que os óleos com maior atividade antioxidante apresentam menor estabilidade oxidativa.

Tabela 22 - Coeficientes de correlação entre a estabilidade oxidativa, tocoferóis totais e atividade antioxidante.

<i>Atividade antioxidante</i>	<i>Estabilidade oxidativa</i>	<i>Tocoferóis totais</i>
DPPH [•]	-0,58	0,83*
FRAP	-0,92*	1,00*
ABTS ^{•+}	-0,92*	1,00*

* Significativo ($p < 0,05$).

5.5 Estabilidade oxidativa e compostos bioativos

5.5.1 Termoxidação

A Figura 6 apresenta o resultado de índice de peróxidos dienos conjugados, *p*-anisidina, compostos polares totais e índice de estabilidade oxidativa para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e azeite de oliva durante aquecimento a 180°C.

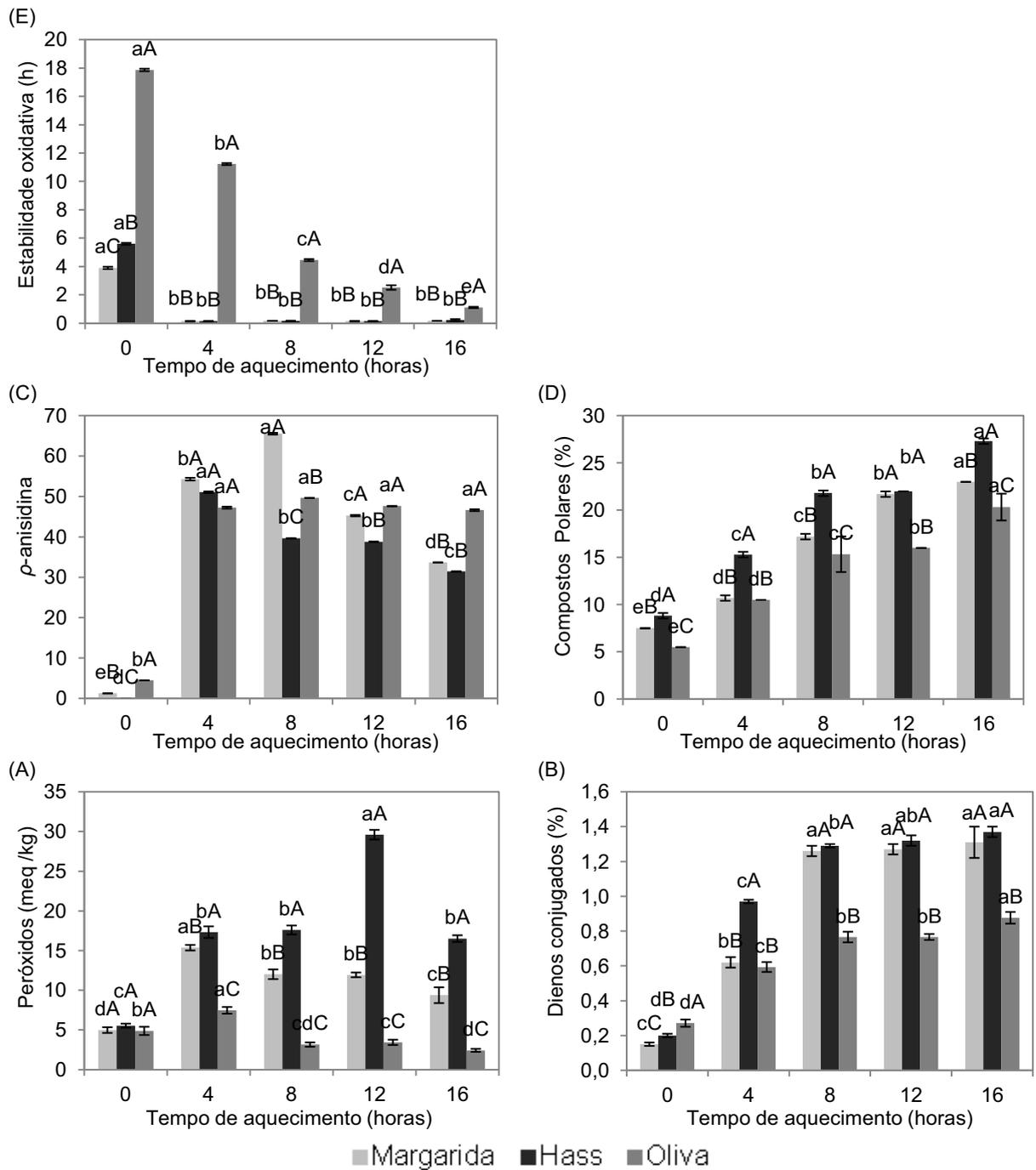


Figura 6 - Médias de índice de peróxidos, dienos conjugados, ρ -anisidina, compostos polares totais e índice de estabilidade oxidativa para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O índice de peróxidos sofreu aumento durante o aquecimento seguido por

redução para os três óleos, apresentando diferença significativa entre si ($p < 0,05$) a partir de 4 horas. Os óleos apresentaram aumento de cerca de 3 vezes para Margarida e 2 vezes para azeite no tempo 4 horas e 6 vezes para Hass no tempo 12 horas, em relação ao tempo inicial. Posteriormente, a redução ocorre, pois, a partir de um determinado ponto, a taxa de degradação dos peróxidos torna-se superior à sua taxa de formação, originando compostos secundários no meio. O *Codex Alimentarium Commission* (2009) estipula para óleos refinados e brutos valores máximos de índice de peróxidos de 10 e 15 meq/kg, respectivamente. Portanto, a partir de 4 horas, os óleos de abacate se apresentaram impróprios para consumo.

A medida quantitativa dos dienos conjugados tem sido largamente utilizada para a determinação da oxidação de óleos e gorduras. Mudanças na posição e geometria das duplas ligações provocadas pela alta temperatura podem ser acompanhadas por medidas de absorção na região ultravioleta. A análise de dienos conjugados mostrou um aumento significativo para os óleos estudados, atingindo no final do processo valores de 1,37% para Hass, 1,31% para Margarida e 0,88% para o azeite de oliva.

O índice de p -anisidina fundamenta-se na reação de produtos secundários da degradação de lipídios, sobretudo compostos aldeídicos e a p -anisidina. Houve um aumento significativo p -anisidina durante o aquecimento, atingindo valores máximos de 65, 51 e 50 para Margarida, Hass e azeite de oliva, respectivamente.

Os compostos polares constituem os produtos da degradação dos triacilgliceróis como: ácidos graxos livres, ácidos graxos oxidados e polímeros, resultantes de alterações hidrolíticas, oxidativas e térmicas, respectivamente. Os resultados de compostos polares aumentaram significativamente, cerca de 3 vezes para Margarida e Hass e 4 vezes para o azeite de oliva, ao longo do aquecimento. É importante ressaltar que os valores de composto polares iniciais, antes mesmo do aquecimento, já se apresentavam elevados. Hass apresentou valor superior à regulamentação (25%) em 16 horas de aquecimento.

O óleo da variedade Hass apresentou maior índice de estabilidade oxidativa no tempo inicial (5,6 h) comparado ao Margarida (3,9 h). Após 4 h, os óleos de abacate não apresentaram estabilidade oxidativa, como também não apresentaram teor de clorofila.

A Figura7 apresenta a composição dos principais ácidos graxos para os óleos de abacate e azeite de oliva durante aquecimento a 180°C.

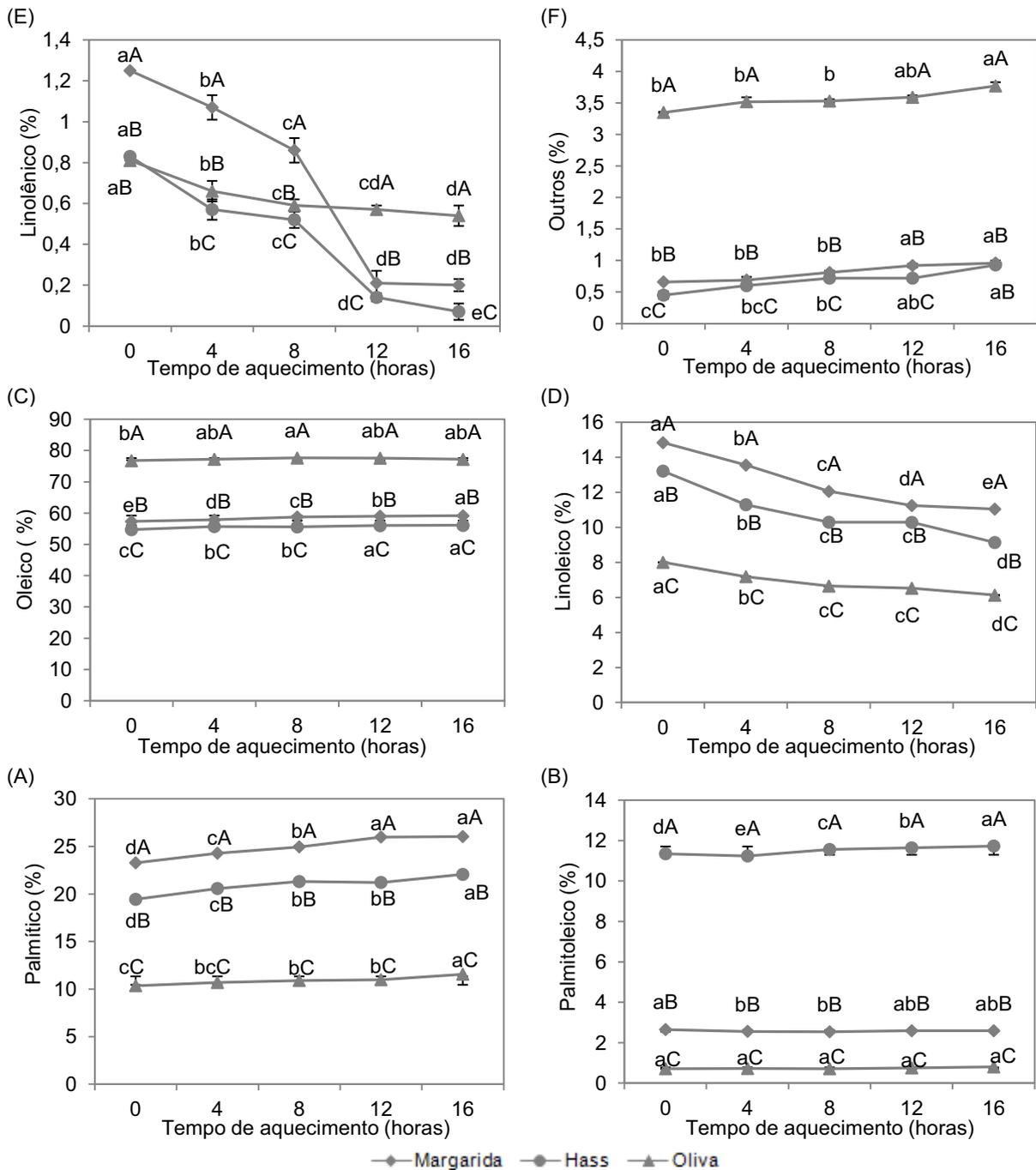


Figura 7 - Composição dos principais ácidos graxos para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Dentre os ácidos graxos, o linoleico e o linolênico tiveram redução mais acentuada, 30-92% para Hass, 25-84% para Margarida e 23-33% para o azeite, respectivamente. A composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e

poli-insaturados para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e azeite de oliva durante aquecimento a 180°C pode ser observada na Figura 8. Houve um aumento significativo de ácidos graxos saturados (12-14-11%) e monoinsaturados (3-3-0,7%) para Margarida, Hass e azeite, respectivamente. Em contrapartida, houve uma redução significativa de poli-insaturados (30-34-24%) para Margarida, Hass e azeite, respectivamente, ao longo do processo.

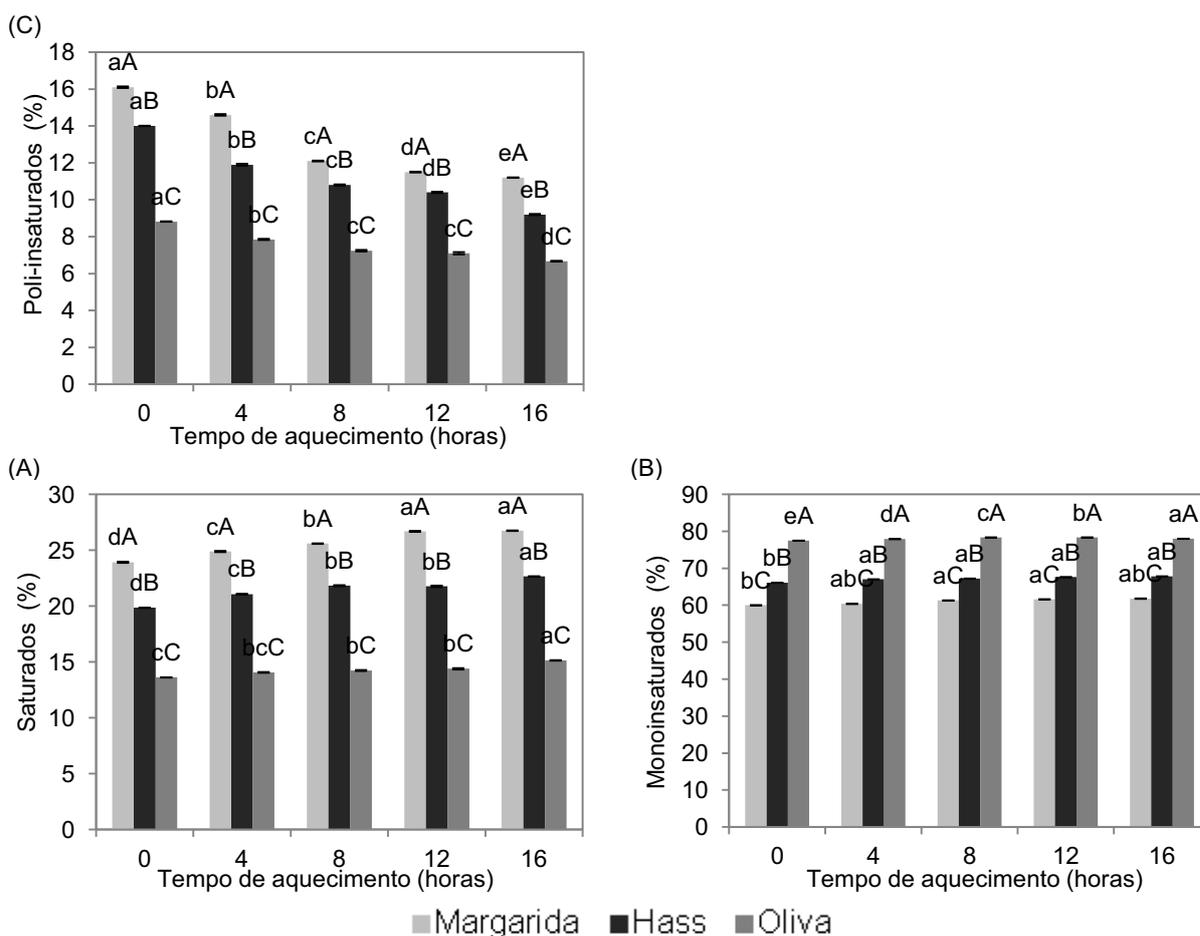


Figura 8 - Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturado para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 9 apresenta a composição de fitosteróis para os óleos de abacate extraídos por centrifugação e azeite de oliva durante aquecimento a 180°C. Houve

diferença significativa entre os óleos ao longo do processo e redução significativa dos fitosteróis.

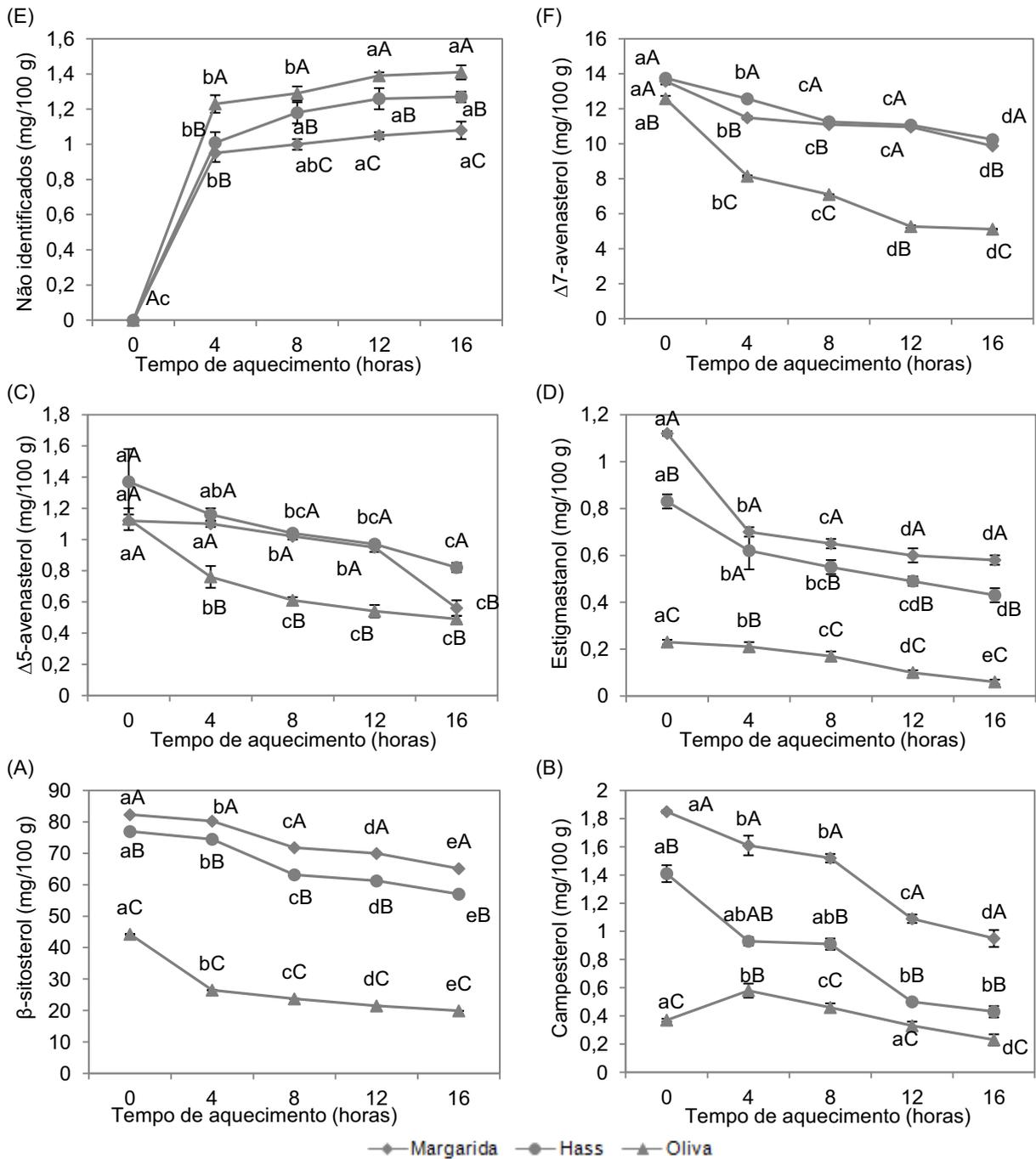


Figura 9 - Composição de fitosteróis para óleos e tempos de aquecimento a 180°C.

Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 10 apresenta o teor de fitosteróis totais para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, e azeite de oliva durante aquecimento a 180°C. Houve uma redução significativa de fitosteróis totais ao longo do processo para os óleos em estudo (22; 26 e 54% para Margarida, Hass e azeite de oliva, respectivamente) e diferença significativa entre eles. Os efeitos do aquecimento foram mais intensos para Hass do que os verificados no óleo da variedade Margarida.

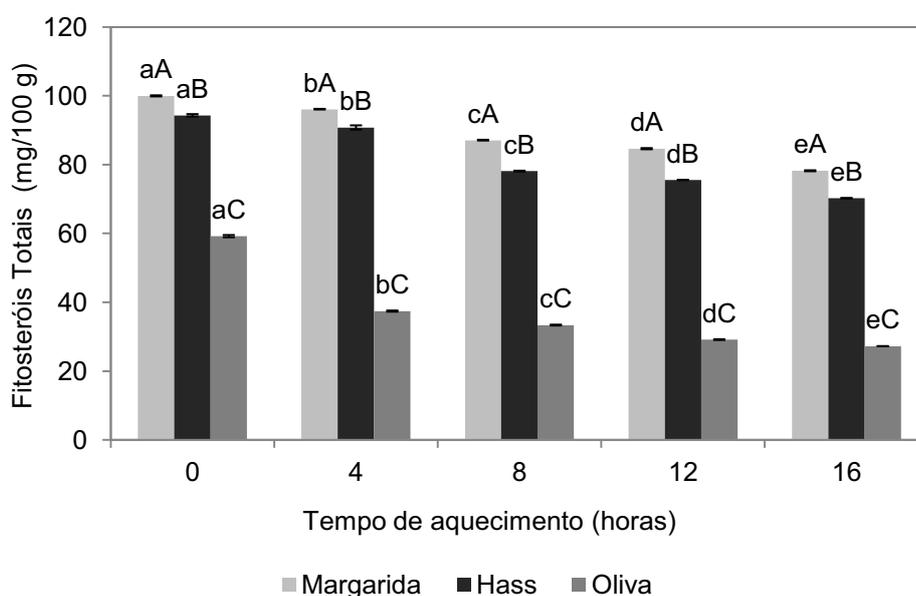


Figura 10 - Composição de fitosteróis totais para óleos e tempos de aquecimento a 180°C. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os óleos estudados sofreram redução significativa no teor de tocoferóis ao longo do armazenamento. No tempo 4 meses, os óleos de abacate não apresentaram teor de tocoferóis, porém o azeite de oliva comercial apresentou valor de 48,43 mg/kg, posteriormente não foi detectado teor de tocoferóis neste óleo.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, observa-se que o óleo de abacate da variedade Margarida apresentou melhor comportamento em relação ao Hass durante o processo de aquecimento. É importante ressaltar que os óleos de abacate utilizados neste estudo apresentaram-se inadequados para consumo ao final do processo de termoxidação.

5.5.2 Armazenamento à temperatura ambiente

A Figura 11 apresenta o índice de peróxidos, dienos conjugados e índice de estabilidade oxidativa para óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente.

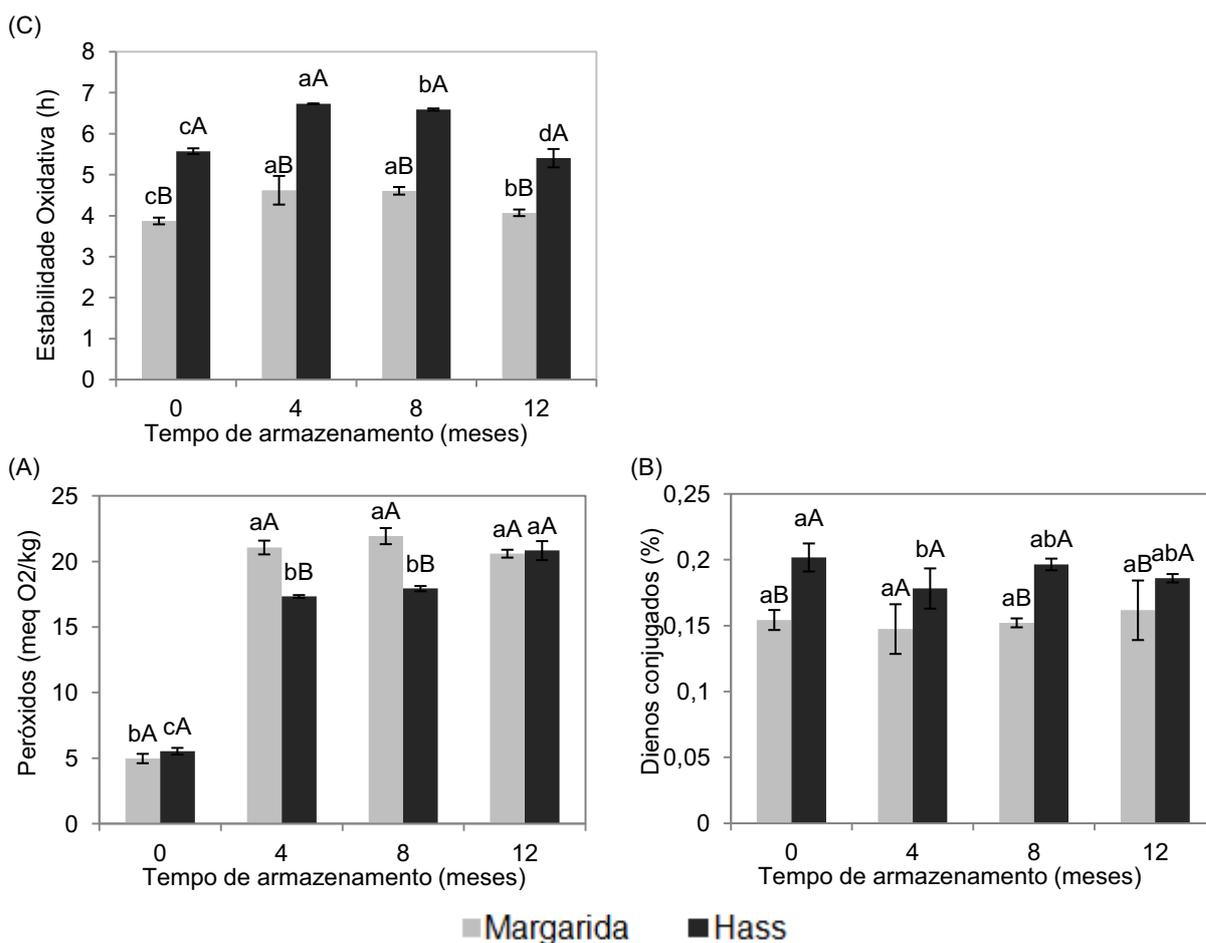


Figura 11 - Médias de índice de peróxidos, dienos conjugados e índice de estabilidade oxidativa para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pode-se observar um aumento significativo nos valores de peróxidos, cerca de 4 vezes em relação ao valor inicial, para os óleos estudados durante o armazenamento à temperatura ambiente, o que é justificado pelo desenvolvimento

de produtos primários da oxidação lipídica. Houve diferença significativa entre os óleos nos tempos 4 e 8 meses, enquanto que no tempo inicial e final não diferiram. Os óleos de abacate ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação, onde o máximo permitido é de 15 meq O₂/Kg, após 4 meses de armazenamento à temperatura ambiente.

Steil et. al. (2009) estudaram a qualidade e estabilidade do óleo virgem de girassol embalado em vidro âmbar e observaram um aumento significativo do índice de peróxido que atingiu o valor de 7,2 meq/kg após 180 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para dienos conjugados entre os óleos estudados, porém, ao longo do armazenamento, para o óleo da variedade Margarida, não houve diferença significativa. Os óleos atingiram no final da termoxidação valores de 0,16 e 0,19% para Margarida e Hass, respectivamente.

Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) para índice de estabilidade oxidativa entre os óleos estudados. Os óleos apresentaram aumento do início ao tempo 4 horas de 19 e 21%, quando atingiram valores de 4,6 e 6,7 h, para Margarida e Hass, respectivamente. Posteriormente os óleos sofreram redução de estabilidade oxidativa, significativa para Hass e não significativa para Margarida.

Os óleos estudados sofreram redução no teor de clorofila ao longo do armazenamento. No tempo 4 meses, o valor de clorofila reduziu de 3,3 para 2,0 mg/kg para Margarida e de 10,1 para 7,5 mg/kg para Hass. Posteriormente não foi detectado teor de clorofila nos óleos.

A Figura 12 apresenta a composição dos principais ácidos graxos para óleos de abacate das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente. O ácido linolênico foi o que apresentou maior variação de conteúdo já aos 4 meses de armazenamento. Tal fato pode ser atribuído à maior suscetibilidade destes à oxidação, devido principalmente a suas insaturações. Com exceção do teor de ácido oleico, todos os óleos apresentaram reduções significativas no percentual de ácidos graxos durante o armazenamento.

A composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente pode ser observada na Figura 13.

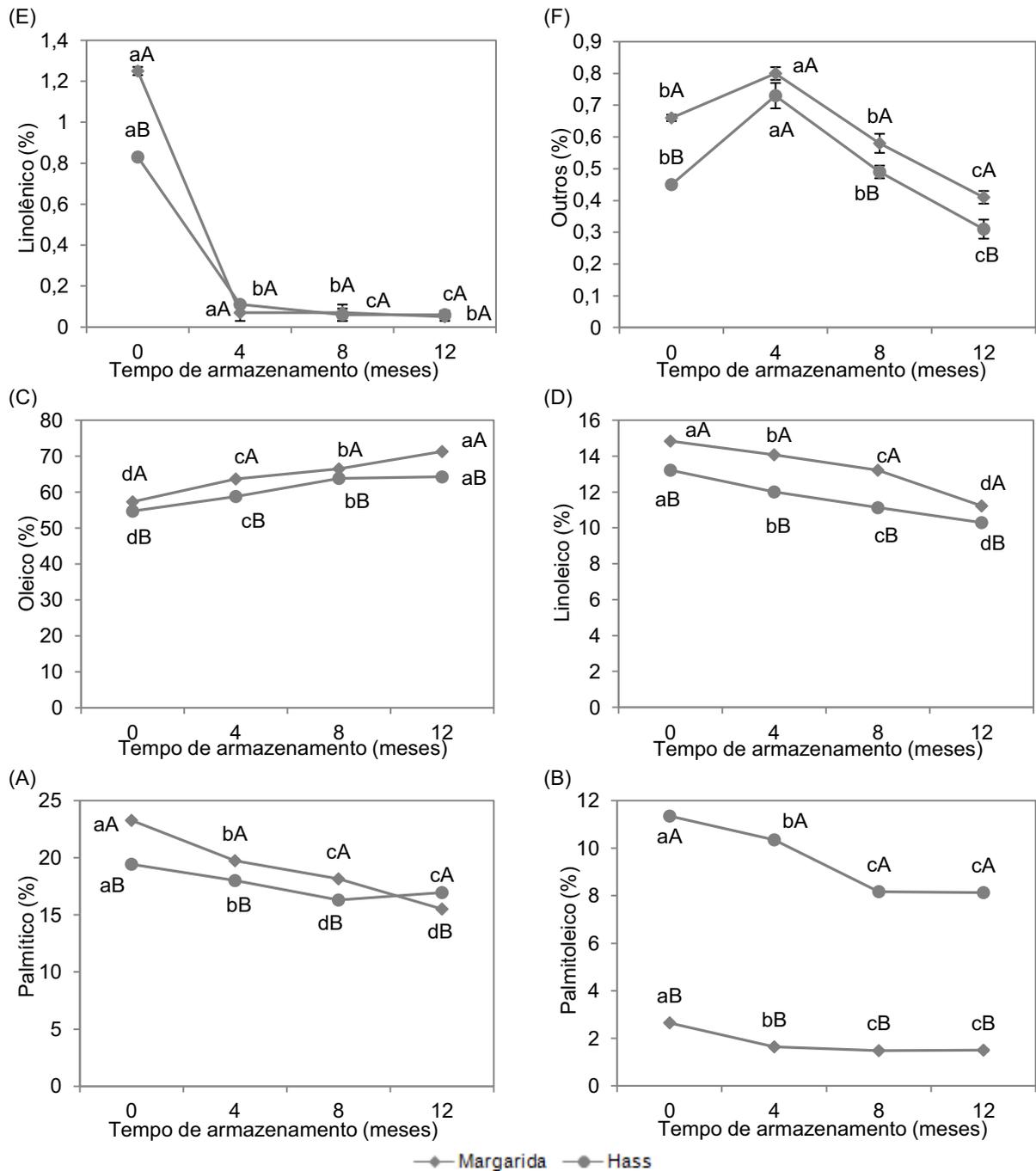


Figura 12 - Composição dos principais ácidos graxos para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve um aumento significativo de ácidos graxos monoinsaturados (21 e 10%), em contrapartida, uma redução significativa de saturados (33 e 13%) e poli-insaturados (30 e 26%), para Margarida e Hass, respectivamente. Os ácidos graxos

saturados, para Margarida, foram os que mais tiveram sua composição alterada durante o armazenamento. Os efeitos do tempo de armazenamento foram mais intensos para Margarida do que os verificados no óleo da variedade Hass.

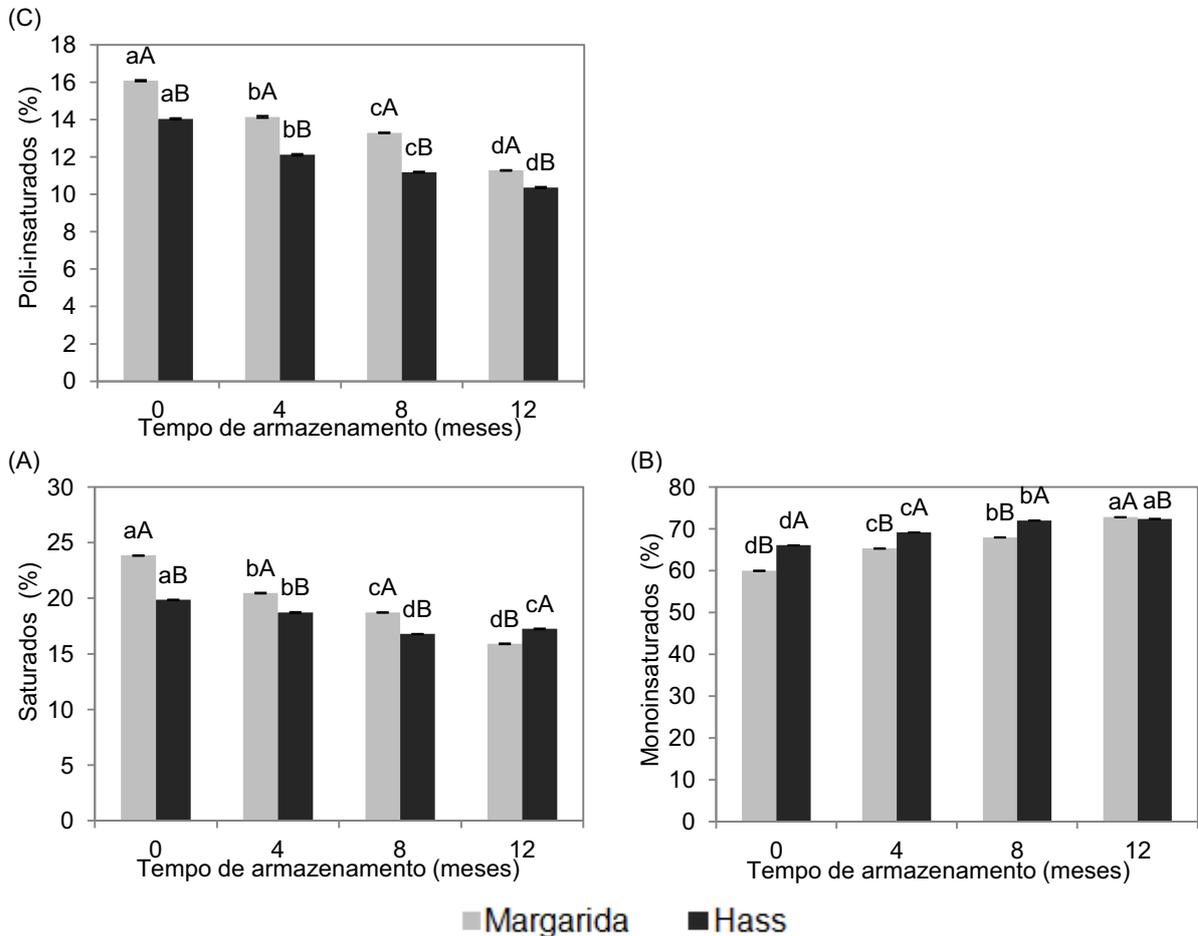


Figura 13 - Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 14 apresenta a composição de fitosteróis para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente.

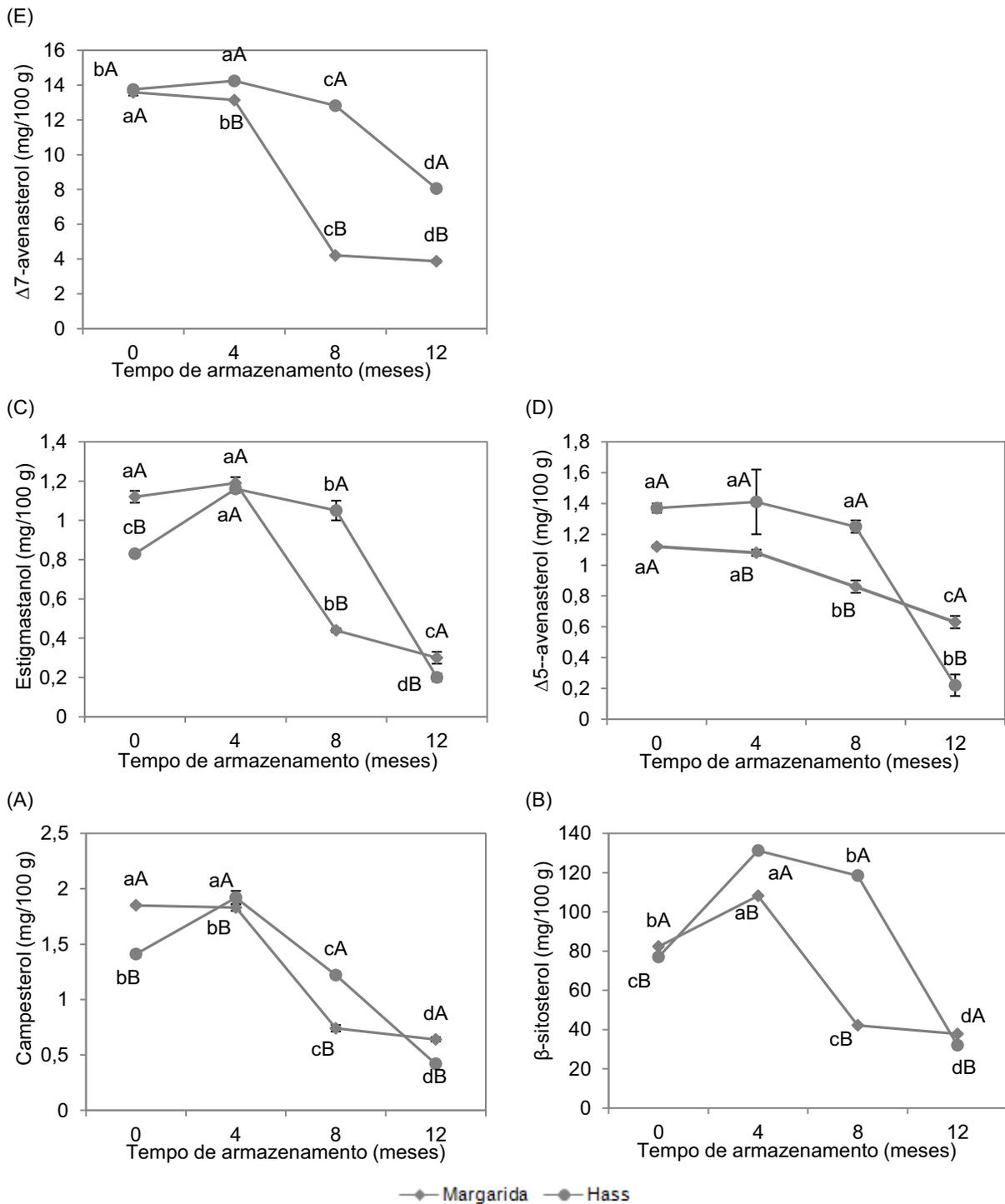


Figura 14 - Composição de fitosteróis para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve um aumento significativo de todos os fitosteróis para o óleo da

variedade Hass e um aumento significativo de β -sitosterol para Margarida, aos 4 meses de armazenamento, seguido por redução.

A Figura 15 apresenta o teor de fitosteróis totais para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente.

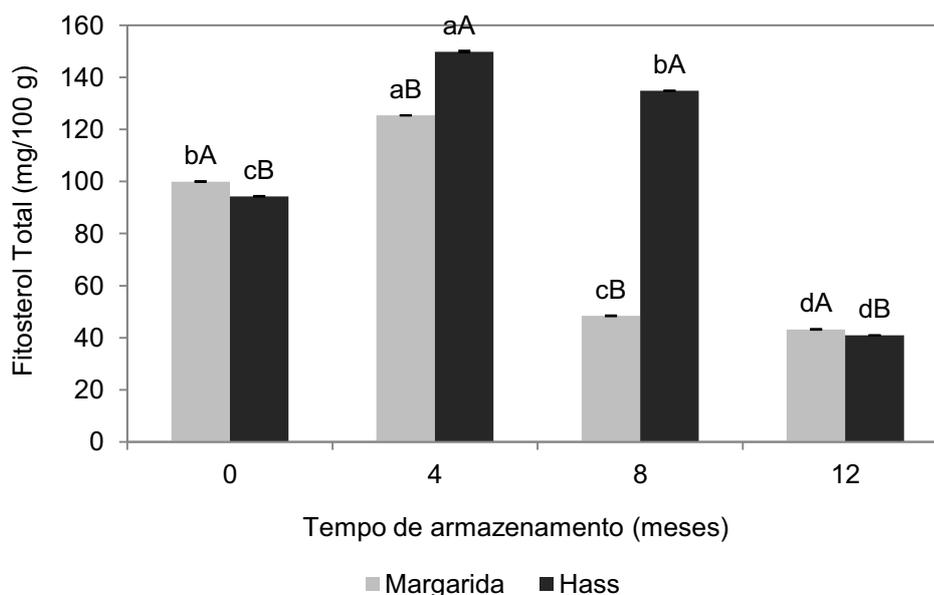


Figura 15 - Composição de fitosteróis totais para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se que houve diferença significativa entre óleos estudados. Houve um aumento significativo de fitosteróis totais aos 4 meses (25 e 59%, para Margarida e Hass, respectivamente), seguido por redução. Nota-se que este aumento significativo de fitosteróis aos 4 meses ocorreu também para a estabilidade oxidativa dos dois óleos. O óleo da variedade Margarida apresentou valores de 100-43,2 mg/100 g e Hass apresentou 94,3-40,9 mg/100 g, no início e final do armazenamento, respectivamente.

A Figura 16 apresenta o teor de α -tocoferol e vitamina E para os óleos de abacate extraídos por centrifugação das variedades, Margarida e Hass, durante armazenamento à temperatura ambiente. Observa-se que houve diferença significativa entre óleos estudados e uma redução significativa de α -tocoferol (22 e

45%) e vitamina E (22 e 45%) ao longo do processo para Margarida e Hass, respectivamente.

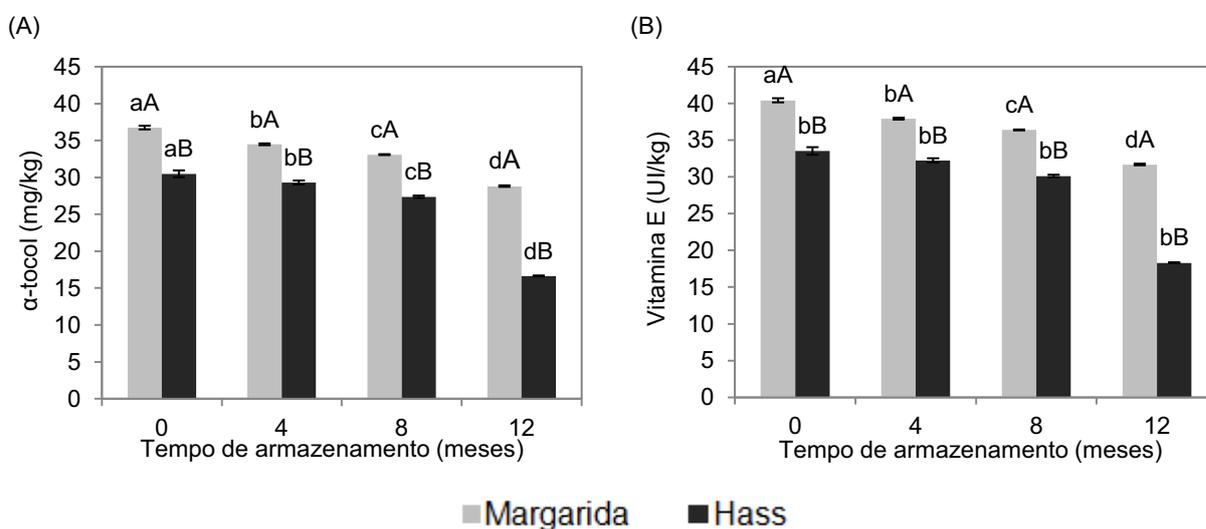


Figura 16 - Médias de α -tocoferol e vitamina E para óleos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente. Para cada tempo, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para cada óleo, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, observa-se que o óleo de abacate da variedade Hass apresentou melhor comportamento em relação ao Margarida durante o processo de armazenamento. É importante ressaltar que os óleos de abacate utilizados neste estudo apresentaram-se inadequados para consumo ao final do armazenamento à temperatura ambiente.

6. CONCLUSÕES

A variedade Hass apresentou uma quantidade expressiva de óleo na polpa, superior à variedade Margarida. Os rendimentos da extração por centrifugação encontrados para as duas variedades foram baixos. Também foi encontrado um elevado teor residual de matéria graxa na pasta após extração por centrifugação para a variedade Hass, indicando necessidade de otimização do processo de extração, como ajustes da temperatura e tempo na termobatedeira, vazão das fases na centrífuga horizontal, ou até mesmo de uma segunda extração.

No estudo do comportamento reológico, a variedade Hass obteve maior viscosidade na temperatura de 20°C e menor viscosidade na temperatura de 60°C. O óleo da variedade Margarida apresentou menor viscosidade na temperatura de 20°C e o óleo comercial apresentou maior viscosidade na temperatura de 60°C. A 40°C, temperatura utilizada na extração por centrifugação neste estudo, os óleos das variedades, Margarida e Hass, apresentaram valores de viscosidade similares. A equação de Arrhenius apresentou um bom ajuste do efeito da temperatura na viscosidade aparente dos óleos, refletindo em uma mesma alteração na viscosidade quando submetidos à mesma variação térmica. O óleo da variedade Margarida apresentou energia de ativação próxima a do óleo comercial.

Os óleos das variedades, Margarida e Hass, e comercial apresentaram índice de acidez e peróxidos inferior ao estabelecido pela legislação, porém valores de totox e de compostos polares igual e superior ao recomendável. O índice de estabilidade oxidativa foi maior para o comercial, seguido pelo da variedade Hass e Margarida. O teor de clorofila foi maior para o óleo comercial, seguido por Hass e Margarida.

Dentre os ácidos graxos, o ácido oleico foi predominante em todos os óleos. O óleo da variedade Margarida apresentou concentração superior de ácido palmítico, linoleico e linolênico, enquanto o da variedade Hass apresentou quantidade expressiva de palmitoleico. O óleo da variedade Margarida foi o que apresentou maior porcentagem de ácidos graxos saturados e poli-insaturados.

Para o óleo da variedade Margarida, os triacilgliceróis obtidos em maiores quantidades foram: POO, OOO, OLO, PLO e POP. Para o óleo da variedade Hass, foram: POO, OOO, OLO, OPoO e PPOO e para o comercial, o triacilglicerol que mais

se destacou foi OOO, seguido por POO e OLO, o que é confirmado pela quantidade significativa de ácido oleico encontrado para este óleo.

Dentre os fitosteróis, o constituinte principal encontrado foi o β -sitosterol para os três óleos, destacando-se no óleo da variedade Margarida. Também foram identificados teores significativos de Δ^7 -avenasterol nos óleos estudados. O óleo da variedade Margarida apresentou quantidade total de fitosteróis superior aos demais. Os valores de fitosteróis encontrados nos óleos de abacate extraídos por centrifugação foram superiores aos encontrados nos óleos extraídos por Bligh & Dyer. Pode-se considerar que o método de extração por centrifugação foi melhor na extração e preservação dos fitosteróis.

O α -tocoferol foi predominante nos três óleos estudados, com destaque do óleo da variedade Margarida. O valor de Vitamina E foi superior para o óleo Margarida, seguido por Hass e comercial. Nota-se por meio dos métodos Bligh Dyer e Soxhlet, o potencial dos óleos de abacate em tocoferóis, devido aos elevados valores encontrados, superiores aos dos óleos extraídos por centrifugação e por apresentar o γ -tocoferol em quantidades significativas.

Os óleos apresentaram comportamento similar entre os sistemas DPPH^{*}, FRAP e ABTS^{*+}. O óleo da variedade Margarida, demonstrou maior atividade antioxidante e Hass obteve menor atividade pelos sistemas estudados. A atividade antioxidante correlacionou-se significativamente com a quantidade de tocoferóis totais, ou seja, óleos com maiores concentrações de tocoferóis apresentaram maiores atividades antioxidantes.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, os óleos de abacate apresentaram melhor comportamento durante o processo de aquecimento e armazenamento, para Margarida e Hass, respectivamente. É importante ressaltar que os óleos de abacate utilizados neste estudo apresentaram-se inadequados para consumo ao final do aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente. Isso indica que, de alguma forma, deve-se ocorrer melhorias no processo, quer seja durante o preparo da matéria-prima, a extração ou o armazenamento do óleo.

O abacate da variedade Margarida, produzido em maior quantidade no Brasil, se apresentou como uma boa matéria-prima para produção de óleo, assim como o da variedade Hass, que já sendo usado em alguns países. O óleo de abacate da variedade Margarida, apresentou resultados surpreendentes de β -sitosterol, α -tocoferol e vitamina E, o que pode ser de grande interesse para uso em cosméticos

e na indústria farmacêutica, como suplemento alimentar e o óleo da variedade Hass por apresentar maior estabilidade e cor verde intensa, característica do óleo de abacate, pode ter sua aplicação mais direcionada para fins comestíveis. O Azeite de oliva apresentou valor superior de ácido oleico, porém valores inferiores de físteróis e tocoferóis em relação aos óleos de abacate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6. ed. Champaign, 2009.

ANTONIOSI FILHO, N. R., O. L. MENDES AND F. M. LANÇAS. 1995. Computer prediction of triacylglycerol composition of vegetable oils by HRGC. *Chromatographia*. 40:557–562.

ARAIN, S. et al. Oxidative stability assessment of *Bauhinia purpurea* seed oil in comparison to two conventional vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat methods. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 484, n. 1-2, p. 1-3, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). **Official Methods of Analysis**. EUA, 2005.

BIZIMANA, V.; BREENE, W. M.; CSALLANY, A. S. Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 70, n. 8, p. 821- 822, 1993.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Of Biochemistry And Physiology**, Toronto, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRANCO, I.G. **Suco de laranja concentrado – comportamento reológico a baixas temperaturas**. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1995.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Resolução n. 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de

setembro de 2005, p. 2134.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n°. 269, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005. Aprova o **Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Brasília, 2005.

BORGES, S. V. et al. Chemical composition of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) seeds. **Química Nova**, Sao Paulo, v. 30, n. 1, p. 49-52, 2007.

CANCIAM, C. A. Efeito da temperatura na viscosidade de óleos vegetais refinados. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia**, v. 16, n. 1, p. 7-12, 2010.

CANCIAM, C.A. Predição do coeficiente de expansão térmica e da energia de ativação do óleo de mamona através da aplicação da análise de regressão linear. **Revista E-xacta**, v. 4, n. 3, p. 7-18, 2011.

CASTRO, A.G, COVAS, J.A.; DIOGO, A.C. Reologia e suas aplicações industriais. **Coleção Ciência e Técnica**, Instituto Piaget, Lisboa, 2001.

CASTRO, A. L., **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 334 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Área de Interinidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo (USP), 2007.

CHEIKH-ROUHO, S.; BESBES, S.; LOGNAY, G.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Sterol composition of black cumim (*Nigella sativa* L.) and aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seed oils. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 2, p. 162-168, 2008.

CHEUNG, S. C.; SZETO, Y. T.; BENZIE, I. F. Antioxidant protection of edible oils. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 62, n. 1, p. 39-42, 2007.

CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry of deep-fat frying oils. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 5, p. 77-86, 2007.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

CREDIDIO, E. V. **Efeitos Funcionais do Abacate**. Editora Ottoni: Itu - SP, 2º Edição, p. 284, 2008.

III Diretrizes Brasileiras sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção de Aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2001.

DUCHATEAU, G. S. M. J. E. et al. Fast and accurate method for total 4-desmethyl sterol's, content in spreads, fat-blends and raw materials. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 79, n. 3, p. 273-278, 2002.

EYRES L, SHERPA NL, HENDRIKS G. Avocado oil: a new edible oil from Australasia. **Journal Lipid Technology**, v. 13, p. 84 - 88, 2001.

FAO – **Medium-term Projections for World Supply and Demand to 2010 for Tropical Fruits**. Intergovernmental Group on Banana and on Tropical Fruits. Spain, december, 2003. <Disponível em <http://www.fao.org>>. Acesso em 16 de maio de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat>>. Acesso em 10 de maio de 2013.

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. Disponível em <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em 05 de junho de 2013.

GERBER, G. S. Phytotherapy for benign prostatic hyperplasia. **Current Urology Reports**, v. 3, p 285-291, 2002.

GRATÃO, A.C.A.; BERTO, M.I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido

invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 4, v. 24, p. 652-656, 2004.

GUTIERREZ-ROSALES F.; GARRIDO-FERNANDEZ J.; GALLARDO-GUERRERO L.; GANDUL ROJAS B.; MINGUES-MOSUERA MI. Action of chlorophylls on the stability of virgin olive oil. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, Chicago, 866-871, 1992.

HEMEDA, H. M.; KLEIN, B. P. Effects of naturally antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 1, p. 184-185, 1990.

HICKS, K. B.; MOREAU, R. A. Phytosterols and phitostanols: functional food cholesterol busters. **Food Technology**, Chicago, v. 55, p. 63-67, 2001.

HU, F. B.; MANSON, J. E.; WILLET, W. C. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. **Journal of the American College of Nutrition**, Boston, v. 20, n. 1, p. 519, 2001.

JORGE, N.; GONÇALVES, L. A. G. Aditivos utilizados em óleos e gorduras de frituras. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 40-47, 1998.

KAIJSER, A.; DUTTA, P.; SAVAGE, G. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. **Food Chemistry**, London, v. 71, n. 1, p. 67-70, 2000.

KALANTZAKIS, G. et al. Stability and radical scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 108, n. 4, p. 329-335, 2006.

KAMAL-ELDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 108, n. 12, p. 1051- 1061, 2006.

KMIECIK, D., KORCZAK, J., RUDZINSKA, M., GRAMZA-MICHALOWSKA, A., & HES, M. Stabilization of phytosterols in rapeseed oil by natural antioxidants during heating. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 111, n. 11, p. 1124 - 1132, 2009.

KOSKI, A., PSOMIADOU, E., TSIMIDOU, M., HOPIA, A., KEFALAS, P., WAHALA, K., et al. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and cold-pressed rapeseed oil. **European Food Research and Technology**, v. 214, n. 4, p. 294-298, 2002.

LAMPI, A. M., JUNTUNEN, L., TOIVO, J., PIIRONEN, V. Determination of thermooxidation products of plant sterols. **Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 777, n. 1 - 2, p. 83-92, 2002.

LAW, M. R. Plant sterol and stanol margarines and health. **British Medical Journal**, London, v. 320, p. 861-864, 2000.

LUMLEY, I. D. Frying of foods: principles, changes, new approaches; Varela, G.; Bender, A. E.; Morton, I. D., eds.; Ellis Horwood: Chichester, 1988, p. 166.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of the lipid fraction of *Annona crassiflora* Mart. seeds. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, p. 231-235, 2013.

MALACRIDA, C. R. **Caracterização de óleos extraídos de sementes de frutas: composição de ácidos graxos, tocoferóis e carotenoides**. 2009. 105 f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

MERRILL, Lilon I. et al. Oxidative Stability of Conventional and High-Oleic Vegetable Oils with Added Antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, n. 85, p.771-776, 03 jun. 2008.

MONTENEGRO, H. W. S. **A cultura do abacateiro**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1961.

NAKIB, A. et al. Evaluation of antioxidant activities of phenolic compounds from two extra virgin olive oils. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, n. 7, p. 711-715, 2010.

OLIVEIRA A. F., CRUZ M. C. M., OLIVEIRA D. L., SILVA L. F. O. Óleo de abacate, uma alternativa para o azeite de oliva. **Circular Técnica da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n. 114, p. , 2010.

ORTHOEFER, F. T. Vegetable oils. In: BAILEY, A. E. (Ed.). **Bailey's industrial oil & fat products**. 5th ed. New York: John Wiley, 1996. p. 19-43.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melípona scutellaris*, L.). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, n. 2, v. 5, p. , 2003.

PHILLIPS, K. M.; RUGGIO, D. M.; ASHRAF-KHORASSANI, M. Phytosterol composition of nuts and seed commonly consumed in the Unites States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 9436-9445, 2005.

RAO, M.A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M.A.: RIZVI, S.S.H. (eds) **Engineering propertires of foods**. New York: Marcel Dekker, p. 1-47, 1986.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A. S.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RODRIGUES J. N.; MANCINI-FILHO J.; TORRES R. P.; GIOIELLI L. A.; Physico-chemical characterization of a phytosterol ester enriched margarine. **Brazilian Journal Pharmaceutical Sciences**, v. 40, n. 4, p. 506-519, 2004.

ROSALES, G. Determinacion de la estabilidad oxidativa de aceite de oliva virgenes: comparacion entre el metodo del oxigeno activo (AOM) y el metodo Rancimat. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 40, n.1, p. 1-5, 1989.

RUDZINSKA, M., KORCZAK, J., & WASOWICZ, E. Changes in phytosterols and their oxidation products during frying of French fries in rapeseed oil. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 14, n. 4, p. 381-387, 2005.

SALGADO, J. M.; BIN, C.; CORNÉLIO, A. R. Efeito do abacate (*Persea americana* Mill) variedade Hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 2005, Campinas.

SAURA-CALIXTO, F.; GOŇI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, London, v. 94, n. 3, p. 442-447, 2006.

SCHMIDT, S.; POKORNÝ, J. Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids – a review. **Czech Journal of Food Science**, Prague, v. 23, n. 3, p. 93-102, 2005.

SEGURA, R.; JAVIERRE, C.; LIZARRAGA, M. A.; ROS, E. Other relevante componentes of nuts: phytosterols, folate and minerals. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 2, p. 36-44, 2006.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics**: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic, 1995.

SIX, P. Current research in natural food antioxidants. **Inform**, Champaign, v. 5, n. 6, p. 679-687, 1994.

SOARES, S. E.; MANCINI FILHO, J.; DELLA MODESTA, R. C. Sensory detection limits of avocado oil in mixtures with olive oil. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 32, n. 5, p. 509-516, 1992.

SOUPAS, L., JUNTUNEN, L., SAYNAJOKI, S., LAMPI, A., & PIIRONEN, V. GC - MS method for characterization and quantification of sitostanol oxidation products. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 81, n. 2, p. 135 - 141, 2004.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Freeman

Press, p. 412, 1996.

STEIL, F. L.; TELLES, M. M.; BLOCK, J. M. Evaluación de la calidad y estabilidad del aceite virgen de girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el almacenamiento. **Aceites Y Grasas**, Florianópolis, v. 4, n. 77, p.654-658, dez. 2009.

STREIT, N. M. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; DIANOCZKI, C.; RECSEG, K.; KARLOVITS, G. Y.; SZŁYK, E. Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. **Talanta**, London, v. 76, n. 4, p. 899-905, 2008.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 147-156, 2005.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 17-23, 2004.

TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. Óleo de abacate. In: **Abacate** – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, p. 156-192, 1992.

TEISSEDRE, P. L., WATERHOUSE, A. L. Inhibition of oxidation of human lowdensity lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 9, p. 3801-3805, 2000.

TUBEROSO, C. I. G. *et al.* Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, London, v. 103, n. 4, p. 1494-1501, 2007.

TURATTI, J. M.; CANTO, W. L. Insaponificáveis do óleo de abacate. **Boletim ITAL**. Campinas, v. 22, n. 3, p. 311-29, 1985.

TURATTI, J. M.; SANTOS, L. C.; TANGO, J. S.; ARIMA, H. K. Caracterização do

óleo de abacate obtido por diferentes processos de extração. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 22, p. 267-284, 1985.

TYAGI, V. K et al. Changes in the characteristics and comparison of the oils during deep-fat frying. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 73, n. 4, p. 499-506, 1996.

VENDRÚSCULO, A.T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola L.*)**. 90f Dissertação Mestrado em Engenharia de Alimentos), Área de desenvolvimento de processos da indústria de alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

WAN, P. J. Accelerated stability methods. In: WARNER, K.; ESKIN, N. A. M. (Eds.), Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods. **American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. , p. 179-189, 1995.

WOOLF A., WONG M., EYRES L., MCGHIE T., LUND C., OLSSON S., WANG Y., BULLEY C., WANG M., FRIEL E., REQUEJO-JACKMAN C. Avocado Oil. In: Kamel-Eldin A, Moreau R (eds) Gourmet and health-promoting specialty oils. **AOCS Press, Urbana**, p. 73 - 126, 2009.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, N. V. Inhibiting oxidation. In: POKORNÝ, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. H. (Ed.). **Antioxidants in food: practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, p. 22-70, 2003.