



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM**  
**GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

**GABRIELA CHAVES VALENTE**

**Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana Mill.*) utilizando diferentes métodos de extração**

Salvador  
2020

**GABRIELA CHAVES VALENTE**

**Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana Mill.*) utilizando diferentes métodos de extração**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Gestão e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado Gestão e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dra. Bruna Aparecida Souza Machado

Coorientador: Prof. Dra. Tatiana Barreto Rocha Nery

Salvador  
2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

V154c Valente, Gabriela Chaves

Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana Mill.*) utilizando diferentes métodos de extração / Gabriela Chaves Valente. – Salvador, 2020.

117 f. : il. color.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bruna Aparecida Souza Machado.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiana Barreto Rocha Nery.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.

Inclui referências.

1. Polpa de abacate. 2. Semente de abacate. 3. Bio-resíduo. 4. Ácidos graxos. 5. Métodos de extração – Óleo - Abacate. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Machado, Bruna Aparecida Souza. III. Nery, Tatiana Barreto Rocha. IV. Título.

CDD: 664

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada "Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana* Mill.) utilizando diferentes métodos de extração" apresentada no dia 07 de fevereiro de 2020, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientadora:

  
Prof.ª Dr.ª Bruna Aparecida Souza Machado  
SENAI CIMATEC

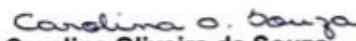
Coorientadora:

  
Prof.ª Dr.ª Tatiana Barreto Rocha Nery  
FIEB

Membro Interno:

  
Prof. Dr. Joyce Batista Azevedo  
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

  
Prof.ª Dr.ª Carolina Oliveira de Souza  
UFBA

## **GABRIELA CHAVES VALENTE**

### **Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana Mill.*) utilizando diferentes métodos de extração**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial, Centro Universitário SENAI CIMATEC.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2020.

#### Banca Examinadora

Prof. Dra. Bruna Aparecida Souza Machado – Orientador \_\_\_\_\_  
Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil  
Centro Universitário SENAI CIMATEC

Prof. Dra. Tatiana Barreto Rocha Nery – Coorientador \_\_\_\_\_  
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil  
Centro Universitário SENAI CIMATEC

Joyce Batista Azevedo – Membro Interno \_\_\_\_\_  
Doutora em Engenharia de Materiais, Campina Grande, Brasil  
Universidade do Recôncavo da Bahia – UFRB

Carolina Oliveira de Souza – Membro externo \_\_\_\_\_  
Doutora em Medicina e Saúde pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Dedico este trabalho a minha família e amigos

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força, pelo entusiasmo e pela persistência concedida nessa caminhada.

A minha família pela confiança depositada em mim e pelo imenso amor e compreensão nos momentos mais difíceis que surgiram ao longo dessa etapa. A meu esposo Vinicius Morais Fiuza Souza, que sempre acreditou em mim e nunca deixou que eu desistisse desse meu sonho!

Ao Centro Universitário SENAI CIMATEC pela oportunidade que possibilitou minha formação acadêmica, a realização deste projeto e realização pessoal.

A minha orientadora Professora Dra. Bruna Aparecida Souza Machado pela oportunidade, confiança, força, atenção e por todo conhecimento adquirido ao longo destes anos. Também pelo exemplo de dedicação, profissionalismo e determinação.

À minha coorientadora Dra. Tatiana Barreto Rocha Nery, pelo apoio dado nas correções dos meus trabalhos e por todo conhecimento ofertado.

À Gabriele Abreu e Jamile Cerqueira, pessoas indispensáveis para realização do meu trabalho experimental, do Laboratório de Biotecnologia e Alimentos, Centro Universitário SENAI CIMATEC, exemplos de determinação e dedicação e por terem enorme paciência para ajudar em todos os momentos e em todas as análises.

As minhas eternas amigas fora do ambiente universitário: Cátia Giane, Andrea Pinho que sempre me estimularam e me apoiaram nessa longa jornada.

*“A persistência é o menor caminho do êxito”.*

Charles Chaplin

## RESUMO

O abacate (*Persea americana Mill.*), é considerada uma fruta tropical originária da América Central, com características nutricionais e organolépticas atrativas, destacando-se a quantidade de lipídios com alto teor de ácidos graxos insaturados que trazem benefícios à saúde. Desta forma, o objetivo deste estudo foi extrair o óleo da polpa e semente do abacate, utilizando dois diferentes métodos de extração, assistido ou não por ultrassom. Foram obtidas quatro amostras de óleo para cada matriz estudada (polpa e semente) através dos dois métodos empregados (Bligh & Dyer – método de extração a frio – e por Soxhlet – método de extração a quente), assistidos ou não por ultrassom (30 min, 30°C, 280w). Foi realizada a caracterização físico-química das amostras, e os óleos obtidos foram avaliados quanto ao perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa. Em relação a avaliação do potencial tecnológico do óleo, realizou-se uma estratégia de busca na base de dados da Derwent Innovation Index (DII) que compila o acervo de documentos depositados em todo o mundo. A polpa e a semente apresentaram elevados teores de umidade, 85,6% e 63,5% respectivamente. Em relação a extração do óleo na polpa do abacate o método Soxhlet assistido por ultrassom (15,40%), apresentou melhor rendimento, entretanto, para a semente, o método Soxhlet sem ultrassom (6,02%) apresentou melhor rendimento. Independentemente do método de extração, foram extraídos e identificados oito ácidos graxos para o óleo obtido a partir da polpa, e dez a partir da semente. A utilização do Soxhlet com ultrassom foi mais eficiente para a extração de um maior percentual de AGS (32,87%) a partir da polpa e AGMI (27,94%) a partir da semente. A aplicação do Bligh & Dyer com ultrassom resultou em uma maior extração de AGMI (53,74%) para o óleo obtido a partir da polpa e maior conteúdo dos AGPI (52,35%) para a semente. De forma geral, pode-se concluir que a aplicação de ondas ultrassônicas de baixa frequência exerceu um efeito positivo na extração do óleo da polpa do abacate, bem como, para a obtenção de alguns ácidos graxos de interesse, tanto na polpa quanto na semente. A partir da análise na base de patentes, identificou-se um total de 144 documentos, com um crescimento no número de depósitos de patentes a partir de 2011. Desta forma, conclui-se que o abacate é uma importante fonte para a extração de óleo de alta qualidade com grande potencial a ser comercializado e explorado.

**Palavras-chave:** abacate; polpa e semente de abacate; bio-resíduo; óleo; ácidos graxos; métodos de extração.

## ABSTRACT

Avocado (*Persea americana* Mill.), is considered a tropical fruit originally from Central America, with attractive nutritional and organoleptic characteristics, highlighting the amount of lipids with a high content of unsaturated fatty acids that bring health benefits. Thus, the objective of this study was to extract the oil from the pulp and seed of the avocado, using two different extraction methods, assisted or not by ultrasound. Four oil samples were obtained for each matrix studied (pulp and seed) using the two methods employed (Bligh & Dyer - cold extraction method - and Soxhlet - hot extraction method), assisted or not by ultrasound (30 min, 30 ° C, 280w). The physical-chemical characterization of the samples was carried out, and the oils obtained were evaluated for fatty acid profile by gas chromatography. In relation to the evaluation of the technological potential of oil, a search strategy was carried out on the Derwent Innovation Index (DII) database, which compiles the collection of documents deposited worldwide. The pulp and the seed showed high moisture content, 85.6% and 63.5% respectively. Regarding the extraction of oil in the avocado pulp, the Soxhlet method assisted by ultrasound (15.40%), showed better yield, however, for the seed, the Soxhlet method without ultrasound (6.02%) showed better yield. Regardless of the extraction method, eight fatty acids were extracted and identified for the oil obtained from the pulp, and ten from the seed. The use of Soxhlet with ultrasound was more efficient to extract a higher percentage of AGS (32.87%) from the pulp and AGMI (27.94%) from the seed. The application of Bligh & Dyer with ultrasound resulted in a greater extraction of AGMI (53.74%) for the oil obtained from the pulp and greater content of AGPI (52.35%) for the seed. In general, it can be concluded that the application of low frequency ultrasonic waves had a positive effect on the extraction of oil from the pulp of the avocado, as well as, to obtain some fatty acids of interest, both in the pulp and in the seed. From the analysis of the patent base, a total of 144 documents were identified, with an increase in the number of patent filings as of 2011. Thus, it is concluded that avocado is an important source for oil extraction. high quality with great potential to be commercialized and exploited.

**Keywords:** avocado; pulp and seed of avocado; bio-waste; oil; fatty acids; extraction methods.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 3. Revisão de Literatura

Tabela 1: Principais estudos que avaliaram a composição físico-química do abacate (valor em %). .....	37
Tabela 2: Principais estudos que avaliaram a composição físico-química do abacate e seus efeitos sob a saúde.....	39
Tabela 3: Principais ácidos graxos constituintes da fração lipídica do abacate (polpa e semente), encontrado na literatura (valor em %). .....	41
Tabela 4: Comparação entre a composição de ácido graxo do óleo de abacate em relação ao azeite de oliva (valor em %). .....	46
Tabela 5: Comparação de parâmetros de qualidade entre óleo de abacate e azeite de oliva .....	47
Tabela 6: Estudos relativos aos métodos de extração do óleo de abacate e suas principais características.....	49

### Capítulo 5. Artigo 2

Tabela 1: Condições experimentais para obtenção do óleo da polpa e semente de abacate.....	85
Tabela 2: Caracterização físico-química das partes do abacate (polpa e semente).....	90
Tabela 3: Colorimetria da polpa e semente de abacate .....	91
Tabela 4: Rendimento do óleo da polpa e semente do abacate obtidos por diferentes métodos.....	92
Tabela 5: Quantificação por normalização (%) dos ácidos graxos avaliados na polpa e semente de abacate (média±desvio padrão). .....	96
Tabela 6: Somatório dos ácidos graxos presentes na polpa e semente de abacate por normalização (%). .....	100

## LISTAS DE FIGURAS

### Capítulo 3. Revisão de Literatura

Figura 1-Principais variedades de abacate comercializadas no Brasil .....	34
Figura 2:Polpa do Abacate ( <i>Persea Americana Mill.</i> ) .....	42
Figura 3: Semente de abacate.....	44

### Capítulo 4. Artigo 1

Figura 1: Methodological flowchart of the research based on patents used to elaborate the technological prospection on avocado oil. ....	59
Figura 2: Annual evolution of patent deposits on avocado oil between 1993 and 2017.....	59
Figura 3: Major countries and patent deposit organizations between 1993 and 2017 on avocado oil. Source: Thomson Innovation©, 2019, adapted.....	61
Figura 4: World avocado production by country in 2016 (in tons), (B) number of patent deposits per country. Source: The Statistics Portal (62), adapted.....	62
Figura 5: Major patent depositors from 1993 to 2017 on avocado oil.....	62
Figura 6: Percentage of the number of patents per type of depositor.....	63
Figura 7: Percentage by area of the International Patent Classification code(IPC).....	63

### Capítulo 5. Artigo 2

Figura 1: Valor médio de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados presentes no óleo extraído da polpa e da semente de abacate.....	93
Figura 2: Ácidos graxos majoritários presentes na composição do óleo da polpa e semente de abacate.....	95

# SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 1. Introdução Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Objetivo Geral .....	18
2.1.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>2.2 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 2. Revisão de Literatura .....</b>	<b>33</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 ABACATE .....</b>	<b>33</b>
3.1.1 Perfil físico-químico e benefícios nutricionais do abacate.....	35
3.1.2 Polpa do Abacate .....	42
3.1.3 Semente do Abacate.....	43
3.1.4 Óleo do abacate .....	45
<b>3.2 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA POLPA E DA SEMENTE DO ABACATE .....</b>	<b>47</b>
3.2.1 Extração por Soxhlet.....	51
3.2.2 Extração por Bligh & Dyer .....	52
3.2.3 Extração Assistida por Ultrassom .....	53
<b>3.3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>Capítulo 3. Artigo 1 .....</b>	<b>69</b>
<b>4 ARTIGO 1: Technological Potential of Avocado Oil: Prospective Study Based on Patent Documents. ....</b>	<b>69</b>
<b>Capítulo 4. Artigo 2.....</b>	<b>81</b>

<b>5 ARTIGO 2: Efeito de diferentes métodos extrativos assistidos por ultrassom na caracterização do perfil de ácidos graxos do óleo da polpa e da semente do abacate (<i>Persea americana Mill.</i>)</b> .....	<b>81</b>
<b>5.1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>5.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>86</b>
5.2.1 Material e Reagentes.....	86
5.2.2 Obtenção das amostras.....	86
5.2.3 Avaliação da composição físico-química da polpa e semente do abacate.....	86
5.2.4 Colorimetria.....	87
5.2.5 Preparo das amostras para extração do óleo.....	87
5.2.7 Identificação e quantificação de ácidos graxos por cromatografia gasosa.....	88
5.2.8 Análise Estatística.....	89
<b>5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>89</b>
<b>5.4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>103</b>
<b>5.5 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>104</b>
<b>Capítulo 5. Considerações Finais</b> .....	<b>118</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>118</b>
<b>6.1 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>119</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi organizada no formato de capítulos para uma melhor apresentação e entendimento, possuindo no total cinco capítulos, conforme descrito a seguir:

O **capítulo 1** constitui a introdução geral da dissertação, bem como os seus objetivos. Neste capítulo o contexto geral do trabalho, bem como, as justificativas são apresentadas e são detalhados o objetivo geral e objetivos específicos.

O **capítulo 2** apresenta a revisão da literatura a qual é dividida em dois tópicos principais. O primeiro discute sob o abacate (polpa e semente) e suas principais características e composição físico-químicas, sendo subdividido em quatro subtópicos. O segundo tópico discute sobre os principais métodos de extração para obtenção do óleo tanto da polpa quanto da semente do abacate, ambos baseados nas principais produções científicas sob o tema abordado.

O **capítulo 3** apresenta um artigo publicado em maio de 2019 na revista *Recent Patents on Biotechnology*, como parte do desenvolvimento dos objetivos específicos desse trabalho. Refere-se ao potencial tecnológico do óleo do abacate baseado na análise de documentos de patentes. Os resultados deste trabalho demonstraram que embora as pesquisas em relação ao óleo do abacate ser incipiente, ele possui elevado potencial tecnológico tendo em vista as características do produto.

O **capítulo 4** apresenta o segundo artigo desenvolvido que refere-se a extração e caracterização química do óleo da polpa e semente do abacate (*Persea americana Mill.*) obtidos por diferentes métodos assistidos ou não por ultrassom, bem como, apresenta a análise comparativa em relação ao perfil de ácidos graxos dos óleos obtidos.

O **capítulo 5** apresenta as considerações finais do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros

# Capítulo 1. Introdução Geral

## 2 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana Mill.*) é uma fruta muito consumida mundialmente, destacando-se também pelo grande interesse das indústrias cosméticas e farmacêuticas na utilização do óleo obtido para aplicação em diferentes produtos. Entretanto, aproximadamente 30% do abacate pode ser considerado como um bio-resíduo formado pela casca e semente, que é uma fonte potencial de compostos bioativos, como os ácidos graxos essenciais (FLORES et al., 2019) e fonte de compostos fenólicos (MELGAR et al., 2017).

Dessa forma, a semente do abacate é classificada como um subproduto do processamento da fruta, oriunda principalmente do processo de extração da polpa (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016). Alguns estudos demonstraram que a semente do abacate é rica em óleo e compostos fenólicos, mas apesar disso, predominantemente apenas a polpa desse fruto tem sido utilizada pela indústria de alimentos e cosméticos (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016; CORZZINI et al., 2017). Dessa forma, grandes quantidades de resíduos são geradas durante o processamento da polpa, e apesar de não apresentarem um valor comercial associado, possuem ainda grande potencial de aplicação, principalmente no que diz respeito a obtenção de óleo e/ou compostos bioativos (MELGAR et al., 2017).

Em relação a composição físico-química, ressalta-se que o abacate é considerado um fruto rico em gordura, onde sua grande maioria é formada por ácidos graxos insaturados, sendo que em torno de 70% destes ácidos graxos são representados pelos ácidos oléico (C18:1 n-9), ácido linoleico (C18:2 n-6) e ácido linolênico (C18:3 n-3), substâncias relacionadas a prevenção de doenças cardiovasculares (AMERICANA et al., 2010; BORA et al., 2001; CHEL-GUERRERO et al., 2016; CORZZINI et al., 2017; DE SOUSA GALVÃO; NARAIN; NIGAM, 2014; MELGAR et al., 2017; SALGADO et al., 2008a). Além da sua composição lipídica rica em ácidos graxos insaturados, o fruto é composto por outros componentes que são benéficos a saúde, tais como: tocoferol, fitosterol e luteínas (DUARTE et al., 2017; HURTADO-FERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ; CARRASCO-PANCORBO, 2018a; MELGAR et al.,

2017; ORHEVBA; JINADU, 2011). O óleo extraído da polpa do abacate também tem propriedades emulsificantes, que é muito importante para a aplicação em cosméticos e em alguns alimentos (BORA et al., 2001; SEGOVIA et al., 2018).

É importante destacar que essas substâncias e propriedades são encontradas tanto na polpa do fruto quanto na semente, porém atualmente a maior parte da extração e o beneficiamento do óleo e dos compostos bioativos são adquiridas a partir da polpa do abacate (CORZZINI et al., 2017; DUARTE et al., 2017; FURLAN et al., 2017; HURTADO-FERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ; CARRASCO-PANCORBO, 2018a). Entretanto esse cenário vem sendo modificado, pois cada vez mais as indústrias têm utilizado subprodutos ou resíduos gerados na agroindústria para obtenção de produtos de alto valor agregado. Dessa forma, a semente de abacate, considerada um resíduo de baixo valor agregado, vem despertado o interesse da comunidade científica e das indústrias como matéria-prima para obtenção de óleo com alta capacidade antioxidante e elevado valor nutricional (CORZZINI et al., 2017; FIGUEROA et al., 2018; ORGANIC PURE OIL, 2018). Ressalta-se que a qualidade e composição dos extratos, óleos e produtos obtidos a partir de amostras vegetais estão fundamentalmente relacionadas com a técnica de extração, bem como, o tipo de solvente empregado (BEN MOHAMED et al., 2016b) . A extração por solventes orgânicos é uma das técnicas comumente utilizada para a obtenção do óleo de diferentes produtos, pois apresenta alto rendimento de extração, entretanto, não é seletiva para a obtenção de alguns compostos bioativos quando presentes no óleo (MASSAFERA et al., 2010). Para a extração por solvente, geralmente usa-se o hexano em função da sua elevada estabilidade, baixa perda por evaporação, baixa corrosividade, pouco resíduo lipídico gerado e melhor sabor e odor (BUOSI, 2013). A extração mecânica por prensagem a frio, apesar de ser uma tecnologia limpa, apresenta baixo rendimento (MASSAFERA et al., 2010), dificultando o processo para matrizes que não possuem grandes quantidades de óleo em sua composição. Dessa forma, a extração de óleos assistida por ultrassom tem sido reconhecida por seu potencial de aplicação industrial para diferentes matrizes, tendo em vista que pode contribuir para aumentar o rendimento de extração, a qualidade do óleo extraído, seletividade do processo, e ainda, reduzir o tempo de extração. A eficiência desta

técnica tem sido atribuída à propagação de ondas do ultrassom e aos fenômenos decorrentes de cavitação (TAN et al., 2018).

Neste contexto, a justificativa deste trabalho baseia-se em três pontos principais: (1) identificar o melhor método de extração para obtenção do óleo da polpa e semente de abacate, bem como, avaliar se a extração assistida por ultrassom melhora o rendimento e qualidade do produto obtido, o que é de grande importância e interesse para as indústrias de alimentos, farmacêutica e cosmética, tendo em vista o potencial de aplicação do óleo de abacate para desenvolvimento de produtos; (2) conhecer o perfil de ácidos graxos, e conseqüentemente o potencial de aplicação do óleo da semente do abacate é de grande relevância para a comunidade científica e industrial, pois além de contribuir para a valorização deste subproduto revela o potencial para aplicação em novos produtos; e ainda (3) realizar uma análise comparativa entre as duas técnicas empregadas para a obtenção do óleo da polpa e semente do abacate o que permitirá o desenvolvimento de novos estudos ou novos produtos utilizando o produto mais adequado a depender do seu tipo de aplicação. Destaca-se por fim que são escassos os estudos que investigam a obtenção do óleo a partir da semente de abacate tendo em vista que a maior importância tecnológica está relacionada ao óleo extraído da polpa.

## 2.1 OBJETIVOS

### 2.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi realizar a extração e caracterização do óleo da polpa e semente do abacate utilizando dois diferentes métodos de extração (Soxhlet e Bligh & Dyer), assistido ou não por ultrassom.

### 2.1.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar um estudo de prospecção tecnológica utilizando base de patentes para avaliar o potencial tecnológico do óleo de abacate para o desenvolvimento e aplicação em produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos.
2. Realizar a caracterização físico-química da polpa e semente do abacate

3. Extrair e comparar os óleos obtidos pelos diferentes métodos extrativos (Soxhlet e Bligh & Dyer, assistido ou não por ultrassom) em relação ao: (i) rendimento e (ii) perfil de ácidos graxos e identificar a melhor técnica empregada;
4. Realizar uma análise comparativa do perfil de ácidos graxos presentes no óleo da polpa e no óleo da semente de abacate;

## 2.2 REFERÊNCIAS

ADARAMOLA, B.; ONIGBINDE, ADEBAYO SHOKUNBI, O. Physiochemical properties and antioxidant potential of Persea Americana seed oil. **Chemistry International**, v. 2, n. 3, p. 168–175, 2016.

AL-DOSARI, S. Hypolipidemic and antioxidant activities of avocado fruit pulp on high cholesterol fed diet in rats. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5, n. 12, p. 1475–1483, 2011.

ALBERTO ARIZA ORTEGA, J.; REYNA ROBLES LÓPEZ, M.; RENÉ ROBLES DE LA TORRE, R. **Effect of electric field treatment on avocado oil**, 2013.

ALBERTO NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. et al. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (*Persea americana*): uma revisão integrativa. **J. Food Technol**, 2018.

ALIAKBARZADEH, G.; SERESHTI, H.; PARASTAR, H. Fatty acids profiling of avocado seed and pulp using gas chromatography–mass spectrometry combined with multivariate chemometric techniques. **Journal of the Iranian Chemical Society**, v. 13, n. 10, p. 1905–1913, 16 out. 2016.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, 2018a.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, p. 0–4, 2018b.

ALVARES DE OLIVEIRA, M. et al. **Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar fuerte, armazenados em temperatura ambiente** 1 waxes for enhanced shelflife of avocado cultivar fuerte, stored at room temperature **Scientia Agricola**, v. 57, n. 5, p. 777-780, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n4/a28v57n4.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

ALVES PEREIRA, P. **Evolução da produção mundial e nacional de abacate, 2015**.

AMERICANA, A. P. E. et al. Composição De Ácidos Graxos Do Óleo Do

Mesocarpo E Da Semente De Cultivares De. p. 325–331, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos- Uma breve revisão** *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005**, 2005. Disponível em: <<http://www.oliva.org.br/wp-content/uploads/2016/11/resolucao-rdc-n270-22-09-2005.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2019

**AOCS - American Oil Chemists Society. Official methods... - Google Acadêmico**. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs\\_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqpEJ%3Ascholar.goog](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqpEJ%3Ascholar.goog)>. Acesso em: 16 nov. 2019.

ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, n. July, p. 51–60, 2018.

AWOLU, O.; HELIYON, B. Quantitative and qualitative characterization of mango kernel seed oil extracted using supercritical CO<sub>2</sub> and solvent extraction techniques. **Elsevier**, v. 5, p. 03068, 2019.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **FRIN**, v. 44, p. 1866–1874, 2011a.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 1 ago. 2011b.

BARBOSA-MARTÍN, E. et al. Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. **Food and Bioprocess Processing**, v. 100, p. 457–463, 2016.

BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1–6, 2017.

BARROS, N. **Cores na alimentação**, 2010.

BAYRAM, S.; TEPE, S.; TOKER, R. Determination of some physical and chemical changes in fruits of Hass avocado cultivar during harvesting time. **Araştırma Makalesi/Research Article Derim**, v. 33, n. 1, p. 14–26, 2016.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562,

2016a.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562, 1 dez. 2016b.

BENDICHO, C.; LAVILLA, I. Ultrasound Extractions ☆. In: **Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**, v. 41, n. 3, p. 305-321, 2006.

BERASATEGI, I. et al. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 439–446, 1 maio 2012.

BHUIYA, M.; RASUL, M.; KHAN, M. Comparison of oil extraction between screw press and solvent (n-hexane) extraction technique from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum* L.) feedstock. **Elsevier**, v. 144, p. 112024, 2020.

BLIGH, E. G. AND DYER, W. J. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology Issued by The national research council of Canada a rapid method of total lipid extraction and purification**, p. 911-917, 1959. Disponível em: <[www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)>. Acesso em: 9 jun. 2019.

BORA, P. S. et al. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, n. 3–4, p. 171–174, 2001.

BOTHA, B. M. Supercritical fluid extraction of avocado oil. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, 2004.

BREITBACH, M.; BATHEN, D.; SCHMIDT-TRAUB, H. Effect of Ultrasound on Adsorption and Desorption Processes. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 42, n. 22, p. 5635–5646, out. 2003.

BRUM, A. A. S.; DE ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849–854, 2009.

BULDINI, P. L.; CAVALLI, S.; SHARMA, J. L. **Matrix removal for the ion chromatographic determination of some trace elements in milk** **Microchemical Journal**, v. 72, p. 277-284, 2002.

C.I.E. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. **Supplement No.2 to CIE publication**, v. 2, 1978.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of Food and Health. **Choice Reviews Online**, v. 53, n. 08, p. 53-3319-53–3319, 2016.

CALVO, C.; ALIMENTOS, L. D. TECNOLOGÍA DE; 1997, U. Propiedades físicas II. Ópticas y color. **Instituto Politécnico Nacional Cidade**, 1997.

CAMPOS, J. Cultura racional do abacateiro. 1985.

CAROLINE LUÍZ, R.; AKEMI MEDEIROS HIRATA, T.; CLEMENTE, E. **Kinetic of inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase of avocado (Persea americana Mill.)** *Ciênc. agrotec.*, n. 6, p. 1766-1773, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a25v31n6.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

CARVAJAL-ZARRABAL, O. et al. Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. **Disease markers**, v. 2014, p. 386425, 25 fev. 2014.

CHEL-GUERRERO, L. et al. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. **International journal of biological macromolecules**, v. 86, p. 302–308, maio 2016.

CHEMAT, F. et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications A Review. **Ultrasonics - Sonochemistry**, 2016.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Elsevier**, v. 34, p. 540–560, 2017.

CHEN, M. et al. Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. **Elsevier**, 2015.

CORZZINI, S. C. S. et al. Extraction of edible avocado oil using supercritical CO<sub>2</sub> and a CO<sub>2</sub>/ethanol mixture as solvents. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 40–45, 2017.

DABAS, D. et al. Avocado (Persea americana) Seed as a Source of Bioactive Phytochemicals. **Current Pharmaceutical Design**, v. 19, n. 34, p. 6133–6140, 2013.

DAIUTO, É. R. et al. CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE PULP, PEEL AND By PRODUCTS OF AVOCADO 'HASS. **Rev. Bras. Frutic**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 2014a.

DAIUTO, É. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate "Hass". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 1 jun. 2014b.

DE OLIVEIRA REIS, J. H. et al. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, 2019.

DE SOUSA GALVÃO, M.; NARAIN, N.; NIGAM, N. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. **539 Food Sci.**

**Technol, Campinas**, v. 34, n. 3, p. 539–546, 2014.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, 2014a.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, jan. 2014b.

DOTTI MOOZ, E. et al. Physical and chemical characterization of the pulp of different varieties of avocado targeting oil extraction potential Caracterização física e química da polpa de diferentes variedades de abacate visando o potencial para extração de óleo. **Ciênc. Technol. Aliment**, v. 32, n. 2, p. 274–280, 2012.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013a.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, jan. 2013b.

DUARTE, P. F. et al. Avocado: Characteristics, health benefits, and uses. **International News on Fats, Oils and Related Materials**, v. 28, n. 3, p. 28–32, 2017.

ESPINOSA-ALONSO, L. G. et al. Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1–12, 2017.

EWALD, G.; BREMLE, G.; BULLETIN, A. Differences between Bligh and Dyer and Soxhlet extractions of PCBs and lipids from fat and lean fish muscle: implications for data evaluation. **Elsevier**, v. 36, p. 222–230, 1998.

EYRES, L.; SHERPA, N.; TECHNOL, G. H. Avocado oil: a new edible oil from Australasia. p. 84–88, 2001.

**FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TA/metadata>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORETE STATISTICAL DATABASE. **Produção Mundial de Abacate**, 2017.

FARLEY, K. et al. Avocado-related knife injuries: Describing an epidemic of hand injury. **Elsevier**, 2019.

FERNANDO DE OLIVEIRA DA SILVA, L. et al. **Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira Quality variation of olive oil in olive cultivars**

**Bragantia**, n. 2, p. 202-209, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n2/v71n2a08.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015a.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento Scientific Note: Physicochemical characterization of avocado oil extracted by centrifugation and of the process byproducts \*Autor Correspondente | Corresponding Authors | Authors. **Brazilian Journal of Tecnology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015b.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015c.

FERREIRA, B. L. et al. Extração assistida por ultrassom para determinação de Fe, K e Na em amostras de achocolatado em pó. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 236–242, set. 2014.

FIGUEROA, J. G. et al. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 105, p. 752–763, mar. 2018.

FIORI, L. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from seeds of six grape cultivars: Modeling of mass transfer kinetics and evaluation of lipid profiles and tocol contents. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 94, p. 71–80, 1 out. 2014.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019a.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019b.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE, G. H. **A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues**, p.497-509, 1957.

FURLAN, C. P. B. et al. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 349–354, 2017.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. . Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture**, 1970.

GÓMEZ, F. S. et al. Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. **Antioxidants (Basel, Switzerland)**, v. 3, n. 2, p. 439–

454, jun. 2014.

HATZAKIS, E. et al. Perseoragin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. **Elsevier**, v. 293, p. 15–22, 2019.

HERNANDEZ-LOPEZ, S. H. et al. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. **Meat science**, v. 116, p. 186–192, jun. 2016.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit— *Persea americana*. In: **Exotic Fruits**. [s.l.] Elsevier, 2018a. p. 37–48.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit—*Persea americana*. **Exotic Fruits**, p. 37–48, 1 jan. 2018b.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2016.

JAVIER, O. et al. Thermal analysis and antioxidant activity of oil extracted from pulp of ripe avocados Fast Detection of *Listeria monocytogenes* through nanohybrid quantum dot complex View project Síntesis de líquidos iónicos análogos de curcumina con modificación gradual de la lipofilia y estudio de su actividad antitumoral View project. **Article in Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2017.

JORGE, T. Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana* mill) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente. **Aleph**, 2014.

JOSEPH, J. D., & ACKMAN, R. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **ci.nii.ac.jp**, 1992.

JÚNIOR, D. S. et al. **Currents on ultrasound-assisted extraction for sample preparation and spectroscopic analytes determination** **Applied Spectroscopy Reviews**, 2006. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/239395444>>. Acesso em: 12 jan. 2020

KMIECIK, D. et al. b-Sitosterol and campesterol stabilisation by natural and synthetic antioxidants during heating. **Food Chemistry**, 2011.

KRUMREICH, F. D. Obtenção de óleo de abacate por diferentes processos: avaliação da qualidade, perfil de biocompostos e incorporação em fibras ultrafinas de zeína. 1 mar. 2018.

KRUMREICH, F. D. et al. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. **Food Chemistry**, v. 257, p. 376–381, ago. 2018.

LARA-MÁRQUEZ, M. et al. Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v. 64, 1 jan. 2020.

LEITE, J. J. G. et al. Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 2, p. 110–113, abr. 2009.

LERMAN-GARBER, I. et al. Effect of a high-monounsaturated fat diet enriched with avocado in NIDDM patients. **Diabetes care**, v. 17, n. 4, p. 311–315, abr. 1994.

LIU, H. et al. Ultrasound-assisted desolventizing of fragrant oil from red pepper seed by subcritical propane extraction. **Elsevier**, v. 63, p. 104943, 2020.

LÓPEZ-ORDAZ, P. Effect of the extraction by thermosonication on castor oil quality and the microstructure of its residual cake. **Elsevier**, v. 141, p. 111760, 2019.

LU, J. et al. MicroRNA expression profiles classify human cancers. **Nature**, v. 435, n. 7043, p. 834–838, jun. 2005.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, n. 1–2, p. 1–10, 10 ago. 1998.

MACHADO, B. A. S. et al. Chemical Composition and Biological Activity of Extracts Obtained by Supercritical Extraction and Ethanolic Extraction of Brown, Green and Red Propolis Derived from Different Geographic Regions in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 1, p. e0145954, 8 jan. 2016.

MAHAN, L.; ESCOTT-STUMP, S. Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia. 2005.

MAITERA, O. N.; OSEMEAHON, S. A.; BARNABAS, H. L. **PROXIMATE AND ELEMENTAL ANALYSIS OF AVOCADO FRUIT OBTAINED FROM TARABA STATE, NIGERIA**. **J. Sci. Res. and Tech.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.indjsrt.com>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MANACH, C. et al. **Polyphenols: food sources and bioavailability**. **Am J Clin Nutr.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/79/5/727/4690182>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

MARIA DEL REFUGIO RAMOS- JERZ. **Phytochemical analysis of avocado seed (*Persea americana* Mill., c.v. Hass)**, 2007. Disponível em: <<https://cuvillier.de>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

MARTIN, C. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **agris.fao.org**, 2006.

MASSAFERA, G. et al. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea Americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. **Braslian Journal Food and Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 325–331, 2010.

MATSUSAKA, Y.; KAWABATA, J. Evaluation of antioxidant capacity of non-edible parts of some selected tropical fruits. **Food Science and Technology Research**, v. 16, n. 5, p. 467–472, 2010.

MELGAR, B. et al. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. **Industrial Crops & Products**, v. 111, p. 212–218, 2017.

MENEGON BUOSI ORIENTADOR, G.; MARIA CRISTINA MILINSK, D. **Extração do óleo de abacate (*Persea americana* Mill.) visando a produção de biodiesel e sua caracterização**, 2013.

MIRANDA, J. et al. AN. Influência da granulometria e do método de extração no rendimento de óleo obtido da semente de uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). **seer.fcfar.unesp.br**, v. 37, n. 2179–443, 2016.

MOHAMMADPOUR, H.; SADRAMELI, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of *Moringa peregrina* oil with response surface methodology and comparison with Soxhlet method. **Elsevier**, v. 131, p. 106–116, 2019.

MOLERO GÓMEZ, A.; PEREYRA LÓPEZ, C.; DE LA MARTÍNEZ OSSA, E. Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: A comparison with conventional solvent extraction. **Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal**, v. 61, n. 3, p. 227–231, 1996.

MONIKA, P.; PHYTOMEDICINE, A. G.-; 2015, UNDEFINED. The modulating effect of *Persea americana* fruit extract on the level of expression of fatty acid synthase complex, lipoprotein lipase, fibroblast growth factor-21 and. **Elsevier**, p. 939–945, 2015.

MOON, J.-K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655–1666, 11 mar. 2009.

MORETTO, E. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. 1998.

NAFIU, M. O. et al. Preparation, Standardization, and Quality Control of Medicinal Plants in Africa. **Medicinal Spices and Vegetables from Africa**, p. 171–204, 1 jan. 2017.

NAM, Y. et al. Avocado oil extract modulates auditory hair cell function through the regulation of amino acid biosynthesis genes. **mdpi.com**, v. 11, n. 1, p. 113, 2019.

NAVEH, E. et al. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. **The Journal of nutrition**, v. 132, n. 7, p. 2015–8, jul. 2002.

NIETO-ANGEL, D.; ACOSTA-RAMOS, M.; ORTIZ, D. T.; SÃO JOSÉ, A. R. Enfermedades Del Aguacate. p. 473–491, 2006.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A. et al. Nutritional profile and benefits of avocado oil (*Persea americana*): An integrative review. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

NOVARTIS, J. M. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). **Article in The Journal of Agricultural Science**, 2013.

OLAETA, J. A. et al. **Use of hass avocado (*Persea americana* Mill.) seed as a processed product**, 2007.

OLIVEIRA, M. et al. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **redalyc.org**, v. 43, n. 3, p. 411–418, 2013.

ORGANIC PURE OIL. **Pure Avocado Oil Partially Filtered**. Disponível em: <<https://www.organicpureoil.com/product/organic-pure-oils/pure-avocado-oil/>>.

ORHEVBA, B. A.; JINADU, A. O. Determination of Physico-Chemical Properties and Nutritional Contents of Avocado Pear ( *Persea Americana* M .). **Academic Research International ISSN:**, v. 1, n. 3, p. 372–381, 2011.

OZDEMIR, F.; CHEMISTRY, A. T. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. **Elsevier**, 2004.

PACETTI, D. et al. Simultaneous analysis of glycolipids and phospholids molecular species in avocado (*Persea americana* Mill) fruit. **Journal of Chromatography A**, v. 1150, n. 1–2, p. 241–251, maio 2007.

PACKER, L.; LANDVIK, S. Vitamin E: Introduction to Biochemistry and Health Benefits. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 570, n. 1 Vitamin E, p. 1–6, 1 dez. 1989.

PADMANABHAN, M.; ARUMUGAM, G. Effect of *Persea americana* (avocado) fruit extract on the level of expression of adiponectin and PPAR- $\gamma$  in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v. 11, n. 2, p. 107–119, 2014.

PAGNUSSATT, P. A. C. H. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do azeite de abacate: Revisão, 2014.**

PERMAL, R. et al. Converting industrial organic waste from the cold-pressed

avocado oil production line into a potential food preservative. **Elsevier**, v. 306, p. 125635, 2020.

PUSHKAR S. BORA, N. N.; ROSALYND V.M. ROCHA AND MARÇAL QUEIROZ PAULO. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, p. 171–174, 2001.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A review on Persea Americana Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. **International Journal of PharmTech Research**, v. 8, n. 6, p. 72–77, 2015.

ROBBERS, J. et al. **Farmacognosia e farmacobiotechnologia**, 1997.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância para a saúde. **Revista Estudos**, v. 41, n. 1, p. 76–85, 2014.

RODRIGUES, S.; OLIVEIRA SILVA, E.; SOUSA DE BRITO, E. Exotic Fruits Reference Guide is the ultimate. **Academic Press**, p. xix, 2018.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. 2011.

ROSENBLAT, G. et al. Polyhydroxylated fatty alcohols derived from avocado suppress inflammatory response and provide non-sunscreen protection against UV-induced damage in skin cells. **Archives of Dermatological Research**, v. 303, n. 4, p. 239–246, 27 maio 2011.

SAAVEDRA, J. et al. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p. 81–90, 2017.

SALDEEN, K.; SALDEEN, T. Importance of tocopherols beyond  $\alpha$ -tocopherol: evidence from animal and human studies. **Nutrition Research**, v. 25, n. 10, p. 877–889, 1 out. 2005.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( Persea americana Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( Persea americana Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, p. 20–26, 2008a.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( Persea americana Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( Persea americana Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, n. 3, p. 20–26, 2008b.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20–26, dez. 2008c.

SCHROEDER, C. A. THE ORIGIN, SPREAD, & IMPROVEMENT OF THE AVOCADO, SAPODILLA & PAPAYA . **The Indian Journal of Horticulture Special Symposium Number**, v. 15, p. 3–4, 1958.

SEGOVIA, F. J. et al. Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. **Molecules**, v. 23, n. 10, p. 2421, 2018.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016a.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016b.

SHAHIDI, F. et al. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 10, p. 1745, 20 out. 2016.

SHI, D. et al. Antioxidant Properties of Hass Avocado Waste Fractions. **mdpi.com**, v. 37, p. 31, 2019.

SOEST, P. V. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell wall constituents. **ci.nii.ac.jp**, v. 50, p. 50–55, 1967.

SOLER, N. et al. Elaboração, composição química e avaliação sensorial de sobremesas lácteas achocolatadas com abacate. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 143–148, 2011.

SOONG, Y.-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411–417, 1 dez. 2004.

SOXHLET, F. The weight analytic determination of milk fat. **Polytechnisches Journal**, v. 232, p. 461–465, 1879.

SURUKITE, O. et al. Qualitative Studies on Proximate Analysis and Characterization of Oil From *Persea Americana* ( Avocado Pear ). **Journal of Natural Sciences Research www.iiste.org ISSN**, v. 3, n. 2, p. 68–74, 2013.

TABESHPOUR, J.; RAZAVI, B. M.; HOSSEINZADEH, H. Effects of Avocado ( *Persea americana* ) on Metabolic Syndrome: A Comprehensive Systematic Review. **Phytotherapy Research**, v. 31, n. 6, p. 819–837, 1 jun. 2017.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, n. November 2017, p. 45–51, 2018a.

TAN, C. X. et al. Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. **Journal of Food Process**

**Engineering**, v. 41, n. 2, 2018b.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 45–51, 1 maio 2018c.

TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Elsevier**, p. 381–392, 2019.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004a.

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**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004b.

THACH, ELIZABETH C., THOMPSON, KAREN J., MORRIS, A. A fresh look at followership: A model for matching Followership and leadership styles. **Journal of Behavioral & Applied Management**, n. 1, p. 1–5, 2006.

UNDELAND, I. et al. Comparison between methods using low-toxicity solvents for the extraction of lipids from herring (*Clupea harengus*). **Elsevier**, p. 355–365, 1998.

UZOH, C. F.; ONUKWULI, O. D. Self-cured Alkyd Resin Using Non-Drying Avocado Seed Oil as a Material of Regenerative Resource. **Bulletin of the Korean Chemical Society**, v. 39, n. 5, p. 643–650, 2018.

VALE, M. G. R. et al. Extraction of organic material in mineral coal by using supercritical fluid extraction, soxhlet, and sonication methods. **Journal of Microcolumn Separations**, v. 10, n. 3, p. 259–263, 1998.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. . Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WAH, T.; CHIA, R.; DYKES, G. A. **Pharmaceutical Biology Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars**. 2010.

WANG, J. et al. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. **Elsevier**, v. 288, p. 146–153, 2019.

WANG, W. et al. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WANG, W.; BOSTIC, T. R.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and

pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WERMANN, M. J.; NEEMAN, I.; MOKADY, S. Avocado oils and hepatic lipid metabolism in growing rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 29, n. 2, p. 93–99, 1 jan. 1991.

WIJNGAARD, H. et al. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 505–513, 2012.

WOOLF, A. et al. Avocado Oil. **Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils**, p. 73–125, 1 jan. 2009.

YAHIA, E. M. **The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health**, 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.545.2365&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

YAHIA, E. M. et al. Chemistry, stability, and biological actions of carotenoids. In: **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition**, v. 1p. 285–345, 2017.

ZÜGE, LUANA CAROLINA BOSMULER. **Extração e caracterização da polpa e do óleo de abacate**, 2015.

## Capítulo 2. Revisão de Literatura

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

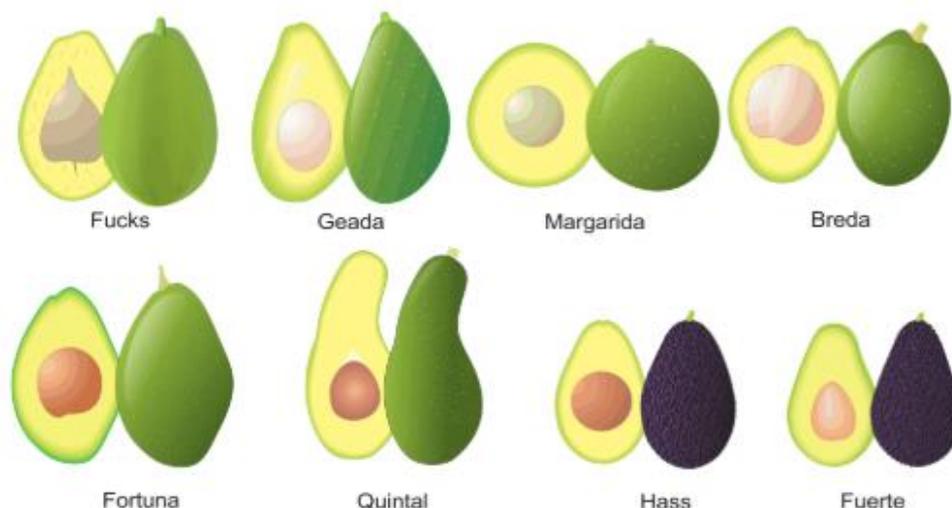
#### 3.1 ABACATE

O abacate pertence à família da *Lauracea* e é uma fruta tropical nativa da América central, mais precisamente entre o México e o Panamá, de onde foi difundido para o resto do mundo (AMERICANA ET AL., 2010; BARBOSA-MARTÍN, CHEL-GUERRERO, GONZÁLEZ-MONDRAGÃO, & BETENCOURT-ANCONA, 2016). A fruta tem casca verde-oliva escura e polpa espessa verde amarelada, rica em óleos e valorizada por suas características sensoriais (YAHIA, 2010), além disso apresenta grande variabilidade em tamanho, forma, peso e composição química, e esses atributos estão diretamente relacionados às condições climáticas e das práticas agrícolas da área cultivada (DUARTE et al., 2017; SAAVEDRA et al., 2017; UZOH; ONUKWULI, 2018).

São conhecidas mais de 500 variedades de abacate de 3 origens diferentes: a Mexicana, a Guatemalense e a Antilhana, que engloba diversas variedades de abacate. Na Mexicana, as principais variedades do fruto são as cultivares Duke e Ettinger. Na Antilhana, as variedades mais importantes são Pollock, Simmons e Fucks. Já na Guatemalense, as principais variedades são as cultivares Prince, Wagner, Linda e Rincon (CAMPOS, 1985; KOLLER, 1992). Há ainda as variedades híbridas resultantes dos cruzamentos naturais entre as diferentes raças, como, por exemplo, as variedades Breda, Fortuna, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal (híbridos das raças Antilhana e Guatemalense), e Hass e Fuerte (híbridos das raças Mexicana e Guatemalense) (PEREIRA, 2015; NOGUEIRA et al., 2018). As cultivares Hass e Fuerte também são denominadas de “avocado”, sendo valorizadas internacionalmente pelo alto teor de lipídios, apesar de suas dimensões reduzidas (DUARTE et al., 2017).

A Figura 1, demonstra de forma ilustrativa as variedades mais consumidas e exportadas no Brasil, de acordo com a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo).

Figura 1-Principais variedades de abacate comercializadas no Brasil



Fonte: adaptado de PEREIRA, (2015); HORTIESCOLHA, (2017); NOGUEIRA et al., (2018).

De acordo com os dados da *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database* (“FAOSTAT,” 2019), a produção mundial de abacate em 2017 foi de quase seis mil toneladas, no qual o México ocupa a primeira posição do *ranking* com uma produção anual de aproximadamente duas mil toneladas, seguido da República Dominicana e Peru. O Brasil ocupa a sexta posição em relação a produção de abacate no mundo, com uma produção anual de 213 toneladas de abacate, no qual a sua grande maioria é exportada para o mercado europeu (IBGE, 2016). De acordo com dados do IBGE (2016), o abacate é a décima sétima fruta mais produzida no Brasil, e o estado de São Paulo é o maior produtor (47,5%), seguido por Minas Gerais (19,0%) e Paraná (11,2%). Com esse aumento da produção industrial do abacate, no ano de 2016, foram geradas no Brasil, pelo menos 59,64 toneladas de resíduo (28% do total produzido).

Torna-se importante também destacar que o aumento da produção do abacate ocorreu devido aos avanços tecnológicos de pós-colheita, conservação, redução das barreiras comerciais, fortes avanços dos conhecimentos relacionados aos benefícios que o abacate tem sob a saúde humana e maiores incentivos para ser cultivada em outras áreas nos países produtores, tornando o abacateiro uma das plantas mais produtivas por unidade de área cultivada (BAYRAM; TEPE; TOKER, 2016; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a). Além disso o interesse e consumo do abacate (*Persea americana* Mill.) tem expandindo em todo o

mundo, favorecendo assim o aumento da produção desta fruta, já que ela tem sido considerada como uma das principais frutas tropicais por exercer efeitos benéficos sob as doenças cardiovasculares, devido seu alto valor nutricional e suas características físico-químicas específicas (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016; DUARTE et al., 2017; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a)

### 3.1.1 Perfil físico-químico e benefícios nutricionais do abacate

O abacate é reconhecido como um fruto que possui elevado valor energético devido ao seu alto conteúdo graxo presente em sua composição, podendo alcançar até 30% dependendo da variedade (OZDEMIR et al., 2004). Ele também possui níveis significativos de proteínas, fibras, sais minerais (DAIUTO et al., 2014; DE SOUSA GALVÃO et al., 2014; DOTTI MOOZ et al., 2012; BORA et al., 2001; FERRARI, 2015; SAAVEDRA et al., 2017) e vitaminas, principalmente A, B (NIETO-ANGEL et al., 2006) C e E ( $\alpha$ -tocoferol e  $\gamma$ -tocoferol) (BERASATEGI et al., 2012). Possui também quantidades significativas de carotenoides, fitosteróis e ácidos graxos essenciais, principalmente os ácidos graxos monoinsaturados da família ômega-9 (FULGONI; DREHER; DAVENPORT, 2013; DING; CHIN; KINGHORN, 2007; LU et al., 2005; Rocha, 2008). Por sua vez possui baixos teores de açúcares, sendo uma fruta altamente recomendada para dietas de pessoas diabéticas e ou com restrição de açúcar, (Tabela 1) (LERMAN-GARBER et al., 1994; TABESHPOUR; RAZAVI; HOSSEINZADEH, 2017). Destacando-se assim pelo seu excelente valor nutricional (SOLER et al., 2011).

A semente, apesar de ser considerada um subproduto do processamento do abacate, também é rica em nutrientes e compostos bioativos, apresentando em sua composição elevados teores de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, amido, proteínas, fibras, compostos fenólicos e atividade antioxidante, possuindo assim também elevado valor nutritivo (Tabela 1) (DAIUTO et al., 2014a; MASSAFERA et al., 2010; MATSUSAKA; KAWABATA, 2010; OLAETA et al., 2007; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a; WANG; BOSTIC; GU, 2010). Por este motivo, houve um aumento nas pesquisas relacionadas a utilização destes resíduos tanto nas indústrias farmacêuticas de cosméticos e como fonte de aditivos alimentares (MOON; SHIBAMOTO, 2009;

RODRIGUES; OLIVEIRA SILVA; SOUSA DE BRITO, 2018; SEGOVIA; CORRAL-PÉREZ; ALMAJANO, 2016a; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a).

De acordo com Soong & Barlow (2004), a semente de abacate exibe atividade antioxidante e conteúdo fenólico maior que a porção comestível, cerca de 70%. Estas características tem impulsionado pesquisas relacionadas ao uso destes resíduos como fonte de aditivos alimentares (AYALA-ZAVALA et al., 2011a; DAIUTO et al., 2014b; NOVARTIS, 2013; RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2011), e como medicamentos e cosméticos na indústria farmacêutica e dermocosmética (NOVARTIS, 2013). A semente também possuem ação antimicrobiana (AYALA-ZAVALA et al., 2011b; WAH; CHIA; DYKES, 2010), ação anti-inflamatória (ROSENBLAT et al., 2011), antifúngica (LEITE et al., 2009) e inseticida (DABAS et al., 2013; LEITE et al., 2009).

**Tabela 1:** Principais estudos que avaliaram a composição físico-química do abacate (valor em %).

Parte do Abacate	Umidade	Carboidrato	Proteína	Lipídios	Fibras	Cinza	Referências
	72,15	-	2,58	2,89	-	-	(SAAVEDRA et al., 2017)
	72,2	-	1,7	16,2	1,6	0,6	(DE SOUSA GALVÃO et al., 2014)
Polpa	79,3	8,9	1,11	10,15	-	0,78	(DOTTI MOOZ et al., 2012)
	69,85	0,26	1,27	64,9	3,81	-	(DAIUTO et al., 2014)
	76,22	5,35	1,47	15,07	-	1,59	(FERRARI, 2015)
	78,24	4,17	1,01	15,39	0,53	0,66	(BORA et al., 2001)
	72,15	-	2,5	1,11	-	-	(SAAVEDRA et al., 2017)
	31,9	-	3,6	1,8	1,7	1,3	(DE SOUSA GALVÃO et al., 2014)
Semente	60,27	1,64	0,14	3,32	3,97	-	(DAIUTO et al., 2014a)
	59,72	36,47	1,64	0,94	-	1,23	(FERRARI, 2015a)
	56,4	33,17	1,95	1,87	5,10	1,87	(BORA et al., 2001)

Devido ao seu perfil físico-químico, alguns estudos vêm demonstrando os benefícios e as aplicações medicinais do abacate sob a saúde humana (Tabela 2). Segundo Al-Dosari (2011), os benefícios desta fruta podem ser devido ao seu conteúdo de mais de vinte nutrientes essenciais e vários fitoquímicos, onde a sua polpa e folhas têm sido utilizadas na medicina popular da América Latina, incluindo o México, para tratar uma variedade de doenças. Em estudo realizado com a população mexicana, Al-Dosari (2011), demonstrou que o consumo do abacate diminui o colesterol total, LDL-colesterol (lipoproteína de baixa densidade), triglicerídeos e aumenta o HDL-colesterol (lipoproteína de alta densidade), trazendo, dessa forma importantes benefícios para a saúde humana, conferindo ao abacate um destaque na prevenção de doenças cardiovasculares, através da atuação na redução do colesterol-LDL sérico.

Alguns autores sugerem o consumo diário do abacate devido aos efeitos positivos associados a síndrome metabólica. Foi demonstrado que o abacate promoveu efeitos positivos sob o perfil lipídico, sendo os biomarcadores mais afetados o LDL-c, HDL-c, TG (triglicérides) e CT, onde houve um efeito sob a regulação da hidrólise de certas lipoproteínas e sua absorção seletiva no metabolismo por diferentes tecidos como fígado e pâncreas (MONIKA et al., 2015, 2015; NAVEH et al., 2002; PADMANABHAN et al., 2014).

Uma característica importante do óleo do abacate é o alto teor da sua porção insaponável (1 a 4%) quando comparado com o dos óleos comestíveis comuns, como o azeite de oliva (FERRARI, 2015b). Ressalta-se que os esteróis são um grupo predominante entre aqueles presentes na matéria insaponificável do abacate, e o principal constituinte deste grupo é o  $\beta$ -sitosterol, compreendendo cerca de 80% dos esteróis presentes na matéria insaponificável (DOS SANTOS et al., 2014; SALGADO et al., 2008). Outros tipos de esteróis também presentes são campesterol e estigmasterol (DOS SANTOS et al., 2014a; KMIECIK et al., 2011). De acordo com Dos Santos et al. (2014), esses fitosteróis possuem uma estrutura química semelhante ao colesterol, diferindo apenas nos comprimentos das cadeias laterais, e essa semelhança estrutural explica a capacidade dos fitosteróis em reduzir o colesterol.

**Tabela 2:** Principais estudos que avaliaram a composição físico-química do abacate e seus efeitos positivos sob a saúde.

<b>Categoria</b>	<b>Perfil Químico</b>	<b>Efeitos Sistêmicos</b>	<b>Parte do Abacate ou Extrato estudado</b>	<b>Referências</b>
Ácidos graxos	Monossaturados (ácidos oléico e palmítico), insaturados (linoleico, palmitoléico e linolênico)	↓ LDL-c ↑ HDL-c ↓CT ↓ lipídios no sangue e no fígado	Polpa Semente Óleo	MOOZ et al. (2012); FERRARI (2015); MASSAFERA et al. (2010); OLIVEIRA et al., (2013); TANGO et al. (2004)
Fibras	Celulose, Lignina Hemicelulose	↓ peso corporal ↓ gordura total hepática	Semente	LERMAN et al., (1994); TABESHPOUR et al. (2017)
Carotenóides	Luteína, β-criptoxantina, zeaxantina, α-caroteno e β-caroteno	Antioxidante	Polpa	DREHER; DAVENPORT (2013);
Compostos Fenólicos, Polifenóis, Fitosteróis	Ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóico e hidrocínâmico), flavonóides (rutina), estilbenos (resveratrol), cumarinas e taninos (ácido tânico), β-sitosterol, campesterol, estigmasterol	↑AI ↑ GSH ↓ ALT e AST ↓ TG, LDL-c; VLDL-c e CT ↑HDL-c	Polpa Semente Óleo	DAIUTO et al.(2014); MATSUSAKA et al. (2010); WANG et al.(2010) DOS SANTOS et al.(2014)
Minerais	Cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, sódio, zinco, cobre, manganês e selênio	-		CABALLERO et al. (2016); DREHER; DAVENPORT (2013); FERNÁNDEZ (2018); MAITERA et al.(2014);MELGAR et al. (2017); ORHEVBA et al. (2011); SURUKITE et al., 2013).
Proteínas	Asparagina, ácido aspártico, glutamina e ácido glutâmico	-	Polpa	FERNANDO DE OLIVEIRA DA SILVA et al.(2012)
Vitaminas	Vitamina A, vitamina B (B1, B2, B3, B5, B6, B12, folato e colina), betaína, vitamina C, vitamina E (α - tocoferol, β - tocoferol, γ - tocoferol, δ - tocoferol) e vitamina K1	↑ Adiponectina e a expressão do RNAm da Adiponectina ↑GSH Antioxidante	Polpa Semente Óleo	CABALLERO et al. (2016); DREHER; DAVENPORT, (2013); FERNÁNDEZ (2018); MAITERA et al.(2014); MELGAR et al., (2017); ORHEVBA et al. (2011); SURUKITE et al. (2013)

Abreviaturas: HDL-c – lipoproteína de alta densidade; CT- colesterol total; LDL-c – lipoproteína de baixa densidade; VLDA-c- lipoproteína de muita baixa densidade; TG - triglicerídeos; AST- aspartato transaminase; ALT- alanina transaminase e AI - índice aterogênico.

Os tocoferóis, que também fazem parte da porção insaponável do óleo de abacate, são comumente usados como antioxidantes porque fornecem o hidrogênio do grupo hidroxila ao radical peroxila (ANGELO et al., 2007; FERRARI, 2015c; RODRÍGUEZ et al., 2011). Eles também podem inibir a peroxidação lipídica, sequestrando o oxigênio e os radicais livres (GÓMEZ et al., 2014). Muitos estudos sobre os efeitos benéficos dos tocoferóis já foram realizados. A literatura também relata efeitos antidiabéticos e anti-inflamatórios, bem como efeitos benéficos contra a doença de Alzheimer e prevenção da aterosclerose e hipertensão (PACKER; LANDVIK, 1989; SALDEEN; SALDEEN, 2005; SHAHIDI et al., 2016). Saldeen e Saldeen (2005), mostraram que a mistura de  $\delta$ ,  $\gamma$  e  $\alpha$ -tocoferol tem melhor antioxidante e efeito anti-inflamatório não apenas  $\alpha$ -tocoferol em modelos animais e em um número limitado de investigações clínicas preliminares. Lu et al. (2005), demonstraram que extratos lipofílicos do abacate contendo tocoferóis e carotenoides inibem significativamente a proliferação *in vitro* de células de câncer de próstata PC-3 e LNCaP.

Torna-se importante destacar que a composição graxa do abacate é considerada a sua propriedade mais importante, a qual é rico em ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados e saturados em quantidades significativas (DREHER; DAVENPORT, 2013b; FLORES et al., 2019a; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004b). Dentre estes, os principais ácidos graxos encontrados são: os ácidos oleico (18:1) e palmitoléico (16:1), que são ácidos graxos monoinsaturados, os ácidos palmítico (16:0) e esteárico (18:0) que são ácidos graxos saturados, e os ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3) que são ácidos graxos poli-insaturados (Tabela 3) (DOTTI MOOZ et al., 2012; FERRARI, 2015; MASSAFERA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a).

Mooz et al. (2012), demonstraram que a composição da polpa do abacate apresenta alto valor energético quando comparado a outras frutas. De acordo com o estudo realizado por com Jakobsen et al. (2009), o óleo extraído da polpa do abacate contém 71% de ácidos graxos monoinsaturados, 13% de ácidos graxos poli-insaturados e 16% de ácidos graxos saturados. Este conteúdo lipídico, principalmente de ácidos graxos monoinsaturados, está associado a

benefícios do sistema cardiovascular e efeitos anti-inflamatórios (CARVAJAL-ZARRABAL et al., 2014).

**Tabela 3:** Principais ácidos graxos constituintes da fração lipídica do abacate (polpa e semente) (valor em %).

Parte	Variedade	Palmítico (16:0)	Palmitoléico (16:1 n-7)	Estearíco (18:0)	Oleico (18:1 n-9)	Linoleico (18:2 n-6)	α-linolênico (18:3 n-3)	Referências	
Polpa	Fortuna	20,73	11,25	0,17	50,3	13,49	1,76	(MASSAFERA et al., 2010)	
		20,51	9,15	0,53	51,40	15,97	0,97	(DE SOUSA GALVÃO et al., 2014)	
	Ouro Verde	28,06	8,71	-	36,45	22,88	3,22	(MASSAFERA et al., 2010)	
		18,3	6,8	0,5	60,6	13,2	-	(TANGO et al., 2004)	
	Princesa	32,54	11,91	-	31,76	19,24	4,05	(MASSAFERA et al., 2010)	
	Fuerte	20,02	7,9	-	61,4	18,2	-	TANGO et al., 2004)	
	Hass		21,31	2,39	0,76	64,34	9,14	0,46	(BORA et al., 2001)
			24,5	13,3	0,3	47,7	14,2	-	TANGO et al., 2004)
			23,20	13,3	0,44	49,45	12,69	0,66	(FERRARI, 2015c)
			13,4	3,9	0,6	65,3	15,2	1,3	(JAVIER et al., 2017)
Quintal		19,0	7,6	0,5	65,2	9,3	-	TANGO et al., 2004)	
Alto D'ouro		12,2	0,9	1,7	75,9	8,7	0,6	OLIVEIRA et al., 2012)	
Semente	Fortuna	1,37	15,14	0,85	35,83	29,99	12,97	(MASSAFERA et al., 2010)	
		22,41	4,45	2,66	10,88	29,38	9,93	(DE SOUSA GALVÃO et al., 2014)	
	Ouro Verde	28,06	8,71	-	36,45	22,88	3,22	(MASSAFERA et al., 2010)	
	Princesa	35,73	6,24	0,39	11,69	23,28	20,8	(MASSAFERA et al., 2010)	

Diante desse contexto, e conforme mencionado anteriormente, o abacate é uma fruta muito valorizada não somente pelas suas características sensoriais, com

textura, sabor e aroma diferenciados e perfil nutricional, mas também por promover inúmeros benefícios a saúde humana quando consumido em uma dieta regular e de forma adequada (FERNÁNDEZ et al., 2018).

### 3.1.2 Polpa do Abacate

A polpa de abacate é cremosa, verde amarelada ou amarela quase branca e assemelha-se a um creme amanteigado, conforme demonstrado na Figura 1, (THACH, ELIZABETH C., THOMPSON, KAREN J., MORRIS, 2006), é rica em óleo o que favorece seus atributos sensoriais e representa cerca de 70% da fruta (MASSAFERA et al., 2010). Em relação a composição, é basicamente constituída por ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados e concentra cerca de 60-80% de água em sua composição (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a). Além disso, a polpa representa a parte comestível do fruto e o óleo é composto majoritariamente pelos ácidos oleico, palmítico, linoleico e traços de ácido esteárico (YAHIA, 2010). Segundo Daiuto et al. (2007), a proporção da polpa representa entre 58 a 71% dos abacates da variedade 'Hass'. Já Salgado et al. (2008), encontraram 66% para a variedade Margarida.

**Figura 2:** Polpa do Abacate (*Persea Americana Mill.*)



Fonte: Adapto site A Notícia do Vale-Jornal de São Francisco (2016).

A polpa do abacate contém teor de óleo variável, a qual é uma parte fundamental da qualidade sensorial do fruto e é amplamente utilizado na indústria de alimentos (na produção de óleos comerciais semelhantes ao azeite) farmacêutica e de cosmético (DUARTE et al., 2017; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a; YAHIA et al., 2017). A qualidade do óleo extraído da polpa do abacate é muito semelhante à do azeite de oliva com uma alta proporção do óleo sendo aproximadamente 75% monoinsaturados, 15% saturados, e 10% ácidos

graxos poli-insaturados (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004; YAHIA et al., 2017). A alta concentração de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados e baixo teor ácidos graxos saturado o torna um óleo "saudável", com efeitos protetores e preventores sobre as doenças cardiovasculares, uma vez que tem na sua composição ácidos graxos da família ômega, fitosteróis e tocoferóis (ALDOSARI, 2011; ALKHALF et al., 2018a; YAHIA et al., 2017). Existem diversas reações que afetam a preservação da polpa de abacate como as reações degradativas da peroxidase e o escurecimento enzimático catalisado pela polifenol oxidase (CAROLINE LUÍZ; AKEMI MEDEIROS HIRATA; CLEMENTE, 2007).

Ressalta-se ainda que o abacate é um fruto muito nutritivo, sendo a polpa a principal parte utilizada para consumo *in natura*, na forma de sobremesa, saladas e molhos, além de ser utilizada para extração de óleo (MASSAFERA et al., 2010). Pelo sabor de sua polpa pouco açucarada, o abacate pode ser consumido como iguaria doce ou salgada, de acordo com os hábitos e a cultura dos povos das regiões em que é cultivado (THACH et al., 2006). Por exemplo, em alguns países das Antilhas e do Oriente ele é ingerido sob forma salgada ou em conserva, já no Brasil ele é mais consumido como fruta madura adicionada de açúcar ou mel (ALVARES DE OLIVEIRA et al., 2000).

### 3.1.3 Semente do Abacate

A semente do abacate representa uma grande porção da fruta, em média 16% (DABAS et al., 2013), com uma média de 5 cm de comprimento, de formato ovoide, cor castanha e é protegida por um tegumento (SCHROEDER, 1958) (Figura 2). A semente do abacate é atualmente considerada um subproduto da produção industrial do fruto, apesar de apresentar grande quantidade de polifenóis e níveis relevantes de lipídios extraíveis. Devido a essas características, bem como o maior interesse em ações relacionadas ao aproveitamento de resíduos oriundos da agroindústria, tem aumentado o número de estudos, patentes e produtos que utilizam a semente de abacate, principalmente para aplicação nas indústrias de alimentos e cosméticos devido à sua alta capacidade antioxidante. Este fato faz da semente do abacate um

candidato promissor para a extração sustentável de compostos antioxidantes presentes no óleo (ALKHALF et al., 2018; SEGOVIA et al., 2016).

Segovia et al. (2016), demonstraram uma relação linear entre o conteúdo total de polifenóis contidos na semente de abacate e a capacidade antioxidante. Além disso, a semente do abacate também é uma importante fonte de fibras alimentares e de carboidratos (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004). Devido a suas características físico-químicas, a semente pode ser considerada um subproduto com elevado potencial biológico, podendo ser utilizado como aditivos alimentares com capacidade antioxidante natural ou antimicrobiana, ou ainda, como corantes, aromatizantes e agentes espessantes, pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas. Além disso, a utilização completa da fruta pode levar a indústria a um agronegócio de menor desperdício, aumentando a lucratividade industrial e menor impacto ao meio ambiente (AMERICANA et al., 2010; BARBOSA-MARTÍN et al., 2016).

**Figura 3:** Semente de abacate



Fonte: Adapto site A Notícia do Vale-Jornal de São Francisco (2016).

É importante destacar que a semente do abacate pode ser uma fonte alimentícia para animais monogástricos se as substâncias fenólicas presentes forem extraídas com etanol devido à sua toxicidade (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a), ou entrar na composição de produtos alimentícios processados destinados à alimentação humana (OLAETA et al., 2007). Além disso, os carboidratos, como o amido e a celulose, presentes principalmente nas células das sementes dos frutos, podem ser hidrolisados enzimaticamente ou através de ácidos ou bases fortes e diluídos, formando açúcares fermentáveis por leveduras que metabolizam sacarídeos e excretam etanol como produto de seu metabolismo (FERRARI, 2015). Portanto, a semente de abacate é um

subproduto da fruta, a qual tem um grande potencial comercial a ser explorado pelas indústrias de alimentos e fármaco-cosmético. Desta forma, agregar valor a esses resíduos é de interesse econômico, social e ambiental, uma vez que também pode representar uma carga poluidora no ambiente, resultando em contaminação ambiental.

#### 3.1.4 Óleo do abacate

O óleo do abacate é um líquido graxo de cor âmbar, sendo termicamente estável com alta temperatura de decomposição de glicerol, com ponto de fumaça de 255°C, o que permite seu uso em panificações e frituras (FLORES et al., 2019a). É um extrato da fruta o qual pode ser extraído tanto da polpa quanto da sua semente (BORA et al., 2001; DABAS et al., 2013; FERRARI, 2015b). Em relação as suas características sensoriais, como aparência, odor, sabor e cor o óleo extraído da polpa, apresenta coloração que varia de verde esmeralda límpido ao amarelo, odor característico da fruta e sabor que pode variar de suave a amargo, variando de acordo com o método de extração empregado e a variedade do fruto (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA et al., 2018). Já o óleo extraído da semente é um líquido viscoso, com cor que varia do amarelo a esverdeado claro ou escuro a depender da variedade do abacate utilizado, com odor característico da fruta e sabor amargo (PAGNUSSATT, 2014).

O óleo do abacate destaca-se pela sua excelente qualidade nutricional, é rico em ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados e fito nutrientes (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016; BORA et al., 2001; MASSAFERA et al., 2010). De acordo com alguns estudos, o óleo é rico em  $\beta$ -sitosterol e ácido oléico (ácido graxo essencial monoinsaturada), o qual tem sido utilizado como coadjuvante no tratamento de hiperlipidêmias (DOS SANTOS et al., 2014a; KMIECIK et al., 2011). Por ser extraído principalmente da polpa do fruto e pela similaridade de suas propriedades físico-químicas, sobretudo pela composição de seus ácidos graxos (predominando em ambos o ácido oléico), o óleo de abacate tem sido visto como uma forma alternativa ao azeite de oliva (BARROS et al., 2017; PACETTI et al., 2007).

A Tabela 4 apresenta uma comparação da composição de ácidos graxos do óleo de abacate das variedades Fortuna (DE SOUSA GALVÃO et al., 2014) e Hass (SAAVEDRA et al., 2017) com o azeite de oliva (USDA, 2005).

**Tabela 4:** Comparação entre a composição de ácido graxo do óleo de abacate em relação ao azeite de oliva (valor em %).

Ácido Graxo	Óleo de Abacate	Óleo de Abacate	Azeite de Oliva*
	Fortuna	HASS	
<b>Palmítico (16:0)</b>	20,51	13,4	10,8
<b>Palmitoléico (16:1 n-7)</b>	9,15	3,9	-
<b>Estearico (18:0)</b>	0,53	0,6	3,8
<b>Oleico (18:1 n-9)</b>	51,40	65,3	69,5
<b>Linoleico (18:2 n-6)</b>	15,97	15,2	14,9
<b><math>\alpha</math>-linolênico (18:3 n-3)</b>	0,97	1,3	0,6

\*Fonte: USDA National Nutrient Database for Standard Reference (UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2005).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução RDC nº 270, estabelece o regulamento técnico para óleos vegetais no Brasil, mas, não faz nenhuma alegação específica para o óleo de abacate. No entanto, estabelece alguns parâmetros como: acidez para óleos refinados no máximo 0,6 mg KOH/g e para óleos prensados a frio e não refinados no máximo 4,0 mg KOH/g; índice de peróxidos para óleos refinados no máximo 10 mEq/kg e para óleos prensados a frio e não refinados no máximo 15 mEq/kg. Informa também que, os demais parâmetros de identidade e qualidade de óleos vegetais devem seguir as normas estabelecidas no Codex Alimentarius - FAO/OMS (BRASIL, 2005).

A Tabela 5 apresenta a comparação de alguns parâmetros de qualidade do óleo do abacate bruto e neutralizado da variedade Margarida obtida por SALGADO et al., (2008), com especificações do azeite de oliva estabelecido no Codex Alimentarius – FAO/OMAS. Relacionando os parâmetros de qualidade, é possível verificar que o óleo de abacate pode ser produzido para fins comerciais (BRASIL, 2005; SALGADO et al., 2008).

**Tabela 5:** Comparação de parâmetros de qualidade entre óleo de abacate e azeite de oliva

<b>Índices</b>	<b>Azeite de Oliva</b>	<b>Óleo de Abacate Bruto</b>	<b>Óleo de Abacate Neutralizado</b>
Acidez livre (% AGL)	≤ 1,0	0,91	0,36
Índice de Peróxido (mEq/Kg)	≤ 15	20,58	9,71
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	183 a 193	184	181,68
Material Insaponível (g/Kg)	≤ 30	1,72	1,60
Índice de Iodo (g 12/100)	75 a 92	96,31	92,90

Desta forma, o óleo do abacate bruto ou neutralizado pode ser utilizado nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos e o óleo refinado na indústria na de alimentos, como óleo para salada e para cozinhar (FIGUEROA et al., 2018; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a; WOOLF et al., 2009).

### 3.2 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA POLPA E DA SEMENTE DO ABACATE

As técnicas para extração de componentes ativos de substâncias naturais evoluíram consideravelmente. Vários são os processos de extração de óleos que podem produzir produtos de grande qualidade (BRUM et al., 2009). Dentre os diversos métodos já reportados para a extração do óleo de abacate, podem ser mencionados os processos convencionais tais como a extração por solventes orgânicos a quente ou a frio), extração por prensagem mecânica e as não convencionais tais como: extração supercrítica, extração assistida por ultrassom, dentre outras (ORTEGA et al, 2013; BLIGH,E.G. AND DYER, 1959; BOTHA, 2004; CORZZINI et al., 2017; DOS SANTOS et al., 2014a; MELGAR et al., 2017; TAN et al., 2018c).

Atualmente há uma constante busca por metodologias de extração que forneçam um óleo de qualidade com relação as suas propriedade físico-químicas, com menor perda de nutrientes e que ofereça baixo impacto ao meio ambiente (SANTOS et al., 2014). Desta forma as técnicas de extração que produzem óleo com altos níveis nutricionais e que preservam as propriedades associadas ao

abacate têm atraído um interesse crescente das indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos (KMIECIK et al., 2011).

Os métodos tradicionais para extração de óleos vegetais são a prensagem a frio e a extração com solventes orgânicos (Soxhlet e Bligh & Dyer) ou até mesmo a combinação de ambos (BLIGH,E.G. AND DYER, 1959; ROBBERS et al., 1997) estes métodos são os mais comumente empregados para extração do óleo. Entretanto utilizam solventes, que oferecendo riscos ambientais, uma vez que são derivados do petróleo, o que vem servindo de estímulo à busca por alternativas mais sustentáveis, como é o caso da prensagem a frio, a qual utiliza meios mecânicos ou físicos a temperaturas inferiores a 50 °C, de forma semelhante à aplicada para extração de azeite de oliva extra virgem (EYRES et al., 2001; WOOLF et al., 2009) ou a extração assistida por ultrassom que é considerada uma tecnologia limpa por não utilizar solventes orgânicos e oferecer baixo impacto ao meio ambiente a qual pode ser associada a outras técnicas melhorando o processo de extração, qualidade do material obtido e rendimento do processo (SEGOVIA et al., 2016; TAN et al., 2018c). Além destes métodos há também a extração do óleo com fluido supercrítico utilizando CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) como solvente e o etanol como co-solvente do processo (BOTHIA, 2004; CORZZINI et al., 2017; ESPINOSA-ALONSO et al., 2017; TAN et al., 2018a).

No entanto, mesmo diante deste contexto os métodos de extração tradicionais utilizando solventes orgânicos ainda são bastantes empregados, uma vez que os mesmos apresentam elevado rendimento de extração, tais como Soxhlet a qual é realizada geralmente com hexano, e a extração a frio por Bligh & Dyer, que é um método de bancada, rápido que utiliza clorofórmio e metanol como solvente, o qual pode ser adaptado para qualquer tipo de tecido que tenha lipídios em sua composição (BLIGH,E.G. AND DYER, 1959).

Na Tabela 3 está demonstrado alguns estudos que utilizaram os processos que envolvem a extração do óleo do abacate e suas principais características.

**Tabela 6:** Estudos relativos aos métodos de extração do óleo do abacate e suas principais características.

<b>Técnica de Extração</b>	<b>Método/Solvente</b>	<b>Rendimento</b>	<b>Principais Características</b>	<b>Referências</b>
Prensagem Mecânica (frio)	- Prensagem a frio (polpa liofilizada e seca a 40°C e 70°C)	25-33% de óleo	Procedimento mecânico, sem aplicação de calor; O óleo só pode ser purificado por lavagem, sedimentação, filtração e centrifugação; Possui baixo rendimento de extração	SANTOS et al., (2014)
Soxhlet	- Extração com solvente hexano a quente (69 ± 1 °C por 4 h)	15,3% de óleo	Utiliza amostras solidas e solventes líquidos de baixo ponto de ebulição. Utiliza solventes orgânicos por exemplo, etanol, hexano, entre outros. Não é dependente de matriz e de muitos extratores. Porém tempo de extração é longo, e uso elevado de solventes. É necessário a evaporação do solvente após a extração da amostra.	ORTEGA et al. (2013)
Bligh & Dyer	- Extração com solvente clorofórmio e metanol	-	Procedimento de extração rápido, a frio; Amostras são homogeneizadas em uma solução de clorofórmio, metanol e água, formado um sistema miscível com água e a amostra.	BLIGH AND DYER (1959).
Assistida por ultrassom	- Extração aquosa assistida por ultrassom	72,79% de óleo	Procedimento operacional simples, com bom rendimento de extração, não utiliza solventes orgânicos e é considerada uma tecnologia limpa, oferecendo baixo impacto ao meio ambiente. Pode ser aplicada em conjunto com outras técnicas como um pré-tratamento da amostra para aumentar o rendimento do processo.	TAN et al., (2018)

---

Fluido Supercrítico	- CO2 supercrítico e mistura CO2 e etanol (40°C, 60°C e 80°C a 200,300 e 400 bar)	65% de óleo	Utiliza fluidos supercríticos, sendo o dióxido de carbono (CO2) o fluido mais utilizado, sob temperatura e pressão acima do seu ponto crítico é um poderoso solvente, com elevado rendimento de extração.  Apresenta um desempenho superior a uma pressão de 400 bar.  O uso do etanol como co-solvente favorece a extração do óleo residual, beneficiando a extração de uma fração enriquecida em tocoferóis	CORZZINI et al., (2017); ESPINOSA-ALONSO et al., (2017); BOTHA, (2004)
---------------------	--	-------------	---	--

---

### 3.2.1 Extração por Soxhlet

O primeiro aparelho para extração dos lipídios em matrizes graxas foi desenvolvido por Franz von Soxhlet em 1879 (SOXHLET, 1879). A técnica consiste no tratamento sucessivo e intermitente da amostra imersa em um solvente puro (éter de petróleo, éter dietílico ou *n*-hexano), devido à sifonagem e subsequente condensação do solvente aquecido dentro do balão que está na base do aparelho (SOXHLET, 1879). Dessa forma, a extração por Soxhlet é uma técnica tradicional de extração de óleos vegetais, a qual utiliza solventes orgânicos em seu processo com o ponto de ebulição de até 70°C sob longo tempo de duração (MORETTO, 1998). De acordo com Gómez et al., (1996), a elevada temperatura pode ser responsável pela formação de ácidos graxos livres devido à quebra de ligações entre ácidos graxos e glicerol (GÓMEZ et al., 1996). Soxhlet (1879), ressaltou também a importância do grau de trituração da amostra quanto à duração para eficácia do processo.

Desta forma, as mais notáveis vantagens que o método de Soxhlet apresenta são: a amostra está sempre em contato com o solvente, havendo sua constante renovação; a temperatura do sistema mantém-se relativamente alta, visto que o calor aplicado para o processo de evaporação é constante; é uma metodologia muito simples que não requer treinamento especializado e que possibilita a extração de uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos, sem a necessidade de filtração da micela após o término da extração, pois a amostra esteve envolta no cartucho durante todo o procedimento (LUQUE DE CASTRO; GARCÍA-AYUSO, 1998).

Dentre os principais inconvenientes que o método de Soxhlet apresenta são o longo tempo requerido para a extração e o grande volume de solvente utilizado, o qual não é somente de alto custo, mas também pode ser nocivo à saúde e ao meio ambiente (LUQUE DE CASTRO; GARCÍA-AYUSO, 1998). Alguns estudos apontam que os procedimentos clássicos idealizados por Soxhlet em 1879, com refluxo de solvente por muitas horas, e elevadas temperaturas devem ser evitados, já que favorecem as reações de peroxidação e de hidrólise, podendo comprometer resultados analíticos posteriores, como a quantificação de certos componentes lipídicos (BRUM et al., 2009). Isso porque quanto maior a

temperatura de extração e o uso de solventes orgânicos, maior será o risco de perda da qualidade original da matéria prima, pois existem dois problemas associados à temperatura: primeiro os danos causados aos componentes altamente sensíveis (como aroma, fragrâncias e princípios ativos farmacêuticos) e segundo, a perda de componentes altamente voláteis, de baixo peso molecular, que não podem mais ser recuperados e reincorporados no extrato (BULDINI et al., 2002). Além disso, outra desvantagem do método está relacionada ao problema que o solvente residual pode causar alterações nas propriedades do extrato/óleo e provocar efeitos tóxicos nos consumidores (BEN MOHAMED et al., 2016a). Desta forma, segundo Brum et al., (2009) o método de Soxhlet, por ser de execução mais simplificada, pode ser recomendado para amostras de origem vegetal, quando não houver emprego posterior do extrato/óleo.

### 3.2.2 Extração por Bligh & Dyer

A metodologia de Bligh & Dyer, (1959) é um método de extração de lipídios a frio, a qual é uma versão simplificada do procedimento clássico usando clorofórmio-metanol proposto por Folch et al. (1957), em 1957. Folch et al., (1957) reconheceram as características intrínsecas da extração de lipídios e desenvolveram um método usando uma mistura de clorofórmio e metanol, seguida pela adição de solução de cloreto de potássio, visando uma melhor separação das fases. Por sua vez Bligh & Dyer, (1959) modificaram o método de Folch et al., (1957) e propuseram um “método rápido para extração e purificação dos lipídios totais”.

O método baseia-se na mistura binária de clorofórmio e metanol, que são capazes de extraírem tanto lipídios neutros e os lipídios polares eficientemente, sem favorecer as reações de peroxidação e de hidrólise garantindo os componentes lipídicos e os resultados analíticos das amostras (BRUM et al., 2009). Desta forma o método por Bligh & Dyer, caracteriza-se por ser uma técnica de extração de lipídios com solventes, em uma operação unitária na qual constituintes solúveis (óleo) de uma determinada matriz são removidos por meio do contato com um solvente orgânico (MIRANDA et al., 2016).

Esta técnica apresenta vantagens tais como a extração de todas as classes de lipídios sem aquecimento e equipamentos sofisticados, o extrato obtido pode ser utilizado em análises posteriores como determinação de índice de peróxidos, ácidos graxos livres dentre outras. Contudo este método caracteriza-se por utilizar solventes de alto grau de toxicidade tais como clorofórmio e metanol, o qual promove toxidez dos solventes usados e a extração dos contaminantes não lipídicos da fase orgânica (UNDELAND et al., 1998).

Outra vantagem do método desenvolvido por Bligh & Dyer, (1959) é a formação de um sistema bifásico a partir das proporções de solventes adicionados durante o processo de extração. A formação desse sistema bifásico está baseada na teoria do equilíbrio líquido-líquido de três componentes (clorofórmio/ metanol/ água). A determinação das solubilidades de cada componente pode ser avaliada através de um diagrama ternário de solubilidade de dois líquidos parcialmente miscíveis entre si (clorofórmio e água) com um terceiro (metanol), completamente miscível nos outros dois. Nesta técnica a amostra fica imersa em contato com os solventes por um período de tempo que não ultrapassa 15 min (agitação), dependendo do tipo de amostra, mas a mistura de solventes utilizada tem a capacidade de extrair um maior número de lipídios polares da amostra analisada (BRUM et al., 2009).

### 3.2.3 Extração Assistida por Ultrassom

A tecnologia de ultrassom tem sido utilizada para melhorar a extração de compostos de matrizes naturais uma vez que a ação das ondas ultrassônicas facilita a extração dos óleos, a sedimentação do material particulado em suspensão e promove a quebra de células vegetais (CAVALHEIRO, 2013; CHEN et al., 2015; ZHAO et al., 2014). Além disso o ultrassom tem sido objeto de pesquisa e desenvolvimento na indústria de alimentos, pois os seus equipamentos são práticos, confiáveis e de baixo custo. Desta forma a extração assistida por ultrassom tem sido utilizada como forma alternativa ou potencializadora as técnicas convencionais de extração de óleos vegetais e nos processos de homogeneização, emulsificação, esterilização, secagem, filtração separação e extração de compostos, uma vez que essa técnica é considerada

uma metodologia de simples operação, rápida e de baixo custo (CHEMAT et al., 2016; FERREIRA et al., 2014; FIGUEROA et al., 2018).

O efeito que possibilita a aplicação prática do ultrassom no preparo da amostra é a cavitação acústica, que consiste na nucleação, crescimento e colapso de microbolhas em líquidos formadas durante a exposição do meio reacional as ondas ultrassônicas, ou seja, baseia-se na ação de ondas mecânicas de baixa frequência, as quais são responsáveis pela formação e colapso de microbolhas ocasionando áreas pontuais de alta pressão e temperatura na solução (VALE et al., 1998). Os ultrassons compreendem a faixa de frequência maior que 20 kHz, não audíveis por humanos, e apresenta inúmeras aplicações, desde medicina até limpeza de materiais (BENDICHO; LAVILLA, 2018; JÚNIOR et al., 2006).

Breitbach et al. (2003), estudaram os fatores que influenciam na adsorção e dessorção durante o processo de cavitação na extração com ultrassom e concluíram que os principais fatores que interferem na cavitação são: intensidade e a frequência produzidas pelo ultrassom. Dependendo desses fatores a produção de bolhas pode ocorrer com tamanhos diferentes, podendo provocar maior erosão na superfície dos sólidos assim como acelerar o aquecimento e transporte de massas fazendo com que os métodos seja mais ou menos eficiente.

As ondas ultrassônicas são classificadas com base na sua frequência e intensidade. Alta frequência (2 a 20MHz) e baixa intensidade ( $<1 \text{ W.cm}^{-2}$ ), compõem ultrassons de baixa energia, que podem ser empregados na área de alimentos, em técnicas analíticas para promover informações sobre propriedades físico-químicas, composição, estrutura e estado físico de alimentos. Os equipamentos de ultrassom com alta capacidade energética têm baixa frequência (20 a 100kHz) e alcançam níveis de intensidade mais altos (10 a  $1000 \text{ W.cm}^{-2}$ ), com energia suficiente para romper ligações intermoleculares e modificar algumas propriedades físicas e/ou favorecer reações químicas (ALVES et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; BERNARDO et al., 2016; TAN et al., 2018b)

A extração assistida por ultrassom apresenta inúmeras vantagens que estão diretamente ligadas a simplicidade do equipamento, na economia de custo inicial, rapidez e eficiência do processo, baixo consumo de reagentes, possibilita o uso de diferentes solventes para extração, o trabalho é realizado em um ambiente mais seguro e menos suscetíveis a contaminação, além de apresentar uma boa reprodutibilidade. Entretanto, como qualquer método de preparo de amostra, apresenta limitações relacionadas com a reprodução experimental de condições em diferentes aplicações e matrizes diversas, robustez dos procedimentos adotados, além de depender da intensidade da cavitação, tempo de extração e temperatura, sendo necessário otimizar estes parâmetros para utilização desta técnica (BENDICHO; LAVILLA, 2018; JÚNIOR et al., 2006; SEGOVIA et al., 2016).

Diante deste contexto, identificar o melhor método de extração e caracterizar o óleo da polpa e da semente do abacate pelos métodos Soxhlet e Bligh & Dyer, assistidos ou não por ultrassom é de grande importância e interesse para as indústrias de alimentos, farmacêuticas e de cosméticos, visando o potencial tecnológico e exploração do óleo extraído do abacate.

### 3.3 REFERÊNCIAS

ADARAMOLA, B.; ONIGBINDE, ADEBAYO SHOKUNBI, O. Physiochemical properties and antioxidant potential of Persea Americana seed oil. **Chemistry International**, v. 2, n. 3, p. 168–175, 2016.

AL-DOSARI, S. Hypolipidemic and antioxidant activities of avocado fruit pulp on high cholesterol fed diet in rats. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5, n. 12, p. 1475–1483, 2011.

ALBERTO ARIZA ORTEGA, J.; REYNA ROBLES LÓPEZ, M.; RENÉ ROBLES DE LA TORRE, R. **Effect of electric field treatment on avocado oil**, 2013.

ALBERTO NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. et al. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (*Persea americana*): uma revisão integrativa. **J. Food Technol**, 2018.

ALIAKBARZADEH, G.; SERESHTI, H.; PARASTAR, H. Fatty acids profiling of avocado seed and pulp using gas chromatography–mass spectrometry combined with multivariate chemometric techniques. **Journal of the Iranian Chemical Society**, v. 13, n. 10, p. 1905–1913, 16 out. 2016.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, 2018a.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, p. 0–4, 2018b.

ALVARES DE OLIVEIRA, M. et al. **Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar fuerte, armazenados em temperatura ambiente** **1 waxes for enhanced shelflife of avocado cultivar fuerte, stored at room temperature** *Scientia Agricola*, v. 57, n. 5, p. 777-780, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n4/a28v57n4.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

ALVES PEREIRA, P. **Evolução da produção mundial e nacional de abacate, 2015.**

AMERICANA, A. P. E. et al. Composição De Ácidos Graxos Do Óleo Do Mesocarpo E Da Semente De Cultivares De. p. 325–331, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos- Uma breve revisão** *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005**, 2005. Disponível em: <<http://www.oliva.org.br/wp-content/uploads/2016/11/resolucao-rdc-n270-22-09-2005.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2019

**AOCS - American Oil Chemists Society. Official methods... - Google Acadêmico.** Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs\\_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqEJ%3Ascholar.goog](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqEJ%3Ascholar.goog)>. Acesso em: 16 nov. 2019.

ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, n. July, p. 51–60, 2018.

AWOLU, O.; HELIYON, B. Quantitative and qualitative characterization of mango kernel seed oil extracted using supercritical CO<sub>2</sub> and solvent extraction techniques. **Elsevier**, v. 5, p. 03068, 2019.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **FRIN**, v. 44, p. 1866–1874, 2011a.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 1 ago. 2011b.

BARBOSA-MARTÍN, E. et al. Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 457–463, 2016.

BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1–6, 2017.

BARROS, N. **Cores na alimentação**, 2010.

BAYRAM, S.; TEPE, S.; TOKER, R. Determination of some physical and chemical changes in fruits of Hass avocado cultivar during harvesting time. **Araştırma Makalesi/Research Article Derim**, v. 33, n. 1, p. 14–26, 2016.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562, 2016a.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562, 1 dez. 2016b.

BENDICHO, C.; LAVILLA, I. Ultrasound Extractions ☆. In: **Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**, v. 41, n. 3, p. 305–321, 2006.

BERASATEGI, I. et al. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 439–446, 1 maio 2012.

BHUIYA, M.; RASUL, M.; KHAN, M. Comparison of oil extraction between screw press and solvent (n-hexane) extraction technique from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum* L.) feedstock. **Elsevier**, v. 144, p. 112024, 2020.

BLIGH, E. G. AND DYER, W. J. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology Issued by The national research council of Canada a rapid method of total lipid extraction and purification**, p. 911–917, 1959. Disponível em: <[www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)>. Acesso em: 9 jun. 2019.

BORA, P. S. et al. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, n. 3–4, p. 171–174, 2001.

BOTHA, B. M. Supercritical fluid extraction of avocado oil. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, 2004.

BREITBACH, M.; BATHEN, D.; SCHMIDT-TRAUB, H. Effect of Ultrasound on Adsorption and Desorption Processes. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 42, n. 22, p. 5635–5646, out. 2003.

BRUM, A. A. S.; DE ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849–854, 2009.

BULDINI, P. L.; CAVALLI, S.; SHARMA, J. L. **Matrix removal for the ion chromatographic determination of some trace elements in milk** *Microchemical Journal*, v. 72, p. 277-284, 2002.

C.I.E. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. **Supplement No.2 to CIE publication**, v. 2, 1978.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of Food and Health. **Choice Reviews Online**, v. 53, n. 08, p. 53-3319-53–3319, 2016.

CALVO, C.; ALIMENTOS, L. D. TECNOLOGÍA DE; 1997, U. Propiedades físicas II. Ópticas y color. **Instituto Politécnico Nacional Cidade**, 1997.

CAMPOS, J. Cultura racional do abacateiro. 1985.

CAROLINE LUÍZ, R.; AKEMI MEDEIROS HIRATA, T.; CLEMENTE, E. **Kinetic of inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase of avocado (Persea americana Mill.)** *Ciênc. agrotec.*, n. 6, p. 1766-1773, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a25v31n6.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

CARVAJAL-ZARRABAL, O. et al. Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. **Disease markers**, v. 2014, p. 386425, 25 fev. 2014.

CHEL-GUERRERO, L. et al. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. **International journal of biological macromolecules**, v. 86, p. 302–308, maio 2016.

CHEMAT, F. et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications A Review. **Ultrasonics - Sonochemistry**, 2016.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Elsevier**, v. 34, p. 540–560, 2017.

CHEN, M. et al. Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. **Elsevier**, 2015.

CORZZINI, S. C. S. et al. Extraction of edible avocado oil using supercritical CO<sub>2</sub> and a CO<sub>2</sub>/ethanol mixture as solvents. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 40–45, 2017.

DABAS, D. et al. Avocado (*Persea americana*) Seed as a Source of Bioactive Phytochemicals. **Current Pharmaceutical Design**, v. 19, n. 34, p. 6133–6140,

2013.

DAIUTO, É. R. et al. CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE PULP, PEEL AND By PRODUCTS OF AVOCADO 'HASS. **Rev. Bras. Frutic**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 2014a.

DAIUTO, É. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate "Hass". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 1 jun. 2014b.

DE OLIVEIRA REIS, J. H. et al. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasoundassisted extraction. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, 2019.

DE SOUSA GALVÃO, M.; NARAIN, N.; NIGAM, N. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. **539 Food Sci. Technol, Campinas**, v. 34, n. 3, p. 539–546, 2014.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, 2014a.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, jan. 2014b.

DOTTI MOOZ, E. et al. Physical and chemical characterization of the pulp of different varieties of avocado targeting oil extraction potential Caracterização física e química da polpa de diferentes variedades de abacate visando o potencial para extração de óleo. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 32, n. 2, p. 274–280, 2012.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013a.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, jan. 2013b.

DUARTE, P. F. et al. Avocado: Characteristics, health benefits, and uses. **International News on Fats, Oils and Related Materials**, v. 28, n. 3, p. 28–32, 2017.

ESPINOSA-ALONSO, L. G. et al. Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1–12, 2017.

EWALD, G.; BREMLE, G.; BULLETIN, A. Differences between Bligh and Dyer

and Soxhlet extractions of PCBs and lipids from fat and lean fish muscle: implications for data evaluation. **Elsevier**, v. 36, p. 222–230, 1998.

EYRES, L.; SHERPA, N.; TECHNOL, G. H. Avocado oil: a new edible oil from Australasia. p. 84–88, 2001.

**FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TA/metadata>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORETE STATISTICAL DATABASE. **Produção Mundial de Abacate**, 2017.

FARLEY, K. et al. Avocado-related knife injuries: Describing an epidemic of hand injury. **Elsevier**, 2019.

FERNANDO DE OLIVEIRA DA SILVA, L. et al. **Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira Quality variation of olive oil in olive cultivars Bragantia**, n. 2, p. 202-209, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n2/v71n2a08.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015a.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento Scientific Note: Physicochemical characterization of avocado oil extracted by centrifugation and of the process byproducts \*Autor Correspondente | Corresponding Autores | Authors. **Brazilian Journal of Tecnology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015b.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015c.

FERREIRA, B. L. et al. Extração assistida por ultrassom para determinação de Fe, K e Na em amostras de achocolatado em pó. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 236–242, set. 2014.

FIGUEROA, J. G. et al. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 105, p. 752–763, mar. 2018.

FIORI, L. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from seeds of six grape cultivars: Modeling of mass transfer kinetics and evaluation of lipid profiles and tocol contents. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 94, p. 71–80, 1 out. 2014.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019a.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019b.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE, G. H. **A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues**, p.497-509, 1957.

FURLAN, C. P. B. et al. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 349–354, 2017.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. . Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture**, 1970.

GÓMEZ, F. S. et al. Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. **Antioxidants (Basel, Switzerland)**, v. 3, n. 2, p. 439–454, jun. 2014.

HATZAKIS, E. et al. Perseoragin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. **Elsevier**, v. 293, p. 15–22, 2019.

HERNANDEZ-LOPEZ, S. H. et al. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. **Meat science**, v. 116, p. 186–192, jun. 2016.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit— *Persea americana*. In: **Exotic Fruits**. [s.l.] Elsevier, 2018a. p. 37–48.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit—*Persea americana*. **Exotic Fruits**, p. 37–48, 1 jan. 2018b.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2016.

JAVIER, O. et al. Thermal analysis and antioxidant activity of oil extracted from pulp of ripe avocados Fast Detection of *Listeria monocytogenes* through nanohybrid quantum dot complex View project Síntesis de líquidos iónicos análogos de curcumina con modificación gradual de la lipofilia y estudio de su actividad antitumoral View project. **Article in Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2017.

JORGE, T. Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana* mill) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente. **Aleph**, 2014.

JOSEPH, J. D., & ACKMAN, R. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **ci.nii.ac.jp**, 1992.

JÚNIOR, D. S. et al. **Currents on ultrasound-assisted extraction for sample preparation and spectroscopic analytes determination** *Applied Spectroscopy Reviews*, 2006. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/239395444>>. Acesso em: 12 jan. 2020

KMIECIK, D. et al. b-Sitosterol and campesterol stabilisation by natural and synthetic antioxidants during heating. **Food Chemistry**, 2011.

KRUMREICH, F. D. Obtenção de óleo de abacate por diferentes processos: avaliação da qualidade, perfil de biocompostos e incorporação em fibras ultrafinas de zeína. 1 mar. 2018.

KRUMREICH, F. D. et al. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. **Food Chemistry**, v. 257, p. 376–381, ago. 2018.

LARA-MÁRQUEZ, M. et al. Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v. 64, 1 jan. 2020.

LEITE, J. J. G. et al. Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 2, p. 110–113, abr. 2009.

LERMAN-GARBER, I. et al. Effect of a high-monounsaturated fat diet enriched with avocado in NIDDM patients. **Diabetes care**, v. 17, n. 4, p. 311–315, abr. 1994.

LIU, H. et al. Ultrasound-assisted desolventizing of fragrant oil from red pepper seed by subcritical propane extraction. **Elsevier**, v. 63, p. 104943, 2020.

LÓPEZ-ORDAZ, P. Effect of the extraction by thermosonication on castor oil quality and the microstructure of its residual cake. **Elsevier**, v. 141, p. 111760, 2019.

LU, J. et al. MicroRNA expression profiles classify human cancers. **Nature**, v. 435, n. 7043, p. 834–838, jun. 2005.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, n. 1–2, p. 1–10, 10 ago. 1998.

MACHADO, B. A. S. et al. Chemical Composition and Biological Activity of Extracts Obtained by Supercritical Extraction and Ethanollic Extraction of Brown, Green and Red Propolis Derived from Different Geographic Regions in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 1, p. e0145954, 8 jan. 2016.

MAHAN, L.; ESCOTT-STUMP, S. Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia.

2005.

MAITERA, O. N.; OSEMEAHON, S. A.; BARNABAS, H. L. **PROXIMATE AND ELEMENTAL ANALYSIS OF AVOCADO FRUIT OBTAINED FROM TARABA STATE, NIGERIA**. *J. Sci. Res. and Tech.* [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.indjst.com>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MANACH, C. et al. **Polyphenols: food sources and bioavailability**. *Am J Clin Nutr.* [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/79/5/727/4690182>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

MARIA DEL REFUGIO RAMOS- JERZ. **Phytochemical analysis of avocado seed (Persea americana Mill., c.v. Hass)**, 2007. Disponível em: <<https://cuvillier.de>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

MARTIN, C. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *agris.fao.org*, 2006.

MASSAFERA, G. et al. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea Americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. *Braslian Journal Food and Nutrition*, v. 21, n. 2, p. 325–331, 2010.

MATSUSAKA, Y.; KAWABATA, J. Evaluation of antioxidant capacity of non-edible parts of some selected tropical fruits. *Food Science and Technology Research*, v. 16, n. 5, p. 467–472, 2010.

MELGAR, B. et al. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops & Products*, v. 111, p. 212–218, 2017.

MENEGON BUOSI ORIENTADOR, G.; MARIA CRISTINA MILINSK, D. **Extração do óleo de abacate (Persea americana Mill.) visando a produção de biodiesel e sua caracterização**, 2013.

MIRANDA, J. et al. AN. Influência da granulometria e do método de extração no rendimento de óleo obtido da semente de uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). *seer.fcfar.unesp.br*, v. 37, n. 2179–443, 2016.

MOHAMMADPOUR, H.; SADRAMELI, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of *Moringa peregrina* oil with response surface methodology and comparison with Soxhlet method. *Elsevier*, v. 131, p. 106–116, 2019.

MOLERO GÓMEZ, A.; PEREYRA LÓPEZ, C.; DE LA MARTÍNEZ OSSA, E. Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: A comparison with conventional solvent extraction. *Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal*, v. 61, n. 3, p. 227–231, 1996.

MONIKA, P.; PHYTOMEDICINE, A. G.-; 2015, UNDEFINED. The modulating

effect of *Persea americana* fruit extract on the level of expression of fatty acid synthase complex, lipoprotein lipase, fibroblast growth factor-21 and. **Elsevier**, p. 939–945, 2015.

MOON, J.-K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655–1666, 11 mar. 2009.

MORETTO, E. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. 1998.

NAFIU, M. O. et al. Preparation, Standardization, and Quality Control of Medicinal Plants in Africa. **Medicinal Spices and Vegetables from Africa**, p. 171–204, 1 jan. 2017.

NAM, Y. et al. Avocado oil extract modulates auditory hair cell function through the regulation of amino acid biosynthesis genes. **mdpi.com**, v. 11, n. 1, p. 113, 2019.

NAVEH, E. et al. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. **The Journal of nutrition**, v. 132, n. 7, p. 2015–8, jul. 2002.

NIETO-ANGEL, D.; ACOSTA-RAMOS, M.; ORTIZ, D. T.; SÃO JOSÉ, A. R. Enfermedades Del Aguacate. p. 473–491, 2006.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A. et al. Nutritional profile and benefits of avocado oil (*Persea americana*): An integrative review. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

NOVARTIS, J. M. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). **Article in The Journal of Agricultural Science**, 2013.

OLAETA, J. A. et al. **Use of hass avocado (*Persea americana* Mill.) seed as a processed product**, 2007.

OLIVEIRA, M. et al. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **redalyc.org**, v. 43, n. 3, p. 411–418, 2013.

ORGANIC PURE OIL. **Pure Avocado Oil Partially Filtered**. Disponível em: <<https://www.organicpureoil.com/product/organic-pure-oils/pure-avocado-oil/>>.

ORHEVBA, B. A.; JINADU, A. O. Determination of Physico-Chemical Properties and Nutritional Contents of Avocado Pear ( *Persea Americana* M .). **Academic Research International ISSN:**, v. 1, n. 3, p. 372–381, 2011.

OZDEMIR, F.; CHEMISTRY, A. T. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting

ripening period. **Elsevier**, 2004.

PACETTI, D. et al. Simultaneous analysis of glycolipids and phospholipids molecular species in avocado (*Persea americana* Mill) fruit. **Journal of Chromatography A**, v. 1150, n. 1–2, p. 241–251, maio 2007.

PACKER, L.; LANDVIK, S. Vitamin E: Introduction to Biochemistry and Health Benefits. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 570, n. 1 Vitamin E, p. 1–6, 1 dez. 1989.

PADMANABHAN, M.; ARUMUGAM, G. Effect of *Persea americana* (avocado) fruit extract on the level of expression of adiponectin and PPAR- $\gamma$  in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v. 11, n. 2, p. 107–119, 2014.

PAGNUSSATT, P. A. C. H. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do azeite de abacate: Revisão, 2014.**

PERMAL, R. et al. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. **Elsevier**, v. 306, p. 125635, 2020.

PUSHKAR S. BORA, N. N.; ROSALYND V.M. ROCHA AND MARÇAL QUEIROZ PAULO. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, p. 171–174, 2001.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A review on *Persea Americana* Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. **International Journal of PharmTech Research**, v. 8, n. 6, p. 72–77, 2015.

ROBBERS, J. et al. **Farmacognosia e farmacobiotechnologia**, 1997.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância para a saúde. **Revista Estudos**, v. 41, n. 1, p. 76–85, 2014.

RODRIGUES, S.; OLIVEIRA SILVA, E.; SOUSA DE BRITO, E. Exotic Fruits Reference Guide is the ultimate. **Academic Press**, p. xix, 2018.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. 2011.

ROSENBLAT, G. et al. Polyhydroxylated fatty alcohols derived from avocado suppress inflammatory response and provide non-sunscreen protection against UV-induced damage in skin cells. **Archives of Dermatological Research**, v. 303, n. 4, p. 239–246, 27 maio 2011.

SAAVEDRA, J. et al. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p. 81–90, 2017.

SALDEEN, K.; SALDEEN, T. Importance of tocopherols beyond  $\alpha$ -tocopherol: evidence from animal and human studies. **Nutrition Research**, v. 25, n. 10, p. 877–889, 1 out. 2005.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( *Persea americana* Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( *Persea americana* Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, p. 20–26, 2008a.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( *Persea americana* Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( *Persea americana* Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, n. 3, p. 20–26, 2008b.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20–26, dez. 2008c.

SCHROEDER, C. A. THE ORIGIN, SPREAD, & IMPROVEMENT OF THE AVOCADO, SAPODILLA & PAPAYA . **The Indian Journal of Horticulture Special Symposium Number**, v. 15, p. 3–4, 1958.

SEGOVIA, F. J. et al. Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. **Molecules**, v. 23, n. 10, p. 2421, 2018.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016a.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016b.

SHAHIDI, F. et al. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 10, p. 1745, 20 out. 2016.

SHI, D. et al. Antioxidant Properties of Hass Avocado Waste Fractions. **mdpi.com**, v. 37, p. 31, 2019.

SOEST, P. V. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell wall constituents. **ci.nii.ac.jp**, v. 50, p. 50–55, 1967.

SOLER, N. et al. Elaboração, composição química e avaliação sensorial de sobremesas lácteas achocolatadas com abacate. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 143–148, 2011.

SOONG, Y.-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411–417, 1 dez. 2004.

SOXHLET, F. The weight analytic determination of milk fat. **Polytechnisches Journal**, v. 232, p. 461–465, 1879.

SURUKITE, O. et al. Qualitative Studies on Proximate Analysis and Characterization of Oil From *Persea Americana* ( Avocado Pear ). **Journal of Natural Sciences Research www.iiste.org ISSN**, v. 3, n. 2, p. 68–74, 2013.

TABESHPOUR, J.; RAZAVI, B. M.; HOSSEINZADEH, H. Effects of Avocado ( *Persea americana* ) on Metabolic Syndrome: A Comprehensive Systematic Review. **Phytotherapy Research**, v. 31, n. 6, p. 819–837, 1 jun. 2017.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, n. November 2017, p. 45–51, 2018a.

TAN, C. X. et al. Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 2, 2018b.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 45–51, 1 maio 2018c.

TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Elsevier**, p. 381–392, 2019.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004a.

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**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004b.

THACH, ELIZABETH C., THOMPSON, KAREN J., MORRIS, A. A fresh look at followership: A model for matching Followership and leadership styles. **Journal of Behavioral & Applied Management**, n. 1, p. 1–5, 2006.

UNDELAND, I. et al. Comparison between methods using low-toxicity solvents for the extraction of lipids from herring (*Clupea harengus*). **Elsevier**, p. 355–365, 1998.

UZOH, C. F.; ONUKWULI, O. D. Self-cured Alkyd Resin Using Non-Drying Avocado Seed Oil as a Material of Regenerative Resource. **Bulletin of the Korean Chemical Society**, v. 39, n. 5, p. 643–650, 2018.

VALE, M. G. R. et al. Extraction of organic material in mineral coal by using supercritical fluid extraction, soxhlet, and sonication methods. **Journal of Microcolumn Separations**, v. 10, n. 3, p. 259–263, 1998.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. . Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WAH, T.; CHIA, R.; DYKES, G. A. **Pharmaceutical Biology Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (Persea americana) of three cultivars**. 2010.

WANG, J. et al. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (Persea americana Mill.) oil processing by-products. **Elsevier**, v. 288, p. 146–153, 2019.

WANG, W. et al. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WANG, W.; BOSTIC, T. R.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WERMAN, M. J.; NEEMAN, I.; MOKADY, S. Avocado oils and hepatic lipid metabolism in growing rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 29, n. 2, p. 93–99, 1 jan. 1991.

WIJNGAARD, H. et al. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 505–513, 2012.

WOOLF, A. et al. Avocado Oil. **Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils**, p. 73–125, 1 jan. 2009.

YAHIA, E. M. **The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health**, 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.545.2365&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

YAHIA, E. M. et al. Chemistry, stability, and biological actions of carotenoids. In: **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition**, v. 1p. 285–345, 2017.

ZÜGE, LUANA CAROLINA BOSMULER. **Extração e caracterização da polpa e do óleo de abacate**, 2015.

## Capítulo 3. Artigo 1

### 4 ARTIGO 1: Technological Potential of Avocado Oil: Prospective Study Based on Patent Documents.

Valente CG<sup>1</sup>, Nery TBR<sup>1</sup>, Barreto GA<sup>1</sup>, Reis JHO<sup>2</sup>, Cerqueira JC<sup>1</sup>, Machado BAS<sup>1</sup>.

1.Laboratory of Applied Research in Food and Biotechnology, University Center SENAI/CIMATEC, National Service of Industrial Learning - SENAI, Salvador, Bahia. Brazil.

2.Federal University of Bahia, Faculty of Pharmacy, Salvador, Bahia. Brazil.

Artigo publicado em ***Recent Patents on Biotechnology***, 2019, 13, 1-12

Copyright© Bentham Science Publishers; for any queries, please email at [epub@benthamscience.net](mailto:epub@benthamscience.net).

KEYWORDS: *Persea americana*; avocado seed; biotechnology; oil; patents; technological prospecting

PMID: 31113349

DOI:10.2174/1872208313666190522102518

## RESEARCH ARTICLE

## Technological Potential of Avocado Oil: Prospective Study Based on Patent Documents

Valente Chaves Gabriela<sup>a</sup>, Nery Tatiana Barreto Rocha<sup>a</sup>, Barreto Gabriele de Abreu<sup>a</sup>, Reis João Henrique de Oliveira<sup>c</sup>, Cerqueira Jamile Costa<sup>a</sup> and Machado Bruna Aparecida Souza<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup>Laboratory of Applied Research in Food and Biotechnology, University Center SENAI/CIMATEC, National Service of Industrial Learning – SENAI, Salvador, Bahia, Brazil; <sup>b</sup>Health Institute of Technology (CIMATEC ITS), University Center SENAI/CIMATEC, National Service of Industrial Learning – SENAI, Salvador, Bahia, Brazil; <sup>c</sup>Federal University of Bahia, Faculty of Pharmacy, Salvador, Bahia, Brazil.

**Abstract: Background:** Avocado (*Persea Americana*, Mill.), belonging to the *Lauraceae* family, is considered a tropical fruit originating in Central America, with Mexico being the largest producer in the world. The fruit stands out for its economic potential and high nutritional value and its oil has good commercial value, however, its production is still incipient, being mainly used by the pharmaceutical and cosmetic industries. Despite producing a significant amount of oil, the avocado seed is still considered a by-product of fruit processing.

**Methods:** Thus, the objective of this work was to evaluate the technological potential of the oil obtained from the avocado and avocado seed through the research and analysis of patent documents available worldwide, in order to identify the main countries that have the technology researched as well as, the main areas of application. We revised all the patents related to acquisition, application and the use of avocado oil. For this, a search was carried out for the database of the Derwent Innovation Index (DII), which compiles the collection of documents published around the world.

**Results:** A total of 144 patent documents were identified, which were evaluated for the country of origin of the publisher, the type of the publisher, inventors, rate of publication over time and areas of application. There has been an increase in the number of patents produced as of 2011, which proves it to be a current and interesting technology. The main countries were the United States and the European Union.

**Conclusion:** The documents identified referred to different processes applied to obtain oil, as well as the application for the development of new food, cosmetic and veterinary products. In this way, although incipient, the researched technology proved to be a promising area of research to be explored by universities and companies in view of the characteristics and potential of the product.

## ARTICLE HISTORY

Received: February 22, 2018

Revised: April 13, 2019

Accepted: April 18, 2019

DOI:

[10.2174/20831918191768321102578](https://doi.org/10.2174/20831918191768321102578)

**Keywords:** *Persea americana*, oil, avocado seed, patents, biotechnology, technological prospecting.

### 1. INTRODUCTION

The avocado (*Persea Americana*, Mill.) belongs to the *Lauraceae* family and is considered a tropical fruit originating in Central America, more pre-

cisely between Mexico and Panama, from where it was expanded to the rest of the world [1, 2]. According to data from the Food and Agriculture Organization Corporation Statistical Database [3], the world production of avocado in 2017 was almost six thousand tons, in which Mexico occupies the first position of the ranking with an annual production of approximately two thousand tons, followed by the Dominican Republic and Peru. Brazil occupies the sixth position, with an annual

\*Address correspondence to this author at the Laboratory of Applied Research in Food and Biotechnology, University Center SENAI/CIMATEC, National Service of Industrial Learning – SENAI, Salvador, Bahia 41650-010, Brazil; Tel: +5571999176832; E-mail: [brunam@fieb.org.br](mailto:brunam@fieb.org.br)

production of 213 tons of avocado, in which the great majority is exported to the European market [4].

The avocado tree is considered as one of the most productive plants per unit of the cultivated area [5, 6]. The fruit has dark olive bark and thick yellowish-green flesh, rich in lipid component and valued for its nutritional and sensorial attributes [6]. In Brazil, it is cultivated in almost all the states, and is found in great variety in the diverse regions of the country, whose fruits also present variations in the chemical composition, form, and color [1, 2]. The lipid content of the fruit, as well as the bioactive compounds found in both the pulp and the bark and avocado seeds, may change and vary according to the climatic conditions and the type of cultivation employed [7]. The main fatty acids in avocado oil were oleic (59.46-67.69%), palmitic (12.79-17.50%) and linoleic (10.50-15.15%) acids [8]. However, ten other fatty acids are also present in avocado oil and have been reported in different studies [9-11].

It is also worth noting that avocado is one of the fruits that stand out for its nutritional value, considering that its pulp presents high energetic value when compared to other tropical fruits [12, 13]. It has organoleptic quality, coupled with the richness of vitamins and minerals (vitamin E, B6, ascorbic acid,  $\beta$ -carotene, phosphorus, magnesium, and potassium). Moreover, fiber, starch, proteins, and high lipid contents provide avocado with functional properties that can act for the prevention of cardiovascular diseases, mainly due to its content rich in polyunsaturated fatty acids, which may justify the growth of its consumption in recent years [2, 5, 13]. According to American Dietetic Association (ADA) [14], avocado is considered a functional food because of its high nutritional value and proven beneficial effects on human health already proven in different studies [15-17].

Avocado oil can be extracted from both the fruit pulp and the seed, however, currently, the main source of the oil is the pulp. Thus, few studies are available on seed oil, and most of the available theoretical and technical references refer to oil from fruit pulp. In general, the avocado seed oil is considered a by-product, mainly due to its low yield when compared to oil extracted from avocado pulp, despite its high content of polyunsaturated fatty acids and antioxidant compounds [18].

It should be noted that oil extracted from avocado (seed or pulp) presents a relatively similar proportion of fatty acids to olive oil, predominating oleic acid, making it a potential substitute for this type of olive oil [19].

The food, pharmaceutical, and cosmetics industries use avocado to extract the oil or the processing of the pulp, in which, after processing, it ends up generating tons of organic wastes, mainly composed of barks and seeds. The seed, which represents 25% of the fruit, can be harvested for oil extraction and bioactive components of interest [2, 20]. As shown in some studies, the avocado seed has high levels of phenolic compounds with antioxidant activity in its composition, such as lipids, starch, proteins, and other compounds of interest [2]. It is important to note that, although avocado seed oil has an important nutritional and commercial value, its production is still incipient [21], being exploited only by the pharmaceutical and cosmetics industry, in view of its organoleptic characteristics, bitter and astringent taste [5, 21]. Figueroa *et al.* [15] identified 84 compounds in avocado seed (phenolic and other polar compounds), within eight subclass groups, among these 45 phenolic compounds were identified for the first time in the avocado seed. Condensed tannins (procyanidins), phenolic acids (hydroxybenzoic acids, hydroxyphenylacetic acids and hydroxycinnamic acids) and flavonoids (quercetin, naringenin and sakuranetin) were the most representative groups in the avocado seed.

Massafera *et al.* [1], used the pulp and avocado seed as sources of oil and demonstrated that the amount of oil extracted from the pulp of the fruit is superior to the oil extracted from the seed, however, it was identified that both had high levels of fatty acids of the omega family in its composition. Fatty acids of the omega family are of great interest for regular consumption, mainly due to the benefits associated with maintaining cardiovascular health [1, 18]. In the oil obtained from the fruit pulp, the concentration of oleic acid found varied from 31.77 to 50.33%, and in the oil obtained from the seed, the concentration of this fatty acid ranged from 11.69 and 35.83 % [1], which demonstrates the high potential of the seed to obtain a high-quality oil, mainly because it is obtained from a pulp processing residue. Thus, obtaining the oil

from the avocado seed is extremely viable and the quality of the product obtained has already been demonstrated in previous studies.

As the pace of technological innovation increases, patent information has been singled out as the kind of resource that provides the basis for a competitive and sustainable advantage in the current era of the knowledge economy [22]. Thus, the use of prospective studies or future studies to aid decision-making is a relatively recent activity and originates from a context of profound transformations, especially with regard to the globalization of the economy and the acceleration of technological advances, becoming an essential task in the management of this new model of intellectual capital [12, 23].

It is important to note that patent information contains relevant technical items, and 80% of information about a particular technology can be found only in patent databases [24, 25]. In this context, the analysis of patents by the industrial sector has been a useful and increasingly used tool because it is related to the identification of motivating factors involved in the strategic decision process of the companies regarding the exploitation of the public information contained in these documents, and is considered in this way as a source for developing research and obtaining new processes or products. Given this context, and in view of the fact that avocado seeds are important sources of oil and antioxidant compounds, this work aimed to evaluate the technological potential of oil extracted from avocado and avocado seed oil through research on patent documents published throughout the world. Thus, a study of technological prospect was carried out from the world panorama of patent documents related to this technology with the objective of identifying the main areas of application, historical evolution and the main countries that have the technology researched and with a primary focus on patents involving the use of avocado seed oil.

## 2. METHODOLOGY

For the research of the technology protected or described in patent documents related to the oil obtained from avocado, a search was carried out using the Text-Fields option in the database of the Derwent Innovation Index (DII) (Thomson Innovation<sup>®</sup> with license of use by the University Cen-

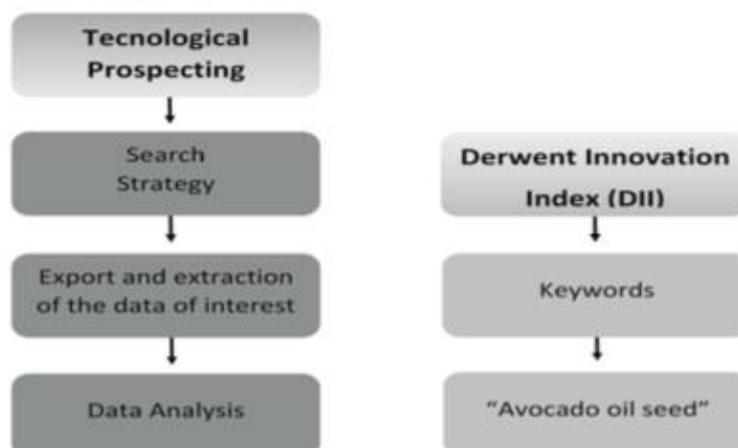
ter SENAI CIMATEC - Salvador, Bahia, Brazil). The keywords used represented the different ways in which the technology of interest could be identified in the documents. The database in question compiles the collection of patents available worldwide. The survey was carried out by searching the terms selected in the title, summary, descriptive report and claims of the documents. Regarding the period of data collection, the research was carried out from July to August 2018. We revised all the patents relating to acquisition, application and use of avocado oil. It is important to note that for the search of patents, there is a restriction of access for a period of 18 months that precedes its publication, characterized by World Intellectual Property Organization (WIPO) as a period of secrecy.

The graphs were obtained using the Origin 8.1 program. The indicators considered for analysis of the data were: year of publication of the document in the country of origin (assessed by the priority date), the main inventors and publishers, publisher's country of origin and these are internationally used to define the classification areas of documents. The term "patent document" includes published patent applications, patents granted, expired or filed. To interpret information about a protected and interesting technology (products and processes using avocado oil), each document was analyzed and relevant information describing the invention was extracted and discussed in this paper. Figure 1 shows the flowchart of the methodological process used.

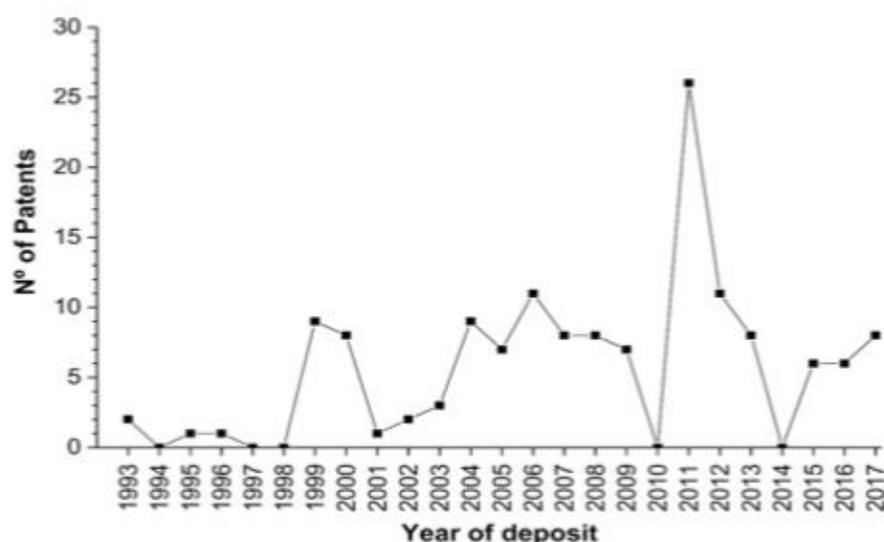
## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Patent analysis is a robust approach that has been widely used to identify competition, design strategies for the future, support the development of new processes and products in a particular target technology field, and especially to obtain competitive advantages of sustainability [26]. Thus, the analysis of the evolution of a specific technology is of great importance to evaluate the real impacts and potential interest of the market for a new or better technological demand.

Based on the data collection in the Derwent Innovation Index (DII) patent database, 144 documents were identified related to the area of research interest of this study (products and processes using avocado oil). Thus, avocado seeds,



**Fig. (1).** Methodological flowchart of the research based on patents used to elaborate the technological prospection on avocado oil.



**Fig. (2).** Annual evolution of patent deposits on avocado oil between 1993 and 2017.

which are a residue mainly obtained from the food industry, can be used to obtain the oil with high biotechnological potential. From the research, it was also possible to identify the main countries having the technology of interest, main publishers and inventors, demonstrate the annual evolution of the publications, as well as carry out the area assessment from the analysis of the international patent classification codes (IPC) contained in the documents.

Figure 2 Shows the annual evolution of patents filed between 1993 and 2017, a period which

documents publications related to the technology of interest. From the analysis of the annual evolution (Fig. 2), between 2011 and 2017 the largest number of publications was identified, represented by 46% [65] of the total documents. In 2011, the largest number of inventions on the technology was made, representing 18% (26) of the total number of documents identified. However, due to the confidentiality period (18 months), it is important to highlight that the years 2017 (8) and 2018 (0) do not represent the actual value of protected inventions in the researched area.

The first patents related to avocado oil were described by Kozo and Emiyo [27] and Frank [28]. These two patents were identified in 1993 and owned by Canada and the United States related to the development of an antioxidant food product containing avocado seed oil in its composition [27], and the development of oily compositions to be used as a stabilizer, emollient and co-emulsifier in cosmetics and pharmaceuticals [28], respectively.

Thus, there is a growing increase in the interest of new technologies that involve obtaining the oil of the avocado seed. This fact can be justified by the growing interest of the scientific community and the food, cosmetic, veterinary and pharmaceutical industries in using this oil, since it is a product with a high biological value, rich in polyunsaturated fatty acids of the family omega 3 and different classes of antioxidant compounds [29, 30], besides the low cost associated with the raw material. For example, according to Leung's Encyclopedia of Common Natural Ingredients [31], the avocado seed contains an important condensed flavonol called biscatechin, which can be obtained during the extraction of the oil. Syed *et al.* [32] isolated the biscatechin from avocado seeds and demonstrated the antitumor and antimicrobial activity *in vitro* and *in vivo* when tested in mice. Daiuto *et al.* [18] analyzed the contents of phenolic compounds and antioxidant activity present in the avocado seed. It was demonstrated that in the seed, there are higher contents of phenolic compounds and high antioxidant capacity in relation to the pulp, being considered as an important source of bioactive compounds that can be better explored by the industrial segments.

In addition, the growing number of patent may also be related to the greater interest in the use of waste to obtain products with high added value. It is unfortunate that the food industry is one of the main responsible bodies for the generation of waste during food processing. These types of wastes have a significant environmental impact due to the high organic load they contain, as well as the associated handling, transportation, storage and other costs [33-35]. Therefore, there has been an increase in the number of studies for the alternative use of these residues, such as animal feed, fertilizers, natural additives, food formulations, cosmetics, among others [34]. For example, Soo [36] reported in the patent a functional avocado oil

with increased antioxidant activities using avocado seeds to be discarded, and a production method. Recently, in 2016, Kesheng *et al.* [37] issued a patent on the use of avocado seeds in beverages and avocado seed internal heat-reducing tea.

In the review study carried out by Dabas *et al.* [38] who evaluated scientific data on bioactivity and other functional properties of avocado seeds, it was also demonstrated that although the seed represents a considerable percentage of the fruit, scientific research on the phytochemistry and biological effects of avocado seeds is still in the initial stages (Fig. 2).

As mentioned earlier, residues generated during the processing of avocado for human consumption contain high concentrations of bioactive compounds, such as polyphenols [33, 39, 40]. Different studies on human and animal models have demonstrated the biological potential of this type of oil in the weight control processes, reducing the risk of diabetes [41] and control of blood cholesterol levels [42]. Rodriguez-Carpena *et al.* [43] demonstrated that the rich polyphenolic content present in avocado is responsible for the high antioxidant and antimicrobial capacity. Thus, the polyphenols present in the oil extracted from the avocado seed can also aid in the prevention of various chronic diseases that involve the formation of free radicals, including hypertension, some inflammatory disorders, Alzheimer's and diabetes [44]. According to Odo *et al.* [45], avocado seed oil may be used to treat or prevent some disorders related to the gastrointestinal tract due to the presence of phytochemicals which have antispasmodic effects.

An important application of avocado seed oil is its use in cosmetic products with antioxidant properties in order to prevent or delay cellular aging [46]. Adaramola *et al.* [47], evaluated the physicochemical and antioxidant properties of the oil extracted from the avocado seed and demonstrated that this oil is rich in flavonoids and presents a high antioxidant potential, reinforcing the nutritional, medicinal and industrial potential of this product. Some products are already commercially available in the markets of some countries, such as the product marketed in the United States by the company Organic Pure Oil [48] and Bulk Avocado Oil, manufactured and marketed by a Chinese company [49]. Dunning [50] published a patent



Fig. (3). Major countries and patent deposit organizations between 1993 and 2017 on avocado oil. Source: Thomson Innovation©, 2019, adapted.

WIPO: World Intellectual Property Organization - patents deposited via PCT (Patent Cooperation Treaty); EU: European Union.

about a makeup removal liquid soap made up of lavender and avocado oil and compared it with the existing makeup removal liquid, in which natural vegetable oil is used as the main ingredient. Vermaak *et al.* [51], in their study also emphasized cosmetic applications, botanical aspects, uses, physicochemical properties and composition of oils derived from fruit seeds, as well as their biological activity and commercial importance.

Figure 3 shows the distribution of patents filed by countries/organizations between 1993 and 2017. The United States stands out as the largest supporter of the technology of interest, with 41% of all safe inventions followed by the European Union with 18% and Canada and China with 5%. The results show that the developed countries have a greater dominance and interest in the technology researched and also stand out in relation to the concern in the use of industrial residues for the development of new technologies for application in products of high added value (functional foods, cosmetics and compositions pharmaceutical products for human and animal medicine) [42, 52-54].

The use of residues from food processing is an issue that has received greater attention by the scientific community and industrial sector, given the social, environmental and economic challenges that it presents for sustainable food management [55]. Thus, strategies to reduce food waste can potentially contribute to the sustainable efforts re-

lated to food recovery and redistribution, conservation of natural resources and consumer money saving [56]. The politics related to the use of waste, as well as the awareness of companies and consumers, is more in developed countries, which may justify a greater number of patents related to the technology researched in this study.

It is noteworthy that Central America and the Caribbean account for almost half of the world's avocado production (Fig. 4A), with a third level of production by Mexico [57]. However, although countries such as Mexico, the Dominican Republic and South American countries, such as Brazil, stand out as major producers and exporters of avocados, they are not the main patent holders related to the oil of this fruit (Fig. 4B). The United States, despite ranking 7th in the world production ranking, is one of the main importers of this product and stands out as the largest patent holder in the surveyed area (Figs. 4A and 4B). Mexico exported 55% of the total, mainly to the United States [58].

In the specific case of Brazil and other South American countries, the lack of many patents may indicate lack of interest/local culture of patents by companies and universities, and lack of interest in the area of study despite the high application potential and market value of the researched product, therefore, more incentives are needed to increase the scenario of these countries [59, 60]. The most recent report from the *World Intellectual Property Organization* (WIPO) presents a picture of the

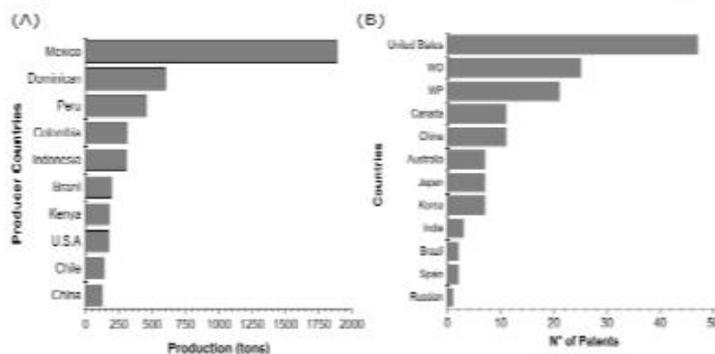


Fig. (4). (A) World avocado production by country in 2016 (in tons), (B) number of patent deposits per country. Source: The Statistics Portal (62), adapted.

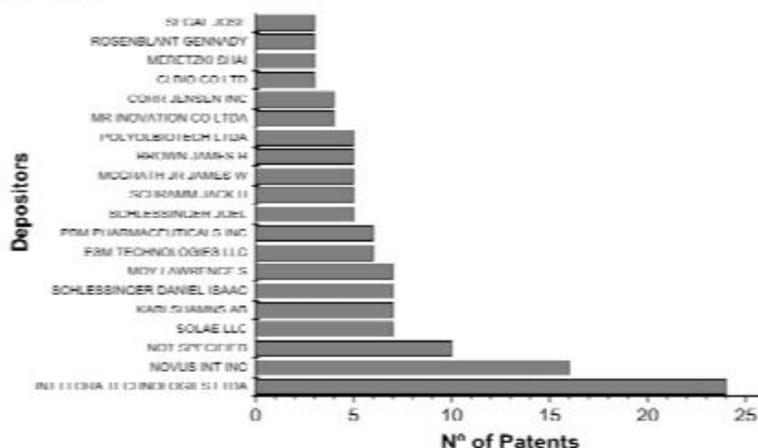


Fig. (5). Major patent depositors from 1993 to 2017 on avocado oil.

patenting activities that shaped the global intellectual property system in 2016, with China, the United States and Japan occupying the top three positions in the world's patent filing ranking system, respectively, with Brazil at 24 [61]. Unfortunately, developing countries have been characterized by the inexistence or inefficiency of innovation policies that ensure greater international competitiveness.

The patent document allows public access to detailed information about a particular technology (inventions) and provides guidance on what searches are performed by certain companies, institutions or individuals. Thus, the analysis of the publishers is of great relevance to identify which companies or institutions have invested efforts in a certain field. Figure 5 shows the main patent investors related to avocado oil.

The main contributors are the North American companies International Flora Technologies, with a total of 24 documents (18%), followed by the company Novus International, with 16 patents published (12%). The results found in relation to the main depositors are in agreement with the data obtained for the main contributors (Fig. 3), reinforcing that the United States has technological dominance and greater interest in the development and protection of products and processes related to avocado oil.

According to data analysis of the main types of depositors (Fig. 6), 55% are represented by companies, 40% are individual (or independent) inventors and 5% are not specified. These results demonstrate the great interest of the industrial sector in research, development, innovation, and application of avocado oil.

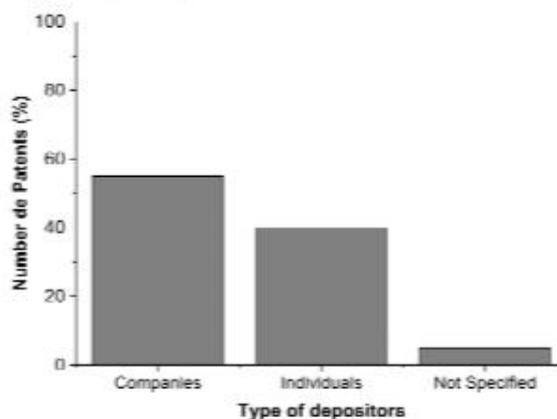


Fig. (6). Percentage of the number of patents per type of depositor.

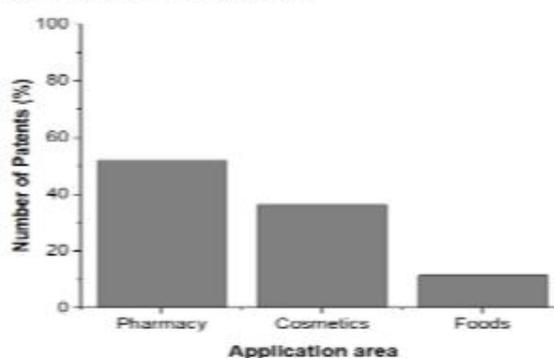


Fig. (7). Percentage by area of the International Patent Classification codes (IPC).

The growing interest in the use of oil derived from avocado seed is an industrial trend today, and this may be a reflection of the fact that avocado is considered as one of the fruits that stand out in relation to nutritional quality, due to greater awareness of the use of wastes generated by the agro-industry [63] which have biotechnological potential [64]. Some studies also demonstrate the dermatological applications of avocado seed oil, reporting that its unsaponifiable portion has beneficial effects against osteoarthritis [38]. In addition, this oil is easily absorbed by the human body and has proprietary emulsifiers, which are important for the cosmetics and soap making industries, thus emphasizing its great potential in industrial applications [65].

An important way to evaluate the areas of application of patent documents is related to the International Patent Classification (IPC). In this classification, patents are divided into 8 sections, 21 subsections, 120 classes, 628 subclasses and

69000 groups [66]. From the analysis of the results obtained with the IPC codes, the classification areas of the inventions and their main descriptions were identified (Fig. 7 and Table 1). It was found that 52% of the inventions were classified for pharmaceutical purposes, where the great majority had the objective of developing products with the main function of combating the signs of aging caused by free radicals (anti-aging). In addition, 36% of the patents were classified as based on preparations for cosmetic purposes, mainly for the treatment of skin and hair, and 12% were patents related to foodstuffs, of which the main inventions were related to ingredients derived from fatty acids, which are part of the composition of the avocado oil.

In Table 1, the patents are distributed in the IPC in section A (human needs). The subclasses with the largest number of deposits were the A61K, with 172 patents, representing preparations for medical, dental and hygienic purposes, followed

Table 1. Main international patent classification (IPC) codes identified in the documents surveyed.

IPC	Number of Patents (Percentage %)	Classification	Finality
A61K 8/92; A61K 8/36; A61K 8/37; A61K 8/34; A61K 8/31; A61K 36/185; A61K 8/73; A61K 8/04; A61K 8/00.	172 (52%)	Pharmaceutical products	Hydrogenation products of oils or fats; carboxylic acids and esters; alcohols; Hydrocarbons; magnoliopside; polysaccharides and emulsions. Preparations for medical, dental and hygienic purposes.
A23L 1/302; A23L 1/30; A23D 9/007.	38 (12%)	Food kinds	Ingredients derived from different fatty acids and fats.
A61Q 19/00; A61Q 17/04; A61Q 19/10; A61Q 19/08; A61Q 1/02; A61Q 5/00; A61Q 9/02.	120 (36%)	Cosmetic Preparations	Preparations for combating aging of the skin and hair; preparations for treating wrinkles; topical preparations for the protection of solar radiation; tanning and shaving products.

by the A61Q classification, with 120 deposits, where the inventions focused on preparations to combat aging of the skin, tanning and hair treatments and finally the A23L classification, with 38 deposits aimed at producing ingredients derived from fatty acids and fats for food purposes.

## CONCLUSION

Based on the present work, one can evaluate the technological potential of avocado oil and avocado seed oil by searching for patent documents produced worldwide, identifying the main areas of application, the annual evolution and the main countries that hold this technology. Then, 144 patent documents were identified and demonstrated that the development of research related to avocado oil has grown since 2011, proving to be a promising area both for scientific production and for the development of new products by the industrial sector. In addition, developed countries, especially the United States and European Union countries, are the largest holders of patents published and those with the greatest dominance and interest in the technology being researched. In relation to the application areas, it was observed that the subclasses with the highest number of deposits were A61K and A61Q, which refer to pharmaceuticals and cosmetic preparations, which are being developed by this part of the industry with high added value products, aimed at the prevention of chronic diseases that involve the formation of free radicals

in the fight against cellular aging, thus exploring the antioxidant potential of this oil. In this way, the researched technology has shown itself as a promising area for scientific and technological productions with the growing interest in the world.

## CURRENT & FUTURE DEVELOPMENTS

The use of waste generated by the food industry is a large area of interest of the scientific community and industrial sector in view of the amount of biologically active compounds present in these wastes. However, more incentives are needed for the development of studies on the oil extracted from the avocado seed, once it has been known that it has high biological value and high market value, which is arousing great interest in exploitation by the industrial sector. The analysis of patent documents is of great relevance to avoid investments and research for the development of products and processes already available in the state of the art. New food, cosmetic, pharmaceutical, and veterinary products can be developed using the oil obtained from the avocado seed by different processes.

## ETHICS APPROVAL AND CONSENT TO PARTICIPATE

Not applicable.

## HUMAN AND ANIMAL RIGHTS

No Animals/Humans were used for studies that are base of this research.

#### CONSENT FOR PUBLICATION

Not applicable.

#### AVAILABILITY OF DATA AND MATERIALS

The authors confirm that all data underlying the findings described in this manuscript are fully available without restriction (all relevant data are within the manuscript).

#### FUNDING

None.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest, financial or otherwise.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the National Service for Industrial Training (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) – SENAI CIMATEC (Bahia – Brazil), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) and FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia).

#### REFERENCES

- [1] Massafra G, De Oliveira JED, Braga TMC. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea Americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. *Bras J Food Nutr* 2010; 21(2): 325-31.
- [2] Chel-Guerrero L, Barbosa-Martin E, Martinez-Antonio A, Gonzalez-Mondragon E, Betancur-Ancona D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *Int J Biol Macromol Netherlands* 2016; 86: 302-8. [http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052]
- [3] FAOSTAT - Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Produção Mundial de Abacate [Internet]. 2017 [cited 2019 Jan 1]; Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- [4] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2014.
- [5] Tango JS, Carvalho CRL, Soares NB. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. *Rev Bras Frutic* 2004; 26(1): 17-23. [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100007]
- [6] Yahia EM. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. *Fruit and Vegetable Phytochemicals* 2009. [http://dx.doi.org/10.1002/9780813809397.ch1]
- [7] Wang W, Bostic TR, Gu L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chem* 2010; 122(4): 1193-8. [http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.114]
- [8] Tan CX. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *J Funct Foods* 2019; 54: 381-92. [http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031]
- [9] Cicero N, Albergamo A, Salvo A, et al. Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Food Res Int* 2018; 109: 517-25. [http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.064] [PMID: 29803478]
- [10] Werman MJ, Neeman I. Effectiveness of antioxidants in refined, bleached avocado oil. *J Am Oil Chem Soc* 1986; 63(3): 352-5. [http://dx.doi.org/10.1007/BF02546045]
- [11] Flores M, Perez-camino MDC, Troca J. Preliminary studies on composition, quality and oxidative stability of commercial avocado oil produced in Chile. *J Food Sci Eng* 2014; 4: 21-6.
- [12] Al-Dosari S. Hypolipidemic and antioxidant activities of avocado fruit pulp on high cholesterol fed diet in rats. *Afr J Pharm Pharmacol* 2011; 5(12): 1475-83. [http://dx.doi.org/10.5897/AJPP11.239]
- [13] Mooz ED, Gaiano NM, Shimano MYH, Amancio RD, Spoto MHF. Physical and chemical characterization of the pulp of different varieties of avocado targeting oil extraction potential. *Food Sci Technol* 2012; 32: 274-80. [http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000055]
- [14] Thomson C, Bloch AS, Hasler CM, Kubena K, Earl R, Heins J. Position of the American Dietetic Association: functional foods. *J Am Diet Assoc* 1999; 99(10): 1278-85. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00314-4] [PMID: 10524397]
- [15] Figueroa JG, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Res Int* 2018; 105: 752-63. [http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.082] [PMID: 29433270]
- [16] Ahmed N, Smith RW, Henao JJA, Stark KD, Spagnuolo PA. Analytical Method To Detect and Quantify Avocatin B in Hass Avocado Seed and Pulp Matter. *J Nat Prod* 2018; 81(4): 818-24. [http://dx.doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00914] [PMID: 29565590]
- [17] Nam YH, Rodriguez I, Jeong SY, et al. Avocado Oil Extract Modulates Auditory Hair Cell Function through the Regulation of Amino Acid Biosynthesis Genes. *Nutrients* 2019; 11(1):E113

- [http://dx.doi.org/10.3390/nu11010113] [PMID: 30626089]
- [18] Daiuto ER, Pivetta PR, Simon JW. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO GUACAMOLE. *Rev Ceres* 2007; 58: 405-12.
- [19] Salgado JM, Danieli F, Regitano-D'arce MAB, Frias A, Mansi DN. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. *Food Sci Technol (Campinas)* 2008; 28: 20-6. [http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000500004]
- [20] Furlan CPB, Valle SC, Östman E, Maróstica MR, Tovar J. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. *J Funct Foods* 2017; 38: 349-54. [http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.019]
- [21] Gómez-López VM. Characterization of avocado (*Persea americana* mill.) varieties of low oil content. *J Agric Food Chem* 1999; 47(7): 2707-10. [http://dx.doi.org/10.1021/jf981206a] [PMID: 10552549]
- [22] Sandner PG, Block J. The market value of R&D, patents, and trademarks. *Res Policy* 2011; 40(7): 969-85. [http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2011.04.004]
- [23] García AM, López-Moya JR, Ramos P. Key points in biotechnological patents to be exploited. *Recent Pat Biotechnol* 2013; 7(2): 84-97. [http://dx.doi.org/10.2174/1872208311307020002] [PMID: 23848273]
- [24] Yang X, Yu X, Liu X. Obtaining a Sustainable Competitive Advantage from Patent Information: A Patent Analysis of the Graphene Industry. *Sustainability* 2018; 10(12): 1-25. [http://dx.doi.org/10.3390/su10124800]
- [25] Blackman M. Provision of patent information: a national patent office perspective. *World Pat Inf* 1995; 17(2): 115-23. [http://dx.doi.org/10.1016/0172-2190(95)00012-0]
- [26] Cho HP, Lim H, Lee D, Cho H, Kang K-I. Patent analysis for forecasting promising technology in high-rise building construction. *Technol Forecast Soc Change* 2018; 128: 144-53. [http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.012]
- [27] Kozo N, Emiyo N. *Oily Preparation and Method of Production Thereof*. CA2098893A1, 1993.
- [28] Johannsen F. Fat compositions and their use in cosmetic and pharmaceutical emulsion products. US6217874B1, 2001.
- [29] Hernández-López SH, Rodríguez-Carpena JG, Lemus-Flores C, Grageola-Núñez F, Estévez M. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. *Meat Sci* 2016; 116: 186-92. [http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.018] [PMID: 26894588]
- [30] Ramana K V, Singhal SS, Reddy AB. Therapeutic Potential of Natural Pharmacological Agents in the Treatment of Human Diseases. 2014; 2014 [http://dx.doi.org/10.1155/2014/573452]
- [31] Bandaipheth C, Kennedy JF. *Encyclopedia of Common Natural Ingredients used in Food, Drugs and Cosmetics* (2nd Edition). *Carbohydr Polym* 2004; 58(2): 222.
- [32] Syed Hussein SS, Kamarudin MNA, Kadir HA. (+)-Catechin Attenuates NF-kappaB Activation Through Regulation of Akt, MAPK, and AMPK Signaling Pathways in LPS-Induced BV-2 Microglial Cells. *Am J Chin Med Singapore* 2015; 43(5): 927-52.
- [33] Gómez FS, Sánchez SP, Iradi MGG, Azman NAM, Almajano MP. Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. *Antioxidants* 2014; 3(2): 439-54. [http://dx.doi.org/10.3390/antiox3020439] [PMID: 26784880]
- [34] Ayala-Zavala JF, Vega-Vega V, Rosas-Domínguez C, Palafox-Carlos H, Villa-Rodríguez JA, Siddiqui MW, et al. Agro-industrial potential of exotic fruit by-products as a source of food additives. *Food Res Int* 2011; 44(7): 1866-74. [http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021]
- [35] Wijngaard H, Hossain MB, Rai DK, Brunton N. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Res Int* 2012; 46(2): 505-13. [http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.027]
- [36] Soo JK. Functional avocado oil having improved antioxidant effect and method for manufacturing the oil. KR20180064978A, 2018.
- [37] Kesheng X, Xiongyuan S, Yu G, Tingting S, Huarong T, Dingding C, et al. Application of avocado seeds in beverage and avocado seed internal heat-reducing tea. CN106578204A, 2017.
- [38] Dabas D, Shegog RM, Ziegler GR, Lambert JD. Avocado (*Persea americana*) seed as a source of bioactive phytochemicals. *Curr Pharm Des* 2013; 19(34): 6133-40. [http://dx.doi.org/10.2174/1381612811319340007] [PMID: 23448442]
- [39] Achilonu M, Shale K, Arthur G, Naidoo K, Mbatha M. Phytochemical Benefits of Agroresidues as Alternative Nutritive Dietary Resource for Pig and Poultry Farming. Hindawi 2018. [http://dx.doi.org/10.1155/2018/1035071]
- [40] Kassim A, Workneh TS, Bezuidenhout CN. A review on postharvest handling of avocado fruit. *Afr J Agric Res* 2013; 8(21): 2385-402.
- [41] Lerman-Garber I, Ichazo-Cerro S, Zamora-González J, Cardoso-Saldaña G, Posadas-Romero C. Effect of a high-monounsaturated fat diet enriched with avocado in NIDDM patients. *Diabetes Care* 1994; 17(4): 311-5. [http://dx.doi.org/10.2337/diacare.17.4.311] [PMID: 8026287]
- [42] Kritchevsky D, Tepper SA, Wright S, Czarnecki SK, Wilson TA, Nicolosi RJ. Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis 24: avocado oil. *J Am Coll Nutr* 2003; 22(1): 52-5. [http://dx.doi.org/10.1080/07315724.2003.10719275] [PMID: 12569114]

## Capítulo 4. Artigo 2

### **5 ARTIGO 2: Efeito de diferentes métodos extrativos assistidos por ultrassom na caracterização do perfil de ácidos graxos do óleo da polpa e da semente do abacate (*Persea americana Mill.*)**

Valente, C G<sup>1,2</sup>; Cerqueira, JC<sup>2</sup>; Barreto, GA<sup>2</sup>; Nery, TBR<sup>2</sup>; Anjos, JP<sup>3</sup>; Machado, BAS<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC, Programa de Pós-Graduação em Gestão Industrial – GETEC, Salvador, Bahia, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Biotecnologia e Alimentos, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório Integrado de Pesquisa Aplicada em Química – LIPAQ, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

<sup>4</sup>Laboratório de Formulações Farmacêuticas, Instituto de Tecnologias da Saúde – ITS, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

## **Efeito de diferentes métodos extrativos assistidos por ultrassom na caracterização do perfil de ácidos graxos do óleo da polpa e da semente do abacate (*Persea americana Mill.*)**

Valente, C G<sup>1,2</sup>; Cerqueira, J.C<sup>2</sup>; Barreto, G.A<sup>2</sup>; Nery, T.B.R<sup>2</sup>; Anjos, JP<sup>3</sup>; Machado, BAS<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC, Programa de Pós-Graduação em Gestão Industrial – GETEC, Salvador, Bahia, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Biotecnologia e Alimentos, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório Integrado de Pesquisa Aplicada em Química – LIPAQ, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

<sup>4</sup>Laboratório de Formulações Farmacêuticas, Instituto de Tecnologias da Saúde – ITS, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, Bahia, Brasil

### RESUMO

A polpa e a semente do abacate (*Persea americana Mill.*) podem ser importantes fontes para obtenção de óleo de alta qualidade. O processo de extração de óleos é uma etapa importante para obter produtos de qualidade, com a presença de ácidos graxos de interesse e com bons rendimentos. Neste estudo, o perfil de ácidos graxos dos óleos do abacate extraídos da polpa e da semente por extração convencional (Soxhlet e Bligh & Dyer) foram comparadas com a extração assistida por ultrassom. Foi também realizada a caracterização físico-química da polpa e semente do abacate e aplicadas quatro combinações de extração para cada matriz (Soxhlet, Soxhlet assistido por ultrassom, Bligh & Dyer e Bligh & Dyer assistido por ultrassom). A polpa apresentou um maior conteúdo de lipídios (10,74%) e umidade (85,96%) quando comparado com a semente (lipídios 2,17% e umidade 63,27%). Entretanto, maior conteúdo de fibras (19,28%) e proteínas (0,88%) foi apresentado pela semente (polpa – fibras 1,30% e proteínas 0,10%). Em relação ao método de extração para a obtenção do óleo, o maior rendimento para a polpa foi obtido quando aplicado o método Soxhlet assistido por ultrassom (15,04%), enquanto para a semente foi Soxhlet sem ultrassom (6,02%). Independentemente do método de extração, foram

identificados um total de oito ácidos graxos no óleo extraído da polpa e dez ácidos graxos no óleo da semente, dos quais os principais foram os ácidos palmítico, oleico e linoleico. O óleo da polpa obtido pelo método Soxhlet sem ultrassom (3,89%), apresentou o melhor conteúdo de ácidos graxos extraídos, representado pela relação AGMI/AGPI. Já o óleo da semente obtido pelo método Bligh & Dyer com ultrassom (2,9%) apresentou o melhor conteúdo de ácidos graxos na relação n6/n3 e o método Soxhlet com ultrassom (0,72%) apresentou melhor conteúdo na relação AGMI/AGPI. De forma geral a combinação do ultrassom com os métodos convencionais foi eficiente para extrair óleos da polpa e da semente do abacate. No entanto o melhor método para extrair o óleo da polpa e da semente do abacate está diretamente relacionado ao que se quer ser obtido do óleo, ou seja o método de extração escolhido vai depender da aplicação final do produto obtido, visando rendimento total, ou conteúdo em ácidos graxos específicos. Além disso, apesar do baixo de rendimento, a semente de abacate pode ser uma importante fonte de ácidos graxos de interesse.

**Palavras-chave:** abacate; ácidos graxos; ultrassom; métodos de extração; óleo.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana*, Mill.), é um fruto pertencente ao gênero *Persea* da família Lauracea, nativa da América Central, com cerca de 150 espécies, cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (ALVARES DE OLIVEIRA et al., 2000; LARA-MÁRQUEZ et al., 2020; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004a). O fruto, de casca verde-oliva escura e polpa espessa de cor verde amarelada, é consumido mundialmente e apresenta qualidades nutricionais atrativas devido ao seu alto teor de lipídios, proteínas, vitaminas e minerais (ARAÚJO et al., 2018; TAN, 2019; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004b).

O óleo de abacate tem gerado crescente interesse entre os consumidores devido às suas características nutricionais e tecnológicas, o que é evidenciado por um aumento no número de artigos científicos publicados (FLORES et al., 2019b; NAM et al., 2019; SEGOVIA et al., 2018). Diversos estudos têm relatado os

efeitos benéficos do óleo da polpa do abacate sob a saúde cardiovascular (DUARTE et al., 2017; MANACH et al., 2004). No entanto, apesar de representar um percentual considerável do fruto (25%), poucos estudos investigam o potencial da semente do abacate como fonte lipídica (DABAS et al., 2013; PERMAL et al., 2020) podendo ser de interesse para as indústrias cosméticas e farmacêuticas no reaproveitamento e utilização desse bio-resíduo (MELGAR et al., 2017).

O óleo da polpa do abacate é rico em ácidos graxos insaturados, destacando-se os ácidos graxos da família ômega 9, além de apresentar teores considerados de proteínas, vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis, tais como as vitaminas A, B, C, D, E, e minerais em sua composição. Esta composição torna este óleo eficaz na prevenção e tratamento de algumas doenças como a hiperplasia prostática, alguns tipos de neoplasias, distúrbios do colesterol e doenças cardiovasculares (ALKHALF et al., 2018b; DUARTE et al., 2017; HERNANDEZ-LOPEZ et al., 2016; SALGADO et al., 2008). Desta forma as qualidades organolépticas e o alto valor nutritivo, e os efeitos benéficos do abacate na saúde humana, justificam a expansão do seu consumo nos últimos anos (AMERICANA et al., 2010; FARLEY et al., 2019; WANG et al., 2019).

A semente do abacate apresenta teores consideráveis de lipídios, e vem se destacando pelo potencial de antioxidantes presente no óleo (MARIA DEL REFUGIO RAMOS- JERZ, 2007; SHI et al., 2019). Pesquisas recentes mostraram que a semente do abacate podem melhorar a hipercolesterolemia e ser útil no tratamento da hipertensão, condições inflamatórias e diabetes (DABAS et al., 2013; ESPINOSA-ALONSO et al., 2017; LERMAN-GARBER et al., 1994; TABESHPOUR; RAZAVI; HOSSEINZADEH, 2017). Atualmente a semente do abacate representa um recurso subutilizado e um problema para as indústrias que processam esse fruto (HATZAKIS et al., 2019).

Conforme mencionado, o óleo do abacate possui bom valor comercial e pode ser extraído tanto da polpa, quanto da semente (MASSAFERA et al., 2010). A extração pode ser realizada por diferentes métodos, tais como: prensagem a frio, extração por solventes orgânicos a quente (Soxhlet) e a frio (Bligh & Dyer), extração assistida por ultrassom, extração com dióxido de carbono supercrítico,

dentre outras (BLIGH & DYER, 1959; FERRARI, 2015; MASSAFERA et al., 2010; SEGOVIA et al., 2016; TAN et al., 2018; WIJNGAARD et al., 2012).

Na extração por solvente orgânico, os grãos e ou as polpas são triturados para facilitar a penetração do solvente (hexano, éter etílico, etanol, metanol, entre outros). A extração por solventes orgânicos é uma das técnicas mais utilizadas, pois apresenta alto rendimento de extração, porém há possibilidade de ocorrer degradação térmica de alguns componentes ativos, além da necessidade de eliminação dos resíduos de solvente orgânico do óleo (BRUM et al., 2009).

Dentre as técnicas de extração por solvente podemos citar duas comumente utilizadas: extração por Soxhlet e por Bligh & Dyer. A extração por Soxhlet é uma técnica simples, possui bom rendimento e utiliza amostras sólidas e solventes líquidos de baixo ponto de ebulição, com bom rendimento de extração (DOS SANTOS et al., 2014a; NAFIU et al., 2017). O método de extração total de lipídios por Bligh & Dyer é um método rápido, que não necessita de aquecimento da amostra e utiliza clorofórmio e metanol como solvente, formando um sistema miscível com água e a amostra (BLIGH & DYER, 1959).

Para melhorar a extração de compostos de interesse presentes em óleos vegetais, bem como, o rendimento de extração, outros métodos têm sido combinados com os métodos convencionais, aumentando a eficiência do processo, como a extração assistida por ultrassom (DE OLIVEIRA REIS et al., 2019; LIU et al., 2020; MOHAMMADPOUR et al., 2019; SEGOVIA et al., 2016b; TAN et al., 2018c). A ação das ondas ultrassônicas de baixa frequência facilita a extração dos óleos e a sedimentação do material em suspensão através do efeito da cavitação acústica sobre a amostra exposta e por este motivo vem sendo empregada nas extrações dos óleos vegetais (SEGOVIA et al., 2016b). No estudo realizado por Tan et al. (2018), foi demonstrado uma maior eficiência de extração do óleo de abacate utilizando a extração assistida por ultrassom quando comparado aos métodos convencionais empregados. Mohammadpour et al. (2019) demonstraram a maior eficiência da extração assistida por ultrassom para obtenção de óleo a partir de *Moringa peregrina*.

Diante deste contexto, esse trabalho teve como objetivo extrair o óleo da semente e da polpa do abacate, por dois métodos convencionais de extração, assistidos ou não por ultrassom, bem como, avaliar comparativamente o perfil de ácidos graxos das amostras obtidas nas diferentes condições de processo.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Material e Reagentes

Foram usados como solventes o hexano, metanol e clorofórmio (Anidrol 99%), adquiridos da Merck (Darmstadt, Alemanha). O metanol usado na esterificação com Trifluoreto de boro em metanol ( $\text{BF}_3$ ) como catalizador foi adquirido da Supelco (Supelco Park, PA, Estados Unidos). Uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMEs) foi adquirido da Sigma–Aldrich.

### 5.2.2 Obtenção das amostras

As amostras de abacate foram adquiridas no comércio local da cidade de Salvador (Bahia, Brasil) da mesma variedade (Quintal). A polpa e a semente foram separadas, embaladas em porções de 100 g e acondicionadas a  $-18^\circ\text{C}$  até o momento das análises.

### 5.2.3 Avaliação da composição físico-química da polpa e semente do abacate

A determinação da atividade de água ( $a_w$ ) foi realizada utilizando-se um decágono Lab Master (Novasina) com célula eletrolítica CM-2 (MACHADO et al., 2016), enquanto que as determinações dos teores de umidade, de proteínas e cinzas totais foram realizadas de acordo com os métodos oficiais da AOAC (1997). O teor de lipídios totais foi determinado pelo método de extração a frio descrito por BLIGH & DYER (1959). A quantificação do teor de fibras foi obtido através do analisador automático de fibras (Aknon) (SOEST, 1967), sendo determinado o teor de celulose, hemicelulose (VAN SOEST et al., 1991) e lignina (GOERING; VAN SOEST, 1970). Todos os ensaios foram executados em triplicata.

#### 5.2.4 Colorimetria

A medição da cor das amostras, bem como, dos óleos obtidos nas diferentes condições de extração, foi realizada por meio do sistema CIELAB (C.I.E., 1978), com a leitura de três parâmetros,  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  utilizando colorímetro (CR400 - Konica Minolta), no qual  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  preto e  $-L^* = 100$  branco) e  $a^*$  e  $b^*$  a cromaticidade ( $+a^*$  vermelho e  $-a^*$  verde,  $+b^*$  amarelo e  $-b^*$  azul) (CALVO e DURAN, 1997).

#### 5.2.5 Preparo das amostras para extração do óleo

Para a extração do óleo a partir das amostras estudadas, a semente do abacate foi triturada em triturador de grão (Cadence, Brasil) e peneiradas (malha 60), a fim de obter uma granulometria adequada (aproximadamente 0,250 mm) para aumentar a superfície de contato. A polpa foi homogeneizada manualmente utilizando almofariz e pistilo. As amostras (polpa e semente) foram secas em estufa de circulação de ar (Quimis, Brasil) em temperatura constante (35° C) até umidade  $\leq 10\%$ .

#### 5.2.6 Obtenção do óleo da polpa e semente de abacate

Os métodos de extração do óleo para cada amostra (semente e polpa) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Métodos de extração para obtenção do óleo da polpa e semente do abacate.

Método de Extração	Identificação das amostras	
	Polpa	Semente
Bligh & Dyer	PBD	SBD
Bligh & Dyer assistido por ultrassom	PBD-US	SBD-US
Soxhlet	PS	SS
Soxhlet assistido por ultrassom	PS-US	SS-US

Para a extração por Soxhlet, 10g de cada amostra foram colocadas em cartucho poroso de extração, o balão de extração foi preenchido com 250 ml de hexano e o sistema foi aquecido durante 6 horas (FIORI et al., 2014). A completa evaporação do solvente foi realizada em concentrador à vácuo (miVac - DUC-22060-N00) a 35°C até peso constante. O óleo obtido foi acondicionado à temperatura de -18 °C com atmosfera modificada (N<sub>2</sub>) até o momento das análises.

Para a extração por Bligh & Dyer, foi utilizado clorofórmio e metanol na proporção adequada para 10g de amostra (2:2:1 clorofórmio: metanol: água) (BLIGH, E.G. AND DYER, 1959). A evaporação do solvente foi realizada em concentrador à vácuo (miVac - DUC-22060-N00) a 35°C até peso constante. O óleo obtido foi acondicionado em temperatura de -18°C com atmosfera modificada (N<sub>2</sub>) até o momento das análises.

A extração assistida por ultrassom foi realizada a partir da exposição das amostras (polpa ou semente) a ondas ultrassônicas de 280 W por 30 minutos a 30°C. Para isso, as amostras foram embaladas a vácuo (aproximadamente 5g) e imersas em banho de ultrassom (Elmasonic, S30H, Alemanha) nas condições definidas. Posteriormente, as amostras tratadas por ultrassom foram submetidas a extração por Soxhlet ou Bligh & Dyer.

Após cada extração, a porcentagem de óleo extraído foi calculada conforme a Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)}: (M_{\text{óleo}} / M_{\text{amostra}}) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$M_{\text{óleo}}$  = massa de óleo extraída (g)

$M_{\text{amostra}}$  = massa da amostra (g)

### 5.2.7 Identificação e quantificação de ácidos graxos por cromatografia gasosa

Os perfis de ácidos graxos foram determinados para as amostras de óleos obtidos nas diferentes condições experimentais (Tabela 1) utilizando

cromatografia gasosa (CG) por FAMES (AOCS, 1998). Foi utilizado um Cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas (SHIMADZU, GCMS-2010 Plus), com um injetor *split/splitless* operando no modo *splitless* a uma temperatura de 310 °C, equipado com coluna capilar (CP Agilent J&W DB-5ms 30 m x 0,25 mm ID; 0,25 µm de espessura de filme) usando hélio como gás de arraste (White Martins S.A., P.A., grau cromatográfico). Foi realizada a seguinte programação: temperatura inicial de 70 °C por 2 minutos, elevada para 200 °C na taxa de 30 °C min<sup>-1</sup> e finalizando a 300 °C a 5 °C min<sup>-1</sup> e vazão de hélio de 1,12 mL.min<sup>-1</sup>. Para o detector de massas foram utilizadas as temperaturas da linha de transferência a 280 °C, fonte de íons a 250 °C, e modo de ionização por impacto de elétrons a 70 eV. Após a reação de transesterificação catalisada com BF<sub>3</sub> (JOSEPH, J. D., & ACKMAN, 1992), a preparação da amostra foi feita através da injeção direta e posteriormente uma diluição do óleo em iso-octano. A identidade dos ácidos graxos foi confirmada por meio da injeção de uma mistura padrão dos compostos para realizar a comparação entre os espectros de massas da solução padrão e dos compostos identificados na amostra com espectros de massas do banco de dados da biblioteca NIST 11. A quantificação dos componentes principais foi conduzida pelo método da normalização de áreas, mg de ácidos graxos por 100 g de gordura (mg.100g<sup>-1</sup>).

#### 5.2.8 Análise Estatística

Os resultados deste estudo foram expressos na forma de média ± desvio padrão (n = 3). A análise estatística dos resultados obtidos foi submetida à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de significância (p < 0,05), usando o programa *Statística* (Statsoft Inc., Tulsa, EUA) versão 7.0.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição físico-química da polpa e semente do abacate estão apresentados na Tabela 2. A polpa apresentou um maior conteúdo de lipídios (10,74%) e umidade (85,96%) quando comparado com a semente (lipídios 2,17% e umidade 63,27%). Entretanto, maior conteúdo de fibras (19,28%) e proteínas (0,88%) foi apresentado pela semente (polpa – fibras 1,30% e proteínas 0,10%).

De Souza Galvão et al. (2014) avaliaram o teor de umidade e lipídios em amostras de polpa e semente de abacate e identificaram valores de 16,0% (polpa) e 1,8% (semente) para o teor total de lipídios e umidade de 72,0% (polpa) e 31,9% (semente) para o percentual de umidade. Ferrari (2015) identificaram valores de 25,0% e 1,0% para o teor total de lipídios em amostras de polpa e semente de abacate, respectivamente, e umidade de 66,0% para a polpa e 53,0% para a semente.

**Tabela 2:** Caracterização físico-química da polpa e semente do abacate.

Abacate	Aw	Umidade %	Cinzas %	Lipídeos* %	Proteínas %	Fibras (%)		
						Celulose	Hemicelulose	Lignina
<b>Polpa</b>	0,86±0,01	85,96±1,40	0,29±0,02	10,74±2,83	0,10±0,01	0,11±0,5	0,22±0,09	0,97±0,06
<b>Semente</b>	0,88±0,01	63,27±1,56	0,80±0,04	2,17±0,47	0,88±0,31	4,23±0,17	12,30±4,67	2,75±0,28

\*Valores de lipídios obtidos pelo método Bligh & Dyer. Aw = atividade de água.

Resultados semelhantes para o conteúdo de lipídios na semente foram identificados por Saavedra et al. (2017) e De Sousa Galvão et al. (2014), que obtiveram 1,11% e 1,8% de lipídios em semente do abacate em comparação a 2,89% e 16,2% de lipídios na polpa, respectivamente. Tanto a polpa quanto a semente do abacate apresentaram elevados teores de umidade, 85,6% (polpa) e 63,27% (semente) o que pode influenciar no maior ou menor extração/conteúdo de lipídeos nas amostras, conforme demonstrado por Tango et al. (2004). Daiuto et al. (2014) obtiveram teores de lipídios e umidade para a polpa e semente do abacate respectivamente de 64,09% (lipídios) e 13,99% (umidade) e 3,39% (lipídios) e 14,55% (umidade), demonstrando assim o potencial do fruto para extração do óleo.

O teor de proteínas da polpa (0,10%), foi menor do que o encontrado na semente (0,88%), assim como os outros constituintes tais como, fibras e cinzas (Tabela 2). Bora et al. (2001), determinaram valores de 0,66% para cinzas e 0,53% de fibras na polpa, enquanto que na semente foram encontrados 1,87% para cinzas e 5,1% de fibras (BORA et al., 2001). Já Araújo et al., (2018), também relataram em seu estudo elevados teores de fibras na composição da semente do abacate,

3,97% de fibras totais, demonstrando que os componentes predominantes desse resíduo são carboidratos, na forma de fibras, que podem ser uma fonte potencial de energia (bioetanol), assim como para a obtenção de outros compostos de alto valor agregado (KRUMREICH, 2018).

A Tabela 3 apresenta os resultados colorimétricos da polpa e da semente do abacate. Conforme esperado, a polpa apresentou valores mais altos para os parâmetros L\* e b\* quando comparado com a semente, demonstrando que a polpa tem coloração mais luminosa e contém pigmentos amarelados. Para o parâmetro a\* negativo da polpa (-6,58) está relacionado a presença de maiores componentes/pigmentos de coloração esverdeada (por exemplo, clorofila), enquanto o parâmetro a\* positivo da semente (14,73) está relacionado com a presença de componentes/pigmentos de coloração avermelhada e alaranjada (por exemplo, carotenoides e licopeno). A presença de pigmentos verde como a clorofila, que está presente na polpa e dos pigmentos vermelho-alaranjado, que estão presentes na semente do abacate, indicam que essas partes da fruta são importantes fontes de nutrientes antioxidantes, como vitaminas A, C e E, que ajudam a neutralizar os radicais livres (ROCHA et al., 2014). De acordo com Barros (2010), os pigmentos verdes, como a clorofila, os alaranjados (carotenoides) e os vermelhos (licopeno) apresentam importantes efeitos antioxidantes.

**Tabela 3:** Resultados da análise colorimétrica da polpa e semente do abacate

<b>Amostra</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Imagem</b>
<b>Polpa</b>	47,44±0,60	-6,58±0,41	27,96±0,57	
<b>Semente</b>	37,34±0,20	14,73±0,20	15,75±0,39	

Os resultados do rendimento dos óleos obtidos a partir da polpa e da semente do abacate utilizando os quatro diferentes métodos de extração (Tabela 1) estão apresentados na Tabela 4. Conforme esperado, e independentemente do

método de extração empregado para a obtenção do óleo, rendimentos superiores foram apresentados pela polpa quando comparado com a semente ( $p < 0,05$ ). O rendimento do óleo extraído da polpa variou de  $10,47 \pm 2,84$  (PBD-US) a  $15,40 \pm 2,96$  (PS-US) com diferenças significativas entre as amostras ( $p < 0,05$ ). Para a semente, o rendimento de extração variou de  $1,39 \pm 0,02$  (SBD-US) a  $6,02 \pm 0,90$  (SS). De forma geral, a polpa do abacate apresentou um rendimento médio de 11,9% de óleo, enquanto que para a semente foi de 3,29%. No estudo realizado por Massafera et al. (2010), a polpa dos abacates analisados, variedades Fortuna, Ouro Verde e Princesa, também apresentaram rendimentos superiores aos da semente, variando entre 5,20-16,44% para a polpa e 0,38-1,4% para a semente.

**Tabela 4:** Rendimento (em %) para o óleo da polpa e semente do abacate obtidos pelos diferentes métodos de extração

Método de Extração / Amostra	Rendimento (%)	Óleos
PS	$11,01 \pm 0,09^b$	
PS-US	$15,40 \pm 2,96^a$	
PBD	$10,74 \pm 2,83^b$	
PBD-US	$10,47 \pm 2,84^{ab}$	
SS	$6,02 \pm 0,90^A$	
SS-US	$3,55 \pm 1,58^B$	
SBD	$2,17 \pm 0,47^{BC}$	

SBD-US

1,39±0,02<sup>C</sup>

P = polpa; S = Semente. Valores que apresentam a mesma letra na mesma não apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 95% de confiança. Média da análise obtida em triplicada ( $n = 3$ ).

Para a polpa, o método de extração por Soxhlet assistido por ultrassom (PS-US) foi o mais eficiente para a obtenção do óleo (15,40%), e dessa forma, a aplicação do ultrassom potencializou a extração do óleo, contribuindo de forma positiva para aumentar o rendimento do produto de interesse. O mesmo comportamento não foi observado para a semente, já que o método Soxhlet de forma isolada foi responsável pelo maior rendimento de extração (Tabela 4). Isso pode estar relacionado com a característica estrutural da amostra, tendo em vista que a polpa apresenta uma menor resistência para penetração das ondas ultrassônicas de baixa frequência. Para a semente, tempo de exposição mais prolongado poderia ser mais eficiente para contribuir com o aumento do rendimento do processo de extração do óleo (CHEMAT et al., 2017). Quando empregado o método de extração a frio por Bligh & Dyer, não foram observadas diferenças significativas para a extração do óleo da polpa e da semente do abacate quando aplicado o pré-tratamento com o ultrassom. Isso pode estar relacionado com a eficiência da técnica para extrair o conteúdo total do teor lipídico das amostras, não sendo necessário um pré-tratamento da amostra (EWALD et al., 1998).

Estudo semelhante foi realizado por Krumreich et al. (2018), que também extraíram o óleo da polpa do abacate pelo método de Soxhlet e por prensagem a frio, no qual a extração usando o método de Soxhlet também apresentou um maior rendimento quando comparado ao método de prensagem a frio. Foram determinados valores de rendimento do óleo da polpa do abacate entre 42,8 - 55,7% por Soxhlet e de 25,1 - 43,1% por prensagem a frio.

Neste estudo, o rendimento determinado para os óleos da semente do abacate, tanto por Soxhlet quanto por Bligh & Dyer, assistido ou não por ultrassom, foram superiores aos relatados por Massafera et al (2010), que determinaram um percentual de 0,38 para a semente e 1,53% para a polpa. Adaramola et al. (2016), encontraram valores de 8 e 10 % de óleo extraído da semente do abacate

utilizando os métodos de Soxhlet e Bligh & Dyer. De acordo com a FAO (2017), as sementes que contém óleo com rendimento superior a 17% são consideradas oleaginosas (FAOSTAT, 2017), dessa forma, a semente do abacate não pode ser considerada uma semente oleaginosa, no entanto, estudos relatam o potencial antioxidante e de extração deste óleo, sugerindo o seu uso para fins nutricionais e industriais devido a sua elevado poder antioxidante, bem como, pela qualidade do perfil de ácidos graxos apresentados (ADARAMOLA; ONIGBINDE, ADEBAYO SHOKUNBI, 2016; ALKHALF et al., 2018a; FLORES et al., 2019a; SAAVEDRA et al., 2017).

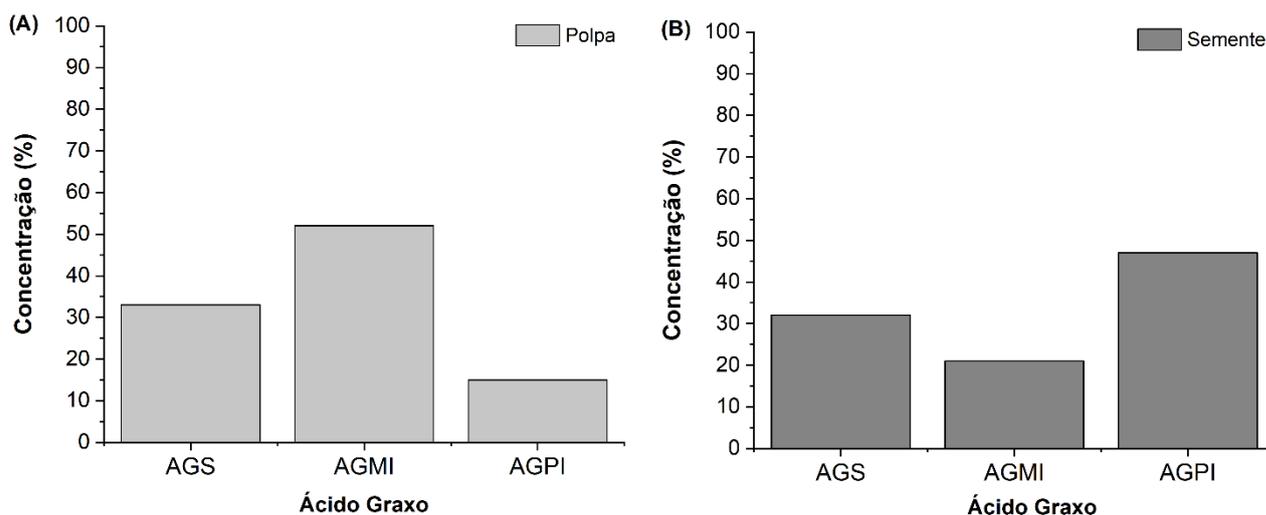
A composição do perfil de ácidos graxos para os óleos da polpa e da semente do abacate obtidos pelos diferentes métodos de extração estão apresentados na Tabela 5. Para os óleos extraídos da polpa do abacate foram identificados um total de oito ácidos graxos, dos quais 15% representam ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), 52% ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e 33% ácidos graxos saturados (AGS). Para os óleos extraídos da semente um total de dez ácidos graxos foram identificados, dos quais 47% são AGPI, 21% AGMI e 32% AGS (Figura 1). Apesar do menor rendimento de extração do conteúdo total de óleo (Tabela 3), quando comparado a polpa com a semente, observou-se o mesmo conteúdo de AGS, entretanto, a semente apresenta um percentual bastante superior de AGPI (47%), demonstrando assim a qualidade do óleo obtido a partir desse resíduo.

A quantidade de ácidos graxos identificados neste estudo foi menor do que que está relatado na literatura, isso porque à análise dos ácidos graxos foi utilizado uma mistura de 14 ésteres metílicos / ácidos graxos (FAMES).

Flores et al. (2019), em seu estudo relatam o perfil de ácidos graxos presente no óleo do abacate os quais apontam 25 tipos de ácidos graxos presentes em sua composição, desses 71% são AGMI, 16% AGS e 13% AGPI, extraído do abacate Hass. No estudo realizado por De Sousa Galvão et al. (2014) foi identificado cerca de 22 ácidos graxos nos óleos da polpa e da semente do abacate do cultivar Fortuna, seguidos por 17 ácidos graxos em Collinson e 14 ácidos graxos nos cultivares Barker. Por sua vez Bora et al. (2001), também identificaram cerca de 22 ácidos graxos tanto no óleo da polpa quanto no óleo da semente do

abacate. De acordo com Dreher e Davenport (2013), o óleo do abacate consiste em 71% de AGMI, 13% de AGPI e 16% de AGS, que ajudam a promover perfis lipídicos saudáveis e a biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis no plasma sanguíneo.

**Figura 1:** Valor médio dos ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e poli-insaturados (AGPI) presentes no óleo extraído da polpa e da semente do abacate.



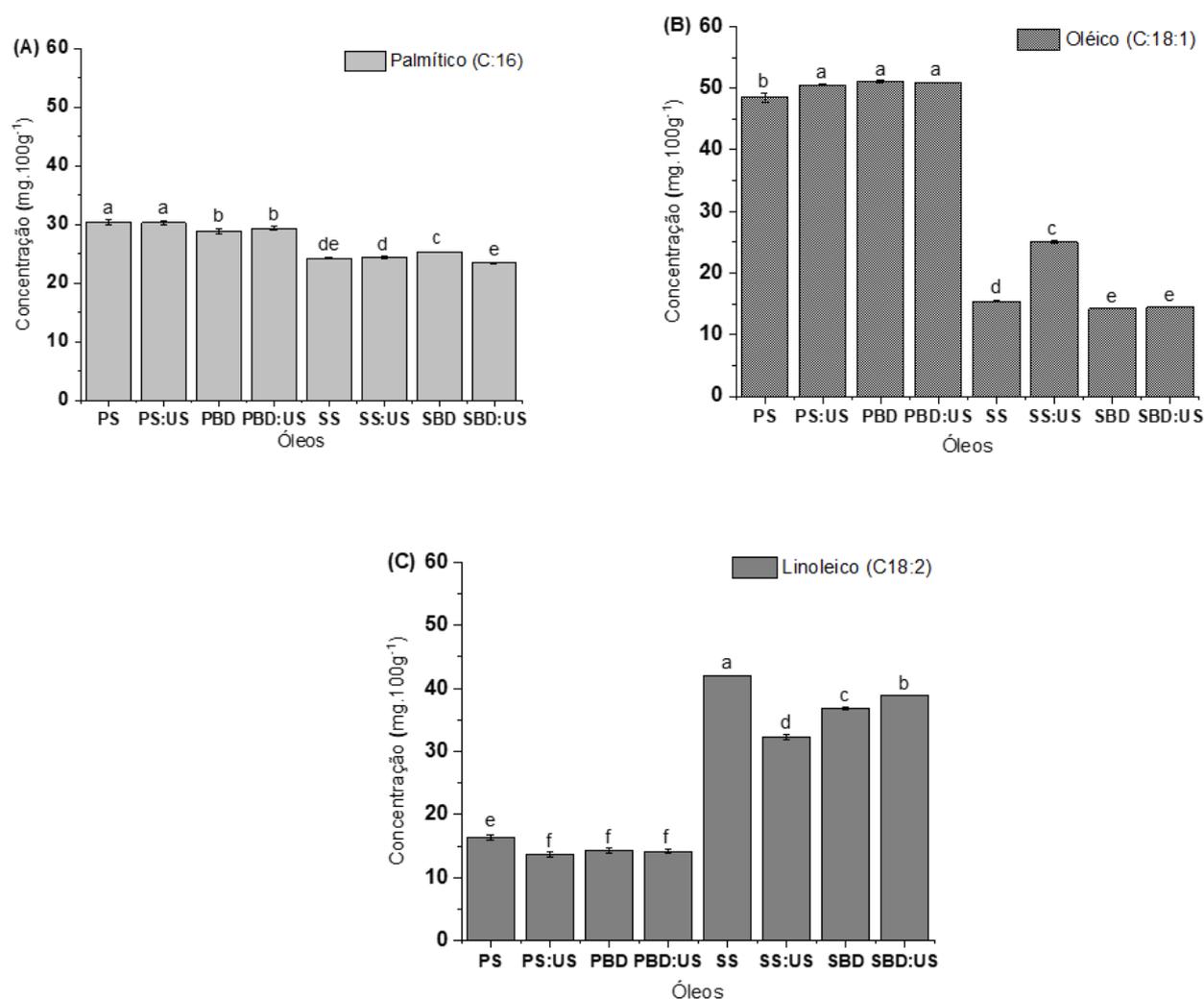
O óleo da polpa e da semente do abacate avaliados neste estudo apresentaram um perfil semelhante de ácidos graxos, com exceção dos ácidos  $\alpha$ -linolênico (C18:3) e behênico (C22:0) que estiveram presentes apenas nos óleos obtidos da semente. Dessa forma, os principais ácidos graxos identificados e quantificados nos óleos obtidos da polpa e da semente do abacate foram o C16:0 (palmítico), C18:1 (oléico-n-9) e o C18:2 (linoleico-n-6), independentemente do método de extração aplicado, conforme demonstrado na Tabela 5 e Figura 2.

**Tabela 5:** Quantificação por normalização (%) dos ácidos graxos avaliados na polpa e semente do abacate (média  $\pm$  desvio padrão).

Ácido Graxo	Polpa				Semente			
	PS	PS-US	PBD	PBD-US	SS	SS-US	SBD	SBD-US
C 14:0 Mirístico	0,23 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>	0,21 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>	0,28 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>	0,22 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>	2,96 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	1,24 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>	1,68 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup>	2,10 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
C 16:0 Palmítico	30,36 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>	30,31 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	28,90 $\pm$ 0,45 <sup>b</sup>	29,38 $\pm$ 0,30 <sup>b</sup>	24,21 $\pm$ 0,14 <sup>de</sup>	24,45 $\pm$ 0,22 <sup>d</sup>	25,33 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	23,44 $\pm$ 0,15 <sup>e</sup>
C 16:1 Palmitoléico (n-7)	1,95 $\pm$ 1,45 <sup>abc</sup>	2,62 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	2,33 $\pm$ 0,01 <sup>abc</sup>	2,54 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>	1,61 $\pm$ 0,06 <sup>abc</sup>	0,92 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>	1,15 $\pm$ 0,01 <sup>bc</sup>	1,57 $\pm$ 0,05 <sup>abc</sup>
C 18:0 Esteárico	1,89 $\pm$ 0,10 <sup>d</sup>	1,91 $\pm$ 0,05 <sup>d</sup>	2,49 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	2,02 $\pm$ 0,01 <sup>cd</sup>	2,17 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	5,63 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	5,60 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	2,01 $\pm$ 0,03 <sup>cd</sup>
C 18:1 Oleico (n-9)	48,48 $\pm$ 0,74 <sup>b</sup>	50,49 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	51,03 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	50,87 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	15,41 $\pm$ 0,06 <sup>d</sup>	25,06 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>	14,28 $\pm$ 0,07 <sup>e</sup>	14,48 $\pm$ 0,03 <sup>e</sup>
C 18:2 Linoleico (n-6)	16,36 $\pm$ 0,44 <sup>e</sup>	13,72 $\pm$ 0,41 <sup>f</sup>	14,26 $\pm$ 0,48 <sup>f</sup>	14,13 $\pm$ 0,30 <sup>f</sup>	42,05 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	32,34 $\pm$ 0,40 <sup>d</sup>	36,88 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup>	38,90 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
C 18:3 $\alpha$ -Linolênico (n-3)	ND	ND	ND	ND	5,96 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup>	6,60 $\pm$ 0,28 <sup>c</sup>	12,08 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	13,45 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>
C 20:0 Araquídico	0,42 $\pm$ 0,01 <sup>bc</sup>	0,44 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,47 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,46 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	3,18 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	0,32 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	0,45 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	0,41 $\pm$ 0,04 <sup>bc</sup>
C 22:0 Behênico	ND	ND	ND	ND	1,07 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	1,49 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,55 $\pm$ 0,09 <sup>c</sup>	1,50 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
C 24:1 Nervônico	0,31 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>	0,30 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>	0,29 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>	0,33 $\pm$ 0,01 <sup>d</sup>	1,37 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	1,96 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	2,00 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>	2,13 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>

ND = Não Detectado; Valores que apresentam a mesma letra na mesma linha não apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 95% de confiança. Média da análise obtida em triplicada ( $n = 3$ ).

**Figura 2:** Ácidos graxos majoritários presentes na composição do óleo da polpa e semente do abacate.



Valores que apresentam a mesma letra na mesma no mesmo gráfico não apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 95% de confiança. Média da análise obtida em triplicada ( $n = 3$ ).

A concentração de C16 (palmítico) variou de  $30,31 \pm 0,36^a$  (PS-US) a  $28,90 \pm 0,45^b$  (PBD-US) na polpa, enquanto para a semente de  $23,44 \pm 0,15^e$  (SBD-US) a  $25,33 \pm 0,05^c$  (SBD). Dessa forma, maior concentração desse AGS foram apresentados para os óleos obtidos da polpa em relação a semente. De forma geral, para a polpa, o método de Soxhlet foi mais eficiente para a obtenção desse ácido graxo quando comparado com o método de Bligh & Dyer, entretanto, não foram identificadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) quando comparada a mesma técnica e a aplicação do ultrassom (Tabela 5 e Figura 2). No óleo extraído da semente o método de extração por Bligh & Dyer obteve melhores

concentrações de C16 (palmítico) (25,33%), este resultado pode ser justificado pela ampla faixa de polaridade apresentada pela mistura dos solventes empregados.

Para os ácidos insaturados C18:1n-9 (oleico) e C18:2n-6 (linoleico) as concentrações variaram  $48,48 \pm 0,74$  (PS) a  $51,03 \pm 0,19\%$  (PBD) e  $13,72 \pm 0,41$  (PS-US) a  $16,36 \pm 0,44\%$  (PS) para a polpa, enquanto que para a semente variações de  $14,28 \pm 0,07$  (SBD) a  $25,06 \pm 0,17\%$  (SS-US) e  $32,34 \pm 0,40$  (SS-US) a  $42,05 \pm 0,03\%$  (SS) foram identificadas, respectivamente. O conteúdo total de C18:1n-9 (oleico) foi superior na polpa quando comparado com a semente, enquanto o óleo da semente se apresentou como uma importante fonte de C18:2n-6 (linoleico) (Figura 2). Massafera et al. (2010), também fez uma comparação entre o óleo da semente e da polpa do abacate, porém entre três cultivares diferentes, no qual também observou que a concentração do ácido C18:2n-6 (linoleico) era maior na semente do que a da polpa do abacate.

De forma geral, para a polpa, não houve variação significativa para a obtenção dos dois ácidos graxos insaturados majoritários, C18:2n-6 (linoleico) e C18:1n-9 (oleico), quando comparados os dois métodos de extração, bem como, a aplicação do ultrassom para o pré-tratamento da amostra. Entretanto, o método Soxhlet foi mais eficiente para a obtenção do C18:2n-6 (linoleico) e C18:1n-9 (oleico) na semente.

A partir dos resultados encontrados neste estudo, quando comparado a mesma técnica de extração, a aplicação do ultrassom exerceu efeitos positivos para a obtenção de C18:1n-9 (oleico) e C18:2n-6 (linoleico) apenas na semente. Dessa forma, o ultrassom contribuiu positivamente para aumentar a qualidade do óleo extraído da semente, já que o ácido C18:1n-9 (oleico) vem sendo reportado por alguns estudos como substância benéfica para saúde uma vez que o mesmo promove a redução do colesterol de alta densidade (LDL), reduzindo assim os riscos de doenças cardiovasculares (NOGUEIRA et al., 2018; CARVAJAL et al., 2014; TABESHPOUR et al., 2017). Segundo Ferrari (2015), o perfil dos ácidos graxos do óleo do abacate o qualifica como um óleo comestível “especial”, devido principalmente pela presença do ácido C18:1n-9 (oleico) em sua composição. Jorge (2014), relatou em seu estudo o perfil de ácidos graxos

presentes na polpa do abacate, destacando a concentração de 57,3% para o ácido C18:1n-9 (oleico). Salgado (2008), Massafera (2010) e Ranade et al. (2015) também estudaram o perfil dos ácidos graxos em amostras de polpa de abacate e determinaram valores de C18:1n-9 (oleico) de 66,2%, 50,3% e 50,9%, respectivamente.

Aliakbarzadeh et al. (2016), identificaram 17 ácidos graxos no óleo da polpa e da semente do abacate obtidos por métodos de extração com solvente, identificando como os principais ácidos graxos da polpa do abacate: C18:1n-9 (oleico) ( $74,25 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C18:2n-6 (linoleico) ( $26,87 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C16:0 (palmítico) ( $26,02 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C16:1n7 (palmitoléico) ( $1,22 \text{ g.Kg}^{-1}$ ) e C16:0 esteárico ( $0,05 \text{ g.Kg}^{-1}$ ). Além disso, e também conforme identificado neste estudo, os principais ácidos graxos na semente do abacate foram: C18:2n-6 (linoleico) ( $1,09 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C16:0 (palmítico) ( $0,47 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C18:1n-9 (oleico) ( $0,33 \text{ g.Kg}^{-1}$ ), C18:3  $\alpha$ -linolênico ( $0,12 \text{ g.Kg}^{-1}$ ) e C16:1n7 (palmitoléico) ( $0,04 \text{ g.Kg}^{-1}$ ). A partir dos resultados encontrados nesse estudo, bem como, conforme demonstrado por outros autores, a concentração de ácidos graxos pode variar a depender do método de extração empregado (AWOLU et al., 2019; BHUIYA et al., 2020; LÓPEZ-ORDAZ, 2019). Krumreich et al. (2018) demonstraram que maiores concentrações de ácidos graxos foram obtidos por extração com solvente quando comparado por prensagem a frio.

Os valores totais de AGS, AGMI e de AGPI, além das razões AGMI/AGPI, AGI/AGS e n-6/n-3, estão apresentados na Tabela 6. Analisando o perfil nutricional destes óleos em relação ao seu conteúdo de ácidos graxos o método que obteve melhores resultados foi o Bligh & Dyer assistido por ultrassom, tanto para a polpa quanto para a semente uma vez que estes óleos extraídos por este método apresentaram menores concentrações de AGS (32,08% PBD-US e 29,46% SBD-US) e níveis consideráveis de AGMI (53,74% PBD-US e 18,18% SBD-US) e AGPI (14,13% PBD-US e 52,35% SBD-US), conforme demonstrado na Tabela 6. Este fato pode ser explicado pela ampla faixa de polaridade, apresentada pela mistura de solventes utilizadas neste método, já que o clorofórmio e o metanol são mais polares que o hexano, bem como, por ser um método de extração a frio, contribuindo para a manutenção da qualidade do óleo

extraído (BRUM et al., 2009). De forma geral, a extração assistida por ultrassom contribui de forma eficiente para a extração total de AGMI e AGPI. A aplicação de ondas ultrassônicas de baixa frequência que pode facilitar a extração dos óleos e a sedimentação do material particulado em suspensão (FERREIRA et al., 2014; TAN et al., 2018b).

De forma geral, em relação ao perfil de ácidos graxos encontrado no óleo da polpa e da semente do abacate, os resultados mostraram que óleo extraído destas partes do abacate é composto em sua maioria por ácidos graxos insaturados, independentemente do método de extração utilizado (Tabela 6). Alguns estudos também demonstram que o óleo da polpa e da semente do abacate é rico em ácidos graxos insaturados (BORA et al., 2001; DE SOUSA GALVÃO; NARAIN; NIGAM, 2014; FERRARI, 2015b; KRUMREICH et al., 2018; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004b). Dentre esses ácidos graxos insaturados, o conteúdo total de AGMI do óleo da polpa apresentou teores mais elevados quando comparado aos teores de AGMI obtidos no óleo da semente do abacate através dos mesmos métodos de extração.

**Tabela 6:** Somatório dos ácidos graxos presentes nas amostras obtidas da polpa e semente do abacate (por normalização - %) utilizando diferentes métodos de extração.

Somatório de ácidos graxos	Polpa				Semente			
	PS	PS-US	PBD	PBD-US	SS	SS-US	SBD	SBD-US
$\Sigma$ AGS (%)	32,90	32,87	32,14	32,08	33,59	33,13	33,61	29,46
$\Sigma$ AGI (%)	67,10	67,13	67,91	67,87	67,47	68,37	66,94	72,03
$\Sigma$ AGMI (%)	50,74	53,41	53,65	53,74	18,39	27,94	17,43	18,18
$\Sigma$ AGPI (%)	16,36	13,72	14,26	14,13	48,01	38,94	48,96	52,35
$\Sigma$ n-3 (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,96	6,60	12,08	13,45
$\Sigma$ n-6 (%)	16,36	13,72	14,26	14,13	42,05	32,34	36,88	38,90
$\Sigma$ AGMI/AGPI	3,10	3,89	3,76	3,80	0,38	0,72	0,36	0,35
$\Sigma$ AGI/AGS	2,04	2,04	2,11	2,12	2,01	2,06	1,99	2,45
$\Sigma$ n6/n3	0,00	0,00	0,00	0,00	7,1	4,90	3,1	2,9

$\Sigma$ AGS, soma dos ácidos graxos saturados;  $\Sigma$ AGMI, soma dos ácidos graxos monoinsaturados;  $\Sigma$ AGPI, soma dos ácidos graxos poli-insaturados;  $\Sigma$ w3, soma dos ácidos graxos  $\omega$ 3;  $\Sigma$  w6, soma dos ácidos graxos  $\omega$  6. Média  $\pm$  desvio padrão de análises (n=3).

No óleo da polpa as maiores concentrações de AGMI foi obtida por Bligh & Dyer com ultrassom (53,74%) e para o óleo da semente a rota que obteve maiores concentrações de AGMI foi por Soxhlet com ultrassom (27,94%). Nesse caso a aplicação do ultrassom teve um efeito positivo sob as amostras, potencializando

os resultados obtidos junto aos métodos de extração tradicionais utilizados. Os valores de AGMI identificados neste estudo foram inferiores aos relatados por De Sousa Galvão et al. (2014) quando avaliaram a polpa do abacate dos cultivares Fortuna e Collinson, no qual o conteúdo total de AGMI foi de 56,9% e 60,8%, respectivamente.

Em relação a presença de AGPI totais no óleo da polpa do abacate os valores obtidos se apresentaram diferentes em relação aos métodos de extração, nesse caso óleo que apresentou melhor conteúdo foi o obtido por Soxhlet sem ultrassom (16,36%) e o uso do ultrassom não influenciou na obtenção dos melhores resultados de concentração destes ácidos graxos. Dentre os AGPI o ácido C18:2n-6 (linoleico) foi o único AGPI presente no óleo da polpa do abacate. Zuge (2015), Salgado (2008) e Tango (2004), determinaram o perfil de ácidos graxos na polpa de abacate também identificaram apenas o ácido C18:2n-6 (linoleico) como AGPI presentes nas amostras, sendo determinado um percentual de 13,8, 8,8 e 9,3%, respectivamente.

Quando avaliados os ácidos graxos das famílias ômega 3 (n-3) e ômega 6 (n-6), a aplicação do Bligh & Dyer com ultrassom foi mais eficiente para a obtenção de n-3 na semente (13,45%) e o Soxhlet sem ultrassom para o n-6 na semente (42,05%) e na polpa (16,36%) (Tabela 6). Bora (2001), relatou em seu estudo a presença de 38,8% de ácido C18:2n-6 (linoleico) e 6,57% de ácido C18:3n- $\alpha$ -linolênico, valores inferiores ao encontrado neste estudo (Tabela 5).

Para a razão n-6/n-3, determinado apenas para a semente, o método que apresentou melhor resultado foi por Bligh & Dyer assistido por ultrassom (2,9), tendo em vista que as razões de 2:1 a 3:1 têm sido recomendadas por alguns autores por possibilitar uma maior conversão do ácido linoleico (n-6) e do ácido linolênico (n-3) em outros ácidos graxos, como ARA, EPA e DHA, que alcança o seu valor máximo em torno de 2,3:1. Além disso o excesso de ácido graxo n-6 na dieta satura as enzimas que convertem o ácido linolênico (n-3) em formas mais longas de EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosahexaenóico), que são ácidos graxos essenciais pertencente à família ômega 3, que são responsáveis por ações anti-inflamatórias e composição das membranas dos neurônios respectivamente. O DHA é responsável pelo

funcionamento ótimo do sistema nervoso central e sua deficiência compromete o funcionamento do cérebro humano (MAHAN et al., 2005). Sendo assim, dietas baseadas em razões, n-6/n-3, inferiores a 1:1 não são recomendadas, por inibirem a transformação do ácido linolênico em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia muito longa (MARTIN et al., 2006; MASSAFERA et al., 2010). O impacto da deficiência do ácido graxo n-3 sob a promoção de doenças cardiovasculares, artrite, câncer, dentre outras doenças crônicas, assim como deficiência no sistema imunológico e alterações mentais, tem sido reportado por diversos estudos, uma vez que as proporções de n-6/n3 abaixo do normal estão diretamente relacionadas as alterações na composição lipídica da membrana vascular e na maior incidência de aterosclerose e distúrbios inflamatórios (MAHAN et al., 2005). Desta forma pode-se inferir que estes óleos são fontes ricas desses ácidos graxos no qual segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização para Alimentação e Agricultura (2016), poderia contribuir para a necessidade de ingestão diária de um adulto o qual tem recomendação de 0,8 a 4,0 g por dia n-6/n-3. Werman et. al (1991), em um estudo de plano nutricional realizado com ratos demonstraram os benefícios do óleo da semente do abacate sob o perfil lipídico do plasma sanguíneo dos ratos. Tabeshpour et al.(2017), observaram os efeitos do óleo do abacate sob as comorbidades da síndrome metabólica, no qual relataram que o consumo do óleo do abacate exerce um efeito positivo na redução do LDL-c e aumento HDL-c sanguíneo, alterando o perfil lipídico do indivíduo.

Em relação a razão da  $\sum AGMI/AGPI$ , o óleo da polpa extraído por Soxhlet sem ultrassom (PS) apresentou a melhor razão (3,89) e na semente o método que obteve melhor razão foi por Soxhlet com ultrassom (SS-US) apresentando uma razão de 0,72. Por sua vez, para a razão  $\sum AGI/AGS$  os melhores resultados para a polpa do abacate e para a semente foram obtidos para o método Bligh & Dyer com ultrassom (PBD-US 2,12 e SBD-US 2,45). No estudo realizado por Bora et al.(2001) foram identificados valores de 0,4 e 1,44 para a razão de  $\sum AGI/AGS$  na polpa e na semente respectivamente, os quais são inferiores aos valores obtidos no presente estudo.

A partir dos resultados encontrados, o óleo extraído da polpa e da semente são importantes fontes de ácidos graxos, e apesar do baixo rendimento, a semente de abacate apresenta-se como uma importante fonte de óleo de alta qualidade, representado principalmente pelo elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados. Dessa forma, os óleos da polpa e semente do abacate podem ser utilizados como ingredientes em produtos processados ou como matéria-prima na indústria farmacêutica e cosmética, devido a sua composição em ácidos graxos. O método de extração escolhido vai depender da aplicação final do produto obtido, visando rendimento total, ou conteúdo em ácidos graxos específicos.

#### 5.4 CONCLUSÃO

Neste estudo o óleo da semente e da polpa do abacate foram extraídos por duas técnicas diferentes (Soxhlet e Bligh & Dyer), assistidos ou não por ultrassom. Em relação ao rendimento, a semente apresentou menor conteúdo de óleo quando comparado com a polpa, independentemente do método de extração utilizado. Em relação ao método empregado, o óleo extraído da polpa por Soxhlet assistida por ultrassom obteve melhor rendimento (15,40%). Para semente a técnica que apresentou melhor rendimento foi por Soxhlet sem ultrassom (6,02%). Dessa forma, a aplicação do ultrassom favoreceu melhores resultados no rendimento do óleo extraído da polpa.

No óleo extraído da polpa foram identificados oito ácidos graxos, enquanto para a semente um total de dez ácidos graxos foram identificados. Em relação ao perfil nutricional dos óleos obtidos pelos diferentes métodos, e, baseando-se sob o aspecto do seu conteúdo de ácidos graxos, o método que obteve melhores resultados foi o Bligh & Dyer com ultrassom, tanto para a polpa quanto para a semente, uma vez que os óleos extraídos por este método apresentaram menores concentrações de AGS e níveis consideráveis de AGMI e AGPI. Nesse caso a utilização do ultrassom para o pré-tratamento das amostras influenciou positivamente na qualidade do óleo extraído, e dessa forma, pode ser considerada como uma técnica de escolha para a obtenção de produtos de melhor qualidade.

## 5.5 REFERÊNCIAS

ADARAMOLA, B.; ONIGBINDE, ADEBAYO SHOKUNBI, O. Physiochemical properties and antioxidant potential of Persea Americana seed oil. **Chemistry International**, v. 2, n. 3, p. 168–175, 2016.

AL-DOSARI, S. Hypolipidemic and antioxidant activities of avocado fruit pulp on high cholesterol fed diet in rats. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5, n. 12, p. 1475–1483, 2011.

ALBERTO ARIZA ORTEGA, J.; REYNA ROBLES LÓPEZ, M.; RENÉ ROBLES DE LA TORRE, R. **Effect of electric field treatment on avocado oil**, 2013.

ALBERTO NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. et al. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (Persea americana): uma revisão integrativa. **J. Food Technol**, 2018.

ALIAKBARZADEH, G.; SERESHTI, H.; PARASTAR, H. Fatty acids profiling of avocado seed and pulp using gas chromatography–mass spectrometry combined with multivariate chemometric techniques. **Journal of the Iranian Chemical Society**, v. 13, n. 10, p. 1905–1913, 16 out. 2016.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (Persea americana) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, 2018a.

ALKHALF, M. I. et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (Persea americana) fruit and seed extract. **Journal of King Saud University - Science**, p. 0–4, 2018b.

ALVARES DE OLIVEIRA, M. et al. **Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar fuerte, armazenados em temperatura ambiente 1 waxes for enhanced shelflife of avocado cultivar fuerte, stored at room temperature** *Scientia Agricola*, v. 57, n. 5, p. 777-780, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n4/a28v57n4.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

ALVES PEREIRA, P. **Evolução da produção mundial e nacional de abacate, 2015**.

AMERICANA, A. P. E. et al. Composição De Ácidos Graxos Do Óleo Do Mesocarpo E Da Semente De Cultivares De. p. 325–331, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos- Uma breve revisão** *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005**, 2005. Disponível em: <<http://www.oliva.org.br/wp-content/uploads/2016/11/resolucao-rdc-n270-22->

09-2005.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019

**AOCS - American Oil Chemists Society. Official methods...** - Google Acadêmico. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs\\_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqpEJ%3Ascholar.goog](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=AOCS++American+Oil+Chemists+Society.+Official+methods+and+recommended+practices+of+the+AOCS.+Champaign%3A+A.O.C.S.+1998.&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJhF1JtywqpEJ%3Ascholar.goog)>. Acesso em: 16 nov. 2019.

ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, n. July, p. 51–60, 2018.

AWOLU, O.; HELIYON, B. Quantitative and qualitative characterization of mango kernel seed oil extracted using supercritical CO<sub>2</sub> and solvent extraction techniques. **Elsevier**, v. 5, p. 03068, 2019.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **FRIN**, v. 44, p. 1866–1874, 2011a.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 1 ago. 2011b.

BARBOSA-MARTÍN, E. et al. Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. **Food and Bioprocess Processing**, v. 100, p. 457–463, 2016.

BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1–6, 2017.

BARROS, N. **Cores na alimentação**, 2010.

BAYRAM, S.; TEPE, S.; TOKER, R. Determination of some physical and chemical changes in fruits of Hass avocado cultivar during harvesting time. **Araştırma Makalesi/Research Article Derim**, v. 33, n. 1, p. 14–26, 2016.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562, 2016a.

BEN MOHAMED, H. et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub> and organic solvent. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 557–562, 1 dez. 2016b.

BENDICHO, C.; LAVILLA, I. Ultrasound Extractions ☆. In: **Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**, v. 41, n. 3, p. 305–321, 2006.

BERASATEGI, I. et al. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 439–446, 1 maio 2012.

BHUIYA, M.; RASUL, M.; KHAN, M. Comparison of oil extraction between screw press and solvent (n-hexane) extraction technique from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum* L.) feedstock. **Elsevier**, v. 144, p. 112024, 2020.

BLIGH, E. G. AND DYER, W. J. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology Issued by The national research council of Canada a rapid method of total lipid extraction and purification**, p. 911-917, 1959. Disponível em: <[www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)>. Acesso em: 9 jun. 2019.

BORA, P. S. et al. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, n. 3–4, p. 171–174, 2001.

BOTHA, B. M. Supercritical fluid extraction of avocado oil. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, 2004.

BREITBACH, M.; BATHEN, D.; SCHMIDT-TRAUB, H. Effect of Ultrasound on Adsorption and Desorption Processes. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 42, n. 22, p. 5635–5646, out. 2003.

BRUM, A. A. S.; DE ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849–854, 2009.

BULDINI, P. L.; CAVALLI, S.; SHARMA, J. L. **Matrix removal for the ion chromatographic determination of some trace elements in milk** **Microchemical Journal**, v. 72, p. 277-284, 2002.

C.I.E. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. **Supplement No.2 to CIE publication**, v. 2, 1978.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of Food and Health. **Choice Reviews Online**, v. 53, n. 08, p. 53-3319-53–3319, 2016.

CALVO, C.; ALIMENTOS, L. D. TECNOLOGÍA DE; 1997, U. Propiedades físicas II. Ópticas y color. **Instituto Politécnico Nacional Cidade**, 1997.

CAMPOS, J. Cultura racional do abacateiro. 1985.

CAROLINE LUÍZ, R.; AKEMI MEDEIROS HIRATA, T.; CLEMENTE, E. **Kinetic of inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase of avocado (Persea americana Mill.)** **Ciênc. agrotec.**, n. 6, p. 1766-1773, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a25v31n6.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

CARVAJAL-ZARRABAL, O. et al. Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. **Disease markers**, v. 2014, p. 386425, 25 fev. 2014.

CHEL-GUERRERO, L. et al. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. **International journal of biological macromolecules**, v. 86, p. 302–308, maio 2016.

CHEMAT, F. et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications A Review. **Ultrasonics - Sonochemistry**, 2016.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Elsevier**, v. 34, p. 540–560, 2017.

CHEN, M. et al. Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. **Elsevier**, 2015.

CORZZINI, S. C. S. et al. Extraction of edible avocado oil using supercritical CO<sub>2</sub> and a CO<sub>2</sub>/ethanol mixture as solvents. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 40–45, 2017.

DABAS, D. et al. Avocado (*Persea americana*) Seed as a Source of Bioactive Phytochemicals. **Current Pharmaceutical Design**, v. 19, n. 34, p. 6133–6140, 2013.

DAIUTO, É. R. et al. CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE PULP, PEEL AND By PRODUCTS OF AVOCADO 'HASS. **Rev. Bras. Frutic**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 2014a.

DAIUTO, É. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate "Hass". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417–424, 1 jun. 2014b.

DE OLIVEIRA REIS, J. H. et al. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, 2019.

DE SOUSA GALVÃO, M.; NARAIN, N.; NIGAM, N. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. **539 Food Sci. Technol, Campinas**, v. 34, n. 3, p. 539–546, 2014.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, 2014a.

DOS SANTOS, M. A. Z. et al. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 1, p. 19–27, jan. 2014b.

DOTTI MOOZ, E. et al. Physical and chemical characterization of the pulp of

different varieties of avocado targeting oil extraction potential Caracterização física e química da polpa de diferentes variedades de abacate visando o potencial para extração de óleo. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 32, n. 2, p. 274–280, 2012.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013a.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, jan. 2013b.

DUARTE, P. F. et al. Avocado: Characteristics, health benefits, and uses. **International News on Fats, Oils and Related Materials**, v. 28, n. 3, p. 28–32, 2017.

ESPINOSA-ALONSO, L. G. et al. Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1–12, 2017.

EWALD, G.; BREMLE, G.; BULLETIN, A. Differences between Bligh and Dyer and Soxhlet extractions of PCBs and lipids from fat and lean fish muscle: implications for data evaluation. **Elsevier**, v. 36, p. 222–230, 1998.

EYRES, L.; SHERPA, N.; TECHNOL, G. H. Avocado oil: a new edible oil from Australasia. p. 84–88, 2001.

**FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TA/metadata>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORETE STATISTICAL DATABASE. **Produção Mundial de Abacate**, 2017.

FARLEY, K. et al. Avocado-related knife injuries: Describing an epidemic of hand injury. **Elsevier**, 2019.

FERNANDO DE OLIVEIRA DA SILVA, L. et al. **Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira Quality variation of olive oil in olive cultivars Bragantia**, n. 2, p. 202-209, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n2/v71n2a08.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015a.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento Scientific Note: Physicochemical characterization of avocado oil extracted by centrifugation and of the process byproducts \*Autor Correspondente |

Corresponding Autores | Authors. **Brazilian Journal of Tecnology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015b.

FERRARI, R. A. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79–84, 2015c.

FERREIRA, B. L. et al. Extração assistida por ultrassom para determinação de Fe, K e Na em amostras de achocolatado em pó. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 236–242, set. 2014.

FIGUEROA, J. G. et al. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 105, p. 752–763, mar. 2018.

FIORI, L. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from seeds of six grape cultivars: Modeling of mass transfer kinetics and evaluation of lipid profiles and tocol contents. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 94, p. 71–80, 1 out. 2014.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019a.

FLORES, M. et al. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2172, 10 jun. 2019b.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE, G. H. **A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues**, p.497-509, 1957.

FURLAN, C. P. B. et al. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 349–354, 2017.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. . Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture**, 1970.

GÓMEZ, F. S. et al. Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. **Antioxidants (Basel, Switzerland)**, v. 3, n. 2, p. 439–454, jun. 2014.

HATZAKIS, E. et al. Perseorangin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. **Elsevier**, v. 293, p. 15–22, 2019.

HERNANDEZ-LOPEZ, S. H. et al. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. **Meat science**, v. 116, p. 186–192, jun. 2016.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit— *Persea americana*. In: **Exotic Fruits**. [s.l.]

Elsevier, 2018a. p. 37–48.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado fruit—Persea americana. **Exotic Fruits**, p. 37–48, 1 jan. 2018b.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2016.

JAVIER, O. et al. Thermal analysis and antioxidant activity of oil extracted from pulp of ripe avocados Fast Detection of *Listeria monocytogenes* through nanohybrid quantum dot complex View project Síntesis de líquidos iónicos análogos de curcumina con modificación gradual de la lipofilia y estudio de su actividad antitumoral View project. **Article in Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2017.

JORGE, T. Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana* mill) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente. **Aleph**, 2014.

JOSEPH, J. D., & ACKMAN, R. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **ci.nii.ac.jp**, 1992.

JÚNIOR, D. S. et al. **Currents on ultrasound-assisted extraction for sample preparation and spectroscopic analytes determination** *Applied Spectroscopy Reviews*, 2006. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/239395444>>. Acesso em: 12 jan. 2020

KMIECIK, D. et al. b-Sitosterol and campesterol stabilisation by natural and synthetic antioxidants during heating. **Food Chemistry**, 2011.

KRUMREICH, F. D. Obtenção de óleo de abacate por diferentes processos: avaliação da qualidade, perfil de biocompostos e incorporação em fibras ultrafinas de zeína. 1 mar. 2018.

KRUMREICH, F. D. et al. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. **Food Chemistry**, v. 257, p. 376–381, ago. 2018.

LARA-MÁRQUEZ, M. et al. Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v. 64, 1 jan. 2020.

LEITE, J. J. G. et al. Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 2, p. 110–113, abr. 2009.

LERMAN-GARBER, I. et al. Effect of a high-monounsaturated fat diet enriched

with avocado in NIDDM patients. **Diabetes care**, v. 17, n. 4, p. 311–315, abr. 1994.

LIU, H. et al. Ultrasound-assisted desolventizing of fragrant oil from red pepper seed by subcritical propane extraction. **Elsevier**, v. 63, p. 104943, 2020.

LÓPEZ-ORDAZ, P. Effect of the extraction by thermosonication on castor oil quality and the microstructure of its residual cake. **Elsevier**, v. 141, p. 111760, 2019.

LU, J. et al. MicroRNA expression profiles classify human cancers. **Nature**, v. 435, n. 7043, p. 834–838, jun. 2005.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, n. 1–2, p. 1–10, 10 ago. 1998.

MACHADO, B. A. S. et al. Chemical Composition and Biological Activity of Extracts Obtained by Supercritical Extraction and Ethanollic Extraction of Brown, Green and Red Propolis Derived from Different Geographic Regions in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 1, p. e0145954, 8 jan. 2016.

MAHAN, L.; ESCOTT-STUMP, S. Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia. 2005.

MAITERA, O. N.; OSEMEAHON, S. A.; BARNABAS, H. L. **PROXIMATE AND ELEMENTAL ANALYSIS OF AVOCADO FRUIT OBTAINED FROM TARABA STATE, NIGERIA**. **J. Sci. Res. and Tech.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.indjsrt.com>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MANACH, C. et al. **Polyphenols: food sources and bioavailability**. **Am J Clin Nutr.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/79/5/727/4690182>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

MARIA DEL REFUGIO RAMOS- JERZ. **Phytochemical analysis of avocado seed (Persea americana Mill., c.v. Hass)**, 2007. Disponível em: <<https://cuvillier.de>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

MARTIN, C. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **agris.fao.org**, 2006.

MASSAFERA, G. et al. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea Americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. **Brasilian Journal Food and Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 325–331, 2010.

MATSUSAKA, Y.; KAWABATA, J. Evaluation of antioxidant capacity of non-edible parts of some selected tropical fruits. **Food Science and Technology Research**, v. 16, n. 5, p. 467–472, 2010.

MELGAR, B. et al. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. **Industrial Crops & Products**, v. 111, p. 212–218, 2017.

MENEGON BUOSI ORIENTADOR, G.; MARIA CRISTINA MILINSK, D. **Extração do óleo de abacate (*Persea americana* Mill.) visando a produção de biodiesel e sua caracterização**, 2013.

MIRANDA, J. et al. AN. Influência da granulometria e do método de extração no rendimento de óleo obtido da semente de uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). **seer.fcfar.unesp.br**, v. 37, n. 2179–443, 2016.

MOHAMMADPOUR, H.; SADRAMELI, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of *Moringa peregrina* oil with response surface methodology and comparison with Soxhlet method. **Elsevier**, v. 131, p. 106–116, 2019.

MOLERO GÓMEZ, A.; PEREYRA LÓPEZ, C.; DE LA MARTÍNEZ OSSA, E. Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: A comparison with conventional solvent extraction. **Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal**, v. 61, n. 3, p. 227–231, 1996.

MONIKA, P.; PHYTOMEDICINE, A. G.-; 2015, UNDEFINED. The modulating effect of *Persea americana* fruit extract on the level of expression of fatty acid synthase complex, lipoprotein lipase, fibroblast growth factor-21 and. **Elsevier**, p. 939–945, 2015.

MOON, J.-K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655–1666, 11 mar. 2009.

MORETTO, E. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. 1998.

NAFIU, M. O. et al. Preparation, Standardization, and Quality Control of Medicinal Plants in Africa. **Medicinal Spices and Vegetables from Africa**, p. 171–204, 1 jan. 2017.

NAM, Y. et al. Avocado oil extract modulates auditory hair cell function through the regulation of amino acid biosynthesis genes. **mdpi.com**, v. 11, n. 1, p. 113, 2019.

NAVEH, E. et al. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. **The Journal of nutrition**, v. 132, n. 7, p. 2015–8, jul. 2002.

NIETO-ANGEL, D.; ACOSTA-RAMOS, M.; ORTIZ, D. T.; SÃO JOSÉ, A. R. Enfermedades Del Aguacate. p. 473–491, 2006.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A. et al. Nutritional profile and benefits of avocado

oil (*Persea americana*): An integrative review. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

NOVARTIS, J. M. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). **Article in The Journal of Agricultural Science**, 2013.

OLAETA, J. A. et al. **Use of hass avocado (*Persea americana* Mill.) seed as a processed product**, 2007.

OLIVEIRA, M. et al. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **redalyc.org**, v. 43, n. 3, p. 411–418, 2013.

ORGANIC PURE OIL. **Pure Avocado Oil Partially Filtered**. Disponível em: <<https://www.organicpureoil.com/product/organic-pure-oils/pure-avocado-oil/>>.

ORHEVBA, B. A.; JINADU, A. O. Determination of Physico-Chemical Properties and Nutritional Contents of Avocado Pear ( *Persea Americana* M .). **Academic Research International ISSN:**, v. 1, n. 3, p. 372–381, 2011.

OZDEMIR, F.; CHEMISTRY, A. T. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. **Elsevier**, 2004.

PACETTI, D. et al. Simultaneous analysis of glycolipids and phospholids molecular species in avocado (*Persea americana* Mill) fruit. **Journal of Chromatography A**, v. 1150, n. 1–2, p. 241–251, maio 2007.

PACKER, L.; LANDVIK, S. Vitamin E: Introduction to Biochemistry and Health Benefits. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 570, n. 1 Vitamin E, p. 1–6, 1 dez. 1989.

PADMANABHAN, M.; ARUMUGAM, G. Effect of *Persea americana* (avocado) fruit extract on the level of expression of adiponectin and PPAR- $\gamma$  in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v. 11, n. 2, p. 107–119, 2014.

PAGNUSSATT, P. A. C. H. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do azeite de abacate: Revisão, 2014.**

PERMAL, R. et al. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. **Elsevier**, v. 306, p. 125635, 2020.

PUSHKAR S. BORA, N. N.; ROSALYND V.M. ROCHA AND MARÇAL QUEIROZ PAULO. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52, p. 171–174, 2001.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A review on *Persea Americana* Mill.

(Avocado)- Its fruit and oil. **International Journal of PharmTech Research**, v. 8, n. 6, p. 72–77, 2015.

ROBBERS, J. et al. **Farmacognosia e farmacobiotechnologia**, 1997.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância para a saúde. **Revista Estudos**, v. 41, n. 1, p. 76–85, 2014.

RODRIGUES, S.; OLIVEIRA SILVA, E.; SOUSA DE BRITO, E. Exotic Fruits Reference Guide is the ultimate. **Academic Press**, p. xix, 2018.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. 2011.

ROSENBLAT, G. et al. Polyhydroxylated fatty alcohols derived from avocado suppress inflammatory response and provide non-sunscreen protection against UV-induced damage in skin cells. **Archives of Dermatological Research**, v. 303, n. 4, p. 239–246, 27 maio 2011.

SAAVEDRA, J. et al. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p. 81–90, 2017.

SALDEEN, K.; SALDEEN, T. Importance of tocopherols beyond  $\alpha$ -tocopherol: evidence from animal and human studies. **Nutrition Research**, v. 25, n. 10, p. 877–889, 1 out. 2005.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( *Persea americana* Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( *Persea americana* Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, p. 20–26, 2008a.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate ( *Persea americana* Mill ) como matéria-prima para a indústria alimentícia The avocado oil ( *Persea americana* Mill ) as a raw material for the food industry. **Ciencia y tecnología de alimentos**, v. 28, n. 3, p. 20–26, 2008b.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20–26, dez. 2008c.

SCHROEDER, C. A. THE ORIGIN, SPREAD, & IMPROVEMENT OF THE AVOCADO, SAPODILLA & PAPAYA . **The Indian Journal of Horticulture Special Symposium Number**, v. 15, p. 3–4, 1958.

SEGOVIA, F. J. et al. Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. **Molecules**, v. 23, n. 10, p. 2421, 2018.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016a.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 213–220, 1 jul. 2016b.

SHAHIDI, F. et al. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 10, p. 1745, 20 out. 2016.

SHI, D. et al. Antioxidant Properties of Hass Avocado Waste Fractions. **mdpi.com**, v. 37, p. 31, 2019.

SOEST, P. V. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell wall constituents. **ci.nii.ac.jp**, v. 50, p. 50–55, 1967.

SOLER, N. et al. Elaboração, composição química e avaliação sensorial de sobremesas lácteas achocolatadas com abacate. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 143–148, 2011.

SOONG, Y.-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411–417, 1 dez. 2004.

SOXHLET, F. The weight analytic determination of milk fat. **Polytechnisches Journal**, v. 232, p. 461–465, 1879.

SURUKITE, O. et al. Qualitative Studies on Proximate Analysis and Characterization of Oil From *Persea Americana* ( Avocado Pear ). **Journal of Natural Sciences Research www.iiste.org ISSN**, v. 3, n. 2, p. 68–74, 2013.

TABESHPOUR, J.; RAZAVI, B. M.; HOSSEINZADEH, H. Effects of Avocado ( *Persea americana* ) on Metabolic Syndrome: A Comprehensive Systematic Review. **Phytotherapy Research**, v. 31, n. 6, p. 819–837, 1 jun. 2017.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, n. November 2017, p. 45–51, 2018a.

TAN, C. X. et al. Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 2, 2018b.

TAN, C. X. et al. Comparison of subcritical CO<sub>2</sub> and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 45–51, 1 maio 2018c.

TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Elsevier**, p. 381–392, 2019.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004a.

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**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2004b.

THACH, ELIZABETH C., THOMPSON, KAREN J., MORRIS, A. A fresh look at followership: A model for matching Followership and leadership styles. **Journal of Behavioral & Applied Management**, n. 1, p. 1–5, 2006.

UNDELAND, I. et al. Comparison between methods using low-toxicity solvents for the extraction of lipids from herring (*Clupea harengus*). **Elsevier**, p. 355–365, 1998.

UZOH, C. F.; ONUKWULI, O. D. Self-cured Alkyd Resin Using Non-Drying Avocado Seed Oil as a Material of Regenerative Resource. **Bulletin of the Korean Chemical Society**, v. 39, n. 5, p. 643–650, 2018.

VALE, M. G. R. et al. Extraction of organic material in mineral coal by using supercritical fluid extraction, soxhlet, and sonication methods. **Journal of Microcolumn Separations**, v. 10, n. 3, p. 259–263, 1998.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. . Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WAH, T.; CHIA, R.; DYKES, G. A. **Pharmaceutical Biology Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars**. 2010.

WANG, J. et al. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. **Elsevier**, v. 288, p. 146–153, 2019.

WANG, W. et al. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WANG, W.; BOSTIC, T. R.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1193–1198, 2010.

WERMAN, M. J.; NEEMAN, I.; MOKADY, S. Avocado oils and hepatic lipid metabolism in growing rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 29, n. 2, p. 93–99, 1 jan. 1991.

WIJNGAARD, H. et al. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 505–513,

2012.

WOOLF, A. et al. Avocado Oil. **Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils**, p. 73–125, 1 jan. 2009.

YAHIA, E. M. **The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health**, 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.545.2365&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

YAHIA, E. M. et al. Chemistry, stability, and biological actions of carotenoids. In: **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition**, v. 1p. 285–345, 2017.

ZÜGE, LUANA CAROLINA BOSMULER. **Extração e caracterização da polpa e do óleo de abacate**, 2015.

## Capítulo 5. Considerações Finais

### 6 CONCLUSÃO

O consumo do abacate (*Persea americana Mill*) tem aumentado em todo o mundo nos últimos anos. Tem sido considerado uma das principais frutas tropicais, uma vez que contém vitaminas solúveis em gordura que são menos comuns em outros frutos, além de níveis elevados de ácidos graxos insaturados. Este fruto tem sido reconhecido pelos seus benefícios para a saúde, especialmente devido a presença dos compostos presentes na sua fracção lipídica.

Neste presente estudo coube a parte experimental caracterizar e comparar o óleo obtido da semente e da polpa do abacate a partir de quatro rotas de extração diferentes, no qual pode-se constatar que em relação ao rendimento do óleo extraído por estes diferentes métodos o que apresentou melhor eficiência no processo foi o método de Soxhlet com ultrassom para a extração do óleo a partir da polpa do abacate e para as sementes foi método Soxhlet sem ultrassom. Sendo assim o método Soxhlet mostrou-se ser mais eficiente para extrair o óleo da polpa e da semente do abacate, sendo capaz de extrair uma boa quantidade de óleo dessas partes da fruta, proporcionado pelo aquecimento, tipo de solvente utilizado e o tempo de exposição da amostra sob esse solvente.

Em relação ao seu perfil de ácidos graxos, os óleos obtidos pelos quatro métodos de extração apresentaram elevados teores de ácidos graxos insaturado. Os principais ácidos graxos observados nos óleos obtidos da polpa e da semente do abacate foram o C16:0 (palmítico), C18:1 (oleico - n-9) e o C18:2 (linoleico - n-6). Pode-se observar que o óleo do abacate tanto da polpa quanto da semente apresentaram elevadas concentrações de ácido oleico em sua composição, destacando-se quando submetidas aos métodos de extração por Bligh & Dyer com e sem ultrassom e por Soxhlet com ultrassom para o óleo da polpa e por Soxhlet com ultrassom para o óleo obtido da semente do abacate. Apesar da semente ser considerada um resíduo a composição de ácidos graxos do seu óleo é semelhante ao óleo da polpa permitindo que o mesmo também possa vir a ser utilizado pelas indústrias.

Desta forma, pode-se inferir que o uso do ultrassom exerceu um efeito positivo na extração do óleo da polpa do abacate e no perfil de alguns tipos de ácidos graxos tanto na polpa quanto na semente, proporcionado pela ação das ondas ultrassônicas de baixa frequência. E que a polpa quanto a semente do abacate são formas alternativas para extração de óleo de alta qualidade com grande potencial a ser comercializado e explorado.

Em relação ao estudo prospectivo conclui-se que o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o óleo de semente do abacate teve um crescimento a partir de 2010, mostrando-se como uma área promissora para pesquisa no cenário mundial com crescente número de depósitos de patentes relacionado ao tema de estudo. Os Estados Unidos da América (EUA) e as Organizações tanto europeia (EP) quanto a de Propriedade Intelectual (WO), parece ser o mercado de maior interesse para a proteção da tecnologia relacionada com o óleo de semente do abacate, possuindo os maiores números de patentes depositadas na base pesquisada.

## 6.1 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Novos estudos para a caracterização da atividade antioxidante e perfil dos compostos fenólicos são viáveis para complementação do material estudado, visto que a presença de compostos antioxidantes é importante para aumentar o valor agregado do óleo.

Novos estudos também podem avaliar o potencial tecnológico da semente do abacate para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Já que os resíduos fibrosos da semente do abacate são subprodutos interessantes para a indústria de alimentos tendo em vista que os resíduos apresentam altas proporções de fibras dietéticas, tornando-se promissores ingredientes tecnológicos.