



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR**

Ana Patrícia Almeida Mota

Otimização da etapa de neutralização na produção de óleo de abacate

Orientador: Maria João Barroca

Coimbra, 2025

## MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Ana Patrícia Almeida Mota

Otimização da etapa neutralização na produção de óleo de abacate

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de  
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de mestre em ENGENHARIA  
ALIMENTAR

Orientador: Maria João Barroca

Coimbra, 2025

## **Agradecimentos**

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais por todo o apoio, sem eles tudo isto não seria possível. À minha tia querida, Vera, por todos os conselhos, apoio e ajuda e a todos os familiares mais próximos que de alguma forma também tiveram um papel muito importante.

Em segundo lugar, agradecer ao meu orientador interno da empresa, o Pedro Pessoa e à Daniela Cabaça por toda a ajuda prestada durante o decorrer do estágio e durante a escrita do relatório, assim como à restante equipa da refinação dos óleos, Américo Brito, João Ferreira, Ricardo Mendes e Marco Marques. Também quero agradecer à minha colega e amiga Cláudia, por todos os momentos de carinho e às minhas colegas e amigas Mariana Carvalho, Rafaela Olivieri e Carlota Tavares.

Deixo também um agradecimento bastante especial à minha melhor amiga, a Beatriz Ferreira, por todo o apoio e incentivo dado, durante toda a escrita deste trabalho.

Por fim, quero expressar a minha sincera gratidão à minha orientadora, professora Maria João Barroca, pelo acompanhamento, disponibilidade e apoio prestados ao longo do estágio, a sua orientação foi essencial para o meu crescimento académico, assim como para a realização deste trabalho.

## Resumo

O presente relatório insere-se no âmbito da unidade curricular - estágio profissionalizante - do Mestrado em Engenharia Alimentar da Escola Superior Agrária de Coimbra, realizado entre 16 de setembro de 2024 e 13 de março de 2025, na Destilaria Levira, Lda.

A empresa desenvolve parte da sua atividade à refinação de óleos alimentares, nomeadamente o óleo de abacate.

O estágio teve como principal objetivo a otimização do processo de neutralização na produção de óleo de abacate refinado a partir de óleo de abacate cru, nomeadamente das temperaturas para a adição de ácido fosfórico e soda cáustica no processo.

Para o efeito, o óleo de abacate cru foi recolhido num tanque de armazenamento desta matéria-prima e realizaram-se quatro ensaios em laboratório, com temperaturas de adição de ácido fosfórico que variaram entre 50°C e 70°C e de soda cáustica, entre 60°C e 80°C.

Os resultados obtidos evidenciaram que o ensaio realizado com adição de ácido fosfórico a 70 °C e de soda cáustica a 70 °C apresentou o melhor desempenho, traduzido num rendimento de 91%, num menor teor de sabões após centrifugação e numa redução eficaz da acidez.

Para além dos resultados obtidos, este ensaio permitiu otimizar as temperaturas de adição de ácido fosfórico e soda cáustica. A diminuição da temperatura de adição de soda cáustica para 70 °C, ao invés dos 80°C (temperatura do processo atual da empresa), permitiu aumentar o rendimento da reação e diminuir o tempo de aquecimento da soda uma vez que diminuiu para 70 °C, contribuindo para uma maior eficiência e simplificação operacional, sem comprometer a qualidade do óleo refinado.

Palavras-chave: abacate, óleo, temperatura; ácido fosfórico, soda cáustica

## **Abstract**

This report is part of the professional internship course of the Master's Degree in Food Engineering at the Escola Superior Agrária de Coimbra, carried out between 16 September 2024 and 13 March 2025 at Destilaria Levira, Lda.

The company carries out part of its activity in the refining of edible oils, namely avocado oil.

The main objective of the internship was to optimise the neutralisation process in the production of refined avocado oil from raw avocado oil, namely the temperatures for adding phosphoric acid and caustic soda in the process.

For this purpose, raw avocado oil was collected from a storage tank for this raw material and four laboratory tests were carried out, with phosphoric acid addition temperatures ranging from 50°C to 70°C and caustic soda addition temperatures ranging from 60°C to 80°C.

The results obtained showed that the test carried out with the addition of phosphoric acid at 70 °C and caustic soda at 70 °C presented the best performance, resulting in a yield of 91%, a lower soap content after centrifugation, and an effective reduction in acidity.

In addition to the results obtained, this test made it possible to optimise the temperatures at which phosphoric acid and caustic soda are added. Lowering the caustic soda addition temperature to 70 °C, instead of 80 °C (the company's current process temperature), increased the reaction yield and reduced the soda heating time, as it decreased to 70 °C, contributing to greater efficiency and operational simplification without compromising the quality of the refined oil.

Key words: avocado, oil, temperature; phosphoric acid, caustic soda

## Índice

Resumo.....	iv
Abstract .....	v
1. Introdução.....	12
1.1. Abacate.....	13
1.2. O abacate em Portugal.....	15
1.3. Benefícios do abacate.....	16
1.4. Valor económico do abacate .....	17
1.5. Objetivos do trabalho .....	18
2. Destilaria Levira.....	19
2.1. Instalações .....	20
2.2. Produtos.....	20
3. Óleo de abacate refinado .....	23
3.1. Mercado do óleo de abacate .....	25
3.2. Refinação de óleos .....	27
3.3. Fluxograma do processo de produção .....	28
Receção do óleo de abacate cru.....	29
Criação de um lote interno .....	29
Neutralização.....	29
Winterização.....	29
Centrifugação .....	31
Branqueamento.....	32
Desodorização .....	32
Filtração.....	33
Análise e criação de lote final .....	33
4. Processo de neutralização.....	34
4.1. Neutralização contínua e rendimento .....	36

4.2. Subprodutos resultantes da neutralização .....	36
4.2.1. Pasta: aplicações .....	37
5. Otimização da temperatura na adição de ácido fosfórico e soda .....	38
5.1.1 Equipamentos e reagentes.....	38
5.2. Procedimento experimental .....	39
5.3. Determinação de sabões.....	42
5.4. Determinação da acidez .....	43
6. Resultados e discussão.....	45
6.1 Massa das amostras de óleo ao longo dos ensaios.....	45
6.2. Rendimento dos testes laboratoriais .....	47
6.3. Aspeto do óleo neutralizado .....	47
6.4. Adição de água e centrifugação .....	50
6.5. Quantificação de sabões.....	51
6.6. Acidez .....	52
7. Conclusão.....	53
Referências Bibliográficas .....	54
Anexo I – Equipamentos laboratoriais.....	56

## Índice de Figuras

Figura 1- Abacate.....	15
Figura 2- Gin Adamus.....	20
Figura 3- Borlido.....	21
Figura 4 - Graduva .....	22
Figura 5 - Levigal.....	22
Figura 6 - Consumo do óleo de abacate no mundo (Data, 2023).....	26
Figura 7 - Fluxograma do processo de refinação do óleo de abacate .....	28
Figura 8 - Ponto de Grão ótimo (A) e não adequado (B).....	30
Figura 9 – Centrífuga (Maionchi, 2017) .....	31
Figura 10 - Placa de aquecimento com copo e o agitador.....	39
Figura 11 - Copo no chiller com agitação .....	40
Figura 12 - Adição de água ao óleo.....	40
Figura 13 - Amostras na centrífuga.....	41
Figura 14 - Amostra de óleo centrifugada.....	42
Figura 15 - Óleo centrifugado .....	42
Figura 16 - Instrumento usado para medição da acidez do óleo .....	44
Figura 17 - Óleo depois da adição de ácido fosfórico e soda cáustica (a) Ensaio 1 – adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C, (b) Ensaio 2 adição de ácido fosfórico a 50°C e soda cáustica a 60°C, (c) Ensaio 3 - adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C, (d) Ensaio 4 - adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C.....	48
Figura 18 - Teste 3, adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C.....	49
Figura 19 - Ponto do grão nos ensaios: (a) Ensaio 1 – adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C, (b) Ensaio 2 - adição de ácido fosfórico a 50°C e soda cáustica a 60°C, (c) Ensaio 3 - adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C, (d) Ensaio 4 - adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C.....	50
Figura 20 - Ácido Fosfórico .....	57
Figura 21 - Ácido Fosfórico e Soda .....	57
Figura 22 - Soda .....	57
Figura 23 - Chiller.....	57
Figura 24 - Placa de aquecimento .....	57
Figura 25 - Termómetro digital.....	57

Figura 26 - Balança Analítica .....	57
Figura 27 - Centrifuga.....	57
Figura 28 - Agitador .....	57

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Percentagem de ácidos gordos em óleos vegetais.....	24
Tabela 2 - Ensaios para avaliar o efeito da temperatura na adição de ácido fosfórico e soda cáustica.....	38
Tabela 3 - Massa da amostra de óleo durante o processo .....	45
Tabela 4 - Volumes da amostra de óleo durante o processo .....	46
Tabela 5 - Rendimento da produção (% , em massa) óleo de abacate .....	47
Tabela 6 - Quantificação de sabões no óleo, em ppm.....	51
Tabela 7 - Acidez da mistura de óleo e o óleo limpo após centrifugação, em mg KOH/g .....	52

## **Lista de siglas**

LDL – Lipoproteína de Baixa Densidade

HDL – Lipoproteína de Alta densidade

IMC - Índices de Massa Corporal

HIV – Vírus da Imunodeficiência Humana

## 1. Introdução

A procura por alimentos mais saudáveis tem crescido nos últimos anos, sobretudo devido ao aumento das exigências dos consumidores e ao conhecimento dos benefícios que os alimentos podem proporcionar ao serem consumidos. O atual estilo de vida das pessoas tem desencadeado a procura por alimentos práticos ou prontos para o consumo. Para atender a este novo mercado, as indústrias alimentares têm o desafio de produzir alimentos com ingredientes naturais e funcionais. Dentro deste contexto, os óleos naturais mono e polinsaturados são uma alternativa promissora para as indústrias de alimentos (Gon & Fernandes, 2020).

Os óleos alimentares fazem parte da dieta alimentar. A sua principal aplicação é na confeção de alimentos através de processos de culinária conhecidos ancestralmente, em que aqueles são cozinhados por imersão a altas temperaturas. Os processos de fritura, caseira ou industrial e a reutilização sucessiva do óleo alimentar nessas operações, conduz à sua degradação irreversível, através de diferentes vias e agentes intervenientes, sendo a via oxidativa provavelmente a mais importante (Bermejom, 2014).

Apesar dos consumidores estarem cada vez mais preocupados com a relação existente entre a alimentação e a saúde, os alimentos fritos fazem parte do regime alimentar dos indivíduos de todo o Mundo, principalmente no Ocidente (Saguy e Dana, 2003). Com o ritmo de vida atual, há tendência para escolher pratos fáceis e rápidos de preparar, optando muitas vezes por este tipo de confeção. A evolução do mercado, com a produção dos alimentos pré-fritos, trouxe ainda outras vantagens ao consumidor atual: não exigem preparação nem tempero; o tempo de confeção é muito curto; existe uma grande oferta de produtos no mercado; são os preferidos por crianças e jovens pois, geralmente, estão prontos para consumo no final da fritura e são muito apelativos (exemplo batatas fritas com formatos tão diversos como letras, números ou animais) (Mendes, 2006).

Para além disso, este processamento culinário é vantajoso do ponto de vista da segurança alimentar (pois há destruição de microrganismos pelas elevadas temperaturas de cozedura) e sensorial (são conferidos aos alimentos características organoléticas únicas de textura, aparência e *flavour*) (Saguy e Dana, 2003; Varela et.al., 1988; Mendes, 2006).

Na sociedade atual, o consumo de óleos vegetais é uma realidade que tem vindo a aumentar de ano para ano à escala global, sendo estes maioritariamente usados na

indústria alimentar. Os óleos vegetais, como o nome indica são extraídos de plantas e o seu consumo é considerado uma alternativa mais saudável à gordura animal uma vez que a gordura animal é rica em ácidos gordos saturados, que são associados a elevados níveis de colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade), e os óleos vegetais contêm sobretudo ácidos gordos insaturados (Almeida, 2020).

Os óleos mais produzidos atualmente são os óleos de palma, soja e colza. O primeiro é produzido basicamente na Tailândia e Malásia que detém mais de 85% da produção mundial. O segundo apresenta grande produção em países como China, EUA, Argentina e Brasil. Estes quatro países são responsáveis por 80% da produção total do óleo de soja. De seguida, surge a China com uma produção de 5,2 milhões de toneladas de óleo de soja (Espasandin, 2011).

Os óleos podem sofrer degradação por vias química (hidrólise ácida, oxidação, escurecimento e ranço oxidativo), enzimática (hidrólise enzimática e ranço hidrolítico) e atividade microbiana (de bolores, leveduras e por último, bactérias), estando esta última geralmente associada aos estados mais severos de degradação (Laranjeira e Ribeiro, 2011; Oliveira, 2012).

Atualmente, a produção de biodiesel é feita principalmente a partir de óleos vegetais como o óleo de colza, palma e soja. Embora em 2019, nos EUA, 57% do biodiesel tenha sido produzido a partir de óleo de soja, na Europa a matéria-prima mais utilizada em 2018 foi o óleo de colza (42%) (Martinez & Almeida, 2021).

O processamento de óleos pode dividir-se em três etapas com diversas operações unitárias. Essas etapas podem designar-se por pré-tratamentos (seleção e limpeza das sementes, secagem, descasque, trituração e cozedura), obtenção (extração, eliminação dos solventes) e refinação (gomagem, neutralização, branqueamento e desodorização) (Bermejom, 2014).

Na Destilaria Levira o óleo é rececionado cru e é sujeito a um processo de refinação.

De entre os óleos rececionados pela Destilaria Levira, optou-se por estudar o de abacate e o de grainha de uva, uma vez que são os produzidos em maior quantidade.

## **1.1. Abacate**

O abacate é originário da América e considerado uma das plantas mais produtivas por unidade de área cultivada. São frutas com altos níveis de lípidos, podendo ser uma

matéria-prima importante para a extração de óleo com substâncias bioativas que podem reduzir o risco de doenças (Ferrari, 2015).

O abacateiro é cultivado na maioria das regiões tropicais e subtropicais, principalmente no México, América Central, parte da América do Sul, na Índia Ocidental, África do Sul, Israel e no Havaí; e em menor expressão, na Índia, República Malgache, Reunião, Madeira, Samoa, Taiti, Argélia, Austrália, EUA (Flórida e Califórnia), entre outros (Teixeira *et al.*, 1991).

A América é o local de origem do abacate e é responsável por 94% da produção mundial dessa fruta. A produção brasileira de abacate é da ordem de 500 milhões de frutos por ano o que coloca o Brasil como quarto maior produtor mundial, sendo superado apenas pelo México e República Dominicana (Buosi, 2013).

Existem três espécies de abacate: Mexicana (*Persea americana var. drymifolia*); Antilhana (*P. americana var. americana*) e Guatemalense (*P. nubigena var. guatemalensis*). Cada espécie engloba diferentes variedades de abacate. Na espécie mexicana, as principais variedades do fruto são as cultivares Duke e Ettinger. Na espécie Antilhana, as variedades mais importantes são Pollock, Simmonds e Fucks. Já na espécie guatemalense, as principais variedades são as cultivares Prince, Wagner, Linda e Rincon (Campos, 1985; Koller, 1992; Nogueira de Almeida *et al.*, 2018).

Há ainda as variedades híbridas resultantes dos cruzamentos naturais entre as diferentes espécies, 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 espécies Mexicana e Guatemalense) (Nogueira de Almeida *et al.*, 2018).

O abacate é uma fruta tropical valiosa e o aumento de seu consumo está relacionado com as suas características sensoriais, o seu valor nutritivo e a diversidade e riqueza de vitaminas presentes na sua composição (Clemente, 2007). As características físicas e químicas do abacate tornam-no um fruto de excelente uso e de alto potencial económico para as indústrias alimentar, farmacêutica, cosmética e produção de biocombustíveis (Nogueira de Almeida *et al.*, 2018; Khare, 2007).

O abacate, Figura 1, possui considerável qualidade nutritiva, com alto conteúdo de fibras, proteínas, sais minerais, destacando-se o potássio e as vitaminas, especialmente a vitamina E (Moreira, 2012).

Além disso, o fruto é rico ácido ascórbico, vitamina B6, potássio e compostos fitoquímicos (antocianinas, fitoesteróis e compostos fenólicos) (Rohman *et al.*, 2016). Os compostos fitoquímicos do abacate desempenham um papel importante devido à sua capacidade de captar radicais livres. Esses radicais livres são responsáveis pelo *stress* oxidativo das estruturas celulares. Desta forma, os compostos fitoquímicos podem proporcionar benefícios à saúde, como a prevenção de doenças neurológicas, cancerígenas, circulatórias e cardiovasculares (Corrales *et al.*, 2019; Gon & Fernandes, 2020).

O fruto do abacateiro distingue-se de entre muitos, por ser um dos mais completos em relação à sua qualidade nutricional, com teores de proteína na polpa variando de 1 a 2%, açúcares de 3 a 8% e de óleo de 5 a 35%, o qual apresenta elevado teor de ácidos gordos insaturados. Além disso, contém também diversas vitaminas, principalmente a C e E ( $\alpha$ -tocoferol e  $\gamma$ -tocoferol) (Tango & Turatti, 1992; Velásquez & Hernández, 2012; Berasategi *et al.* 2012; Hilmi *et al.*, 2018).

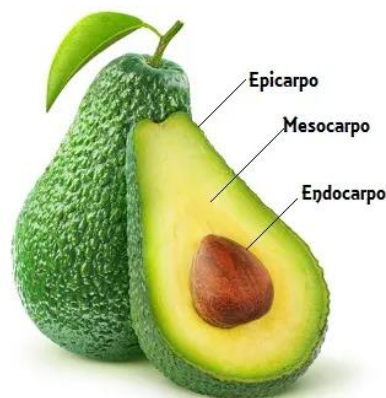


Figura 1- Abacate

Para extrair o óleo do abacate usa-se apenas a polpa, ou seja, o mesocarpo.

## 1.2. O abacate em Portugal

Os principais pomares de abacateiros de Portugal localizam-se no Algarve e no arquipélago da Madeira, já que o clima, mais quente e húmido, assim o permite. Como referiu o Engenheiro Agrónomo Leandro Aguiar Câmara no seu relatório final de curso, “Fruticultura Subtropical da Ilha da Madeira”, 1955, citando o Tenente Alberto Sarmiento, notável investigador madeirense, a introdução do abacateiro na Madeira deu-se nos

meados do século XIX, a partir de um morgado regressado do Brasil que trouxe uma semente da espécie. Em relação às cultivares mais produzidas a nível mundial, incluindo Portugal, a Hass e a Fuerte dominam o mercado internacional (Carpen *et al.*, 2011; Moreira, 2012).

Nos últimos anos tem havido um aumento significativo do consumo e da produção de abacate, com um aumento de áreas da cultura em países tradicionalmente produtores deste fruto, mas também em países onde esta cultura era marginal. A produção mundial de abacate passou de 2,78 milhões de toneladas em 2000 para 5,92 milhões de toneladas em 2017 (Faostatf, 2019). Durante o mesmo período, a área de cultivo passou de 329 372 ha para 587 278 ha (Faostatf, 2019). Em Portugal a área de abacateiros e a produção têm aumentado muito nos últimos anos, tendo atingido em 2018 cerca de 10000 toneladas (Costa *et al.*, 2018).

No que se refere à cultura de abacateiros no Algarve, a produção do fruto tem vindo a aumentar, constituindo umas das principais alternativas do setor frutícola desta região já que, para além de ter uma boa relação custo benefício, apresenta um escoamento fácil de produção e um mercado nacional externo em crescimento (Vasconcelos, *et al.*, 2010; Moreira, 2012).

Em relação às cultivares de abacate produzidas em Portugal, a Pinkerton, Hass, Fuerte, Reed e Bacon, são as variedades que melhor se adaptam às condições de cultivo nacional. Há ainda, uma grande diversidade de cultivares propagadas por semente no decorrer do tempo, consoante o interesse produtivo e comercial. A época de colheita oscila entre outubro e julho, de acordo com a cultivar, altitude, localização e condições climáticas do local de cultivo (Leça, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2010; Moreira, 2012).

### **1.3. Benefícios do abacate**

O abacate apresenta alto teor de ácidos gordos monoinsaturados, que auxiliam na manutenção do colesterol no plasma sanguíneo, com o aumento dos níveis de colesterol de alta densidade (HDL) e a diminuição do de baixa densidade (LDL), que é prejudicial à saúde. Consequentemente, contribui para a diminuição dos riscos de problemas cardiovasculares (Cábia, 2013). De acordo com os estudos de Dreher e Davenport (2013), os indivíduos que consomem abacate, possuem maiores níveis de HDL no sangue, menores Índices de Massa Corporal (IMC) e menor probabilidade de apresentarem

problemas metabólicos, quando comparado com os que não consomem o fruto (Khare, 2007).

O abacate contém compostos bioativos, como fito esteróis, que aumentam a imunidade, auxiliando no tratamento de doenças como infecções, cancro e HIV (vírus da imunodeficiência humana) (Khare, 2007).

Possui também a luteína, um carotenoide que ajuda na prevenção de doenças oculares, como a degeneração macular e catarata, e também cancro da próstata, entre muitos outros benefícios (Duarte *et al.*, 2016; Khare, 2007).

Os compostos bioativos do abacate ajudam a prevenir diversas doenças, tanto pela ação dos antioxidantes, atuando contra os radicais livres, quanto no combate de dislipidemias, auxiliando na redução do colesterol no plasma, na manutenção de hormonas, controlo da pressão arterial, entre outros (Bissoli, 2018; Khare, 2007).

#### **1.4. Valor económico do abacate**

A produção mundial do abacate, de acordo com a FAO (2010), é de cerca de 3,5 milhões de toneladas, ocupando uma área de 423 mil hectares, onde o México, Indonésia, Colômbia, Brasil e Estados Unidos são nesta ordem, os maiores produtores (Adolph, 2016).

A importância económica do abacate deve-se às suas propriedades organolépticas, energéticas, nutritivas e à sua riqueza em óleo. Comparando-se a composição média da polpa do abacate com a de outras frutas, constata-se que o abacate apresenta um extrato seco elevado rivalizando-se ao da azeitona, em quantidade de óleo (Prado *et al.*, 2014).

Segundo Krumreich, 2018, o abacate apresenta um extrato seco total de 21,81%.

Os abacates apresentam um peso médio de 754,36 g, sendo 71,89% de polpa, 21,22% de caroço e 6,89% de casca. Para outras variedades de abacate (Ouro Verde, Wagner, Campinas, Paulistinha, Fuerte, Pedroso, Margarida, Hass, Fortuna, Quintal e Reis) os pesos variam entre 129,3 g e 750,18 g, sendo, 52,9% a 82,6% de polpa; 6,9% a 28% de casca e de 10,1% a 27,9% de caroço (Daiuto *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2013; Hilmi *et al.*, 2018).

## **1.5. Objetivos do trabalho**

Este trabalho tem como objetivos, a otimização da temperatura na adição de ácido fosfórico e soda cáustica no óleo de abacate, para melhorar o tempo de processamento na etapa de neutralização.

A neutralização é a adição de soda cáustica e ácido fosfórico, respetivamente, à temperatura de 80°C e 70°C, em produção industrial.

Durante o estágio, foram realizadas outras atividades dentro da empresa, como a análise dos produtos resultantes da secagem do bagaço destilado; a pesagem de camiões na entrada e saída da empresa; receção de cargas e descargas de óleo alimentar e outras matérias-primas; controlo da linha de enchimento dos produtos Phunk, Adamus e Graduva; entrega, receção e controlo de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) dos trabalhadores da fábrica.

## 2. Destilaria Levira

Nos inícios do século XXI, a empresa passa por algumas e significantes transformações posicionando a Destilaria Levira, como uma empresa líder na área da destilação. Uma nova geração vem modernizar a produção de aguardente bagaceira e otimizar processos e recursos com a instalação de uma unidade de produção própria de secagem para desidratação e separação dos subprodutos excedentes da produção da destilação transformando-os em novos produtos de valor acrescentado (Levira, 2024).

Mais tarde aprimorou o seu *know how* da destilação e instalou uma nova destilaria para a produção de aguardente vínica e outros derivados vínicos (Levira, 2024).

Conscientes do impacto ambiental e preocupação crescente da importância da economia circular, a empresa investiu num novo negócio para aproveitamento total da cadeia de valor da sua matéria-prima, dando uma nova vida à grainha obtida do processo da desidratação para a produção sustentável e 100% natural de óleos alimentares de elevada qualidade (Levira, 2024).

Dispondo de álcool etílico resultante da destilação, e de forma a potencializar as valências e conhecimentos na área, a empresa apostou mais recentemente numa nova unidade de produção própria de produtos para desinfeção à base de álcool (Levira, 2024). A organização tem implementado e certificado um sistema de Gestão de Qualidade e Segurança Alimentar, documentada por um conjunto de regras, que respondem a exigências das normas internacionais adotadas, nomeadamente: a ISO 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade todas as áreas de negócio; a norma NP EN ISO 9001:2008 e a FSSC 22.000 – Sistema de Gestão de Segurança Alimentar (Levira, 2024).

A implementação do sistema FSSC 22000 - *Foundation For Food Safety Certification*, permite uma gestão eficaz dos riscos de segurança alimentar, criando um ambiente capaz de produzir produtos seguros e um sistema de gestão para gerir, monitorizar, validar e melhorar o sistema continuamente (Verde, n.d.).

## 2.1. Instalações

A Destilaria Levira apresenta duas unidades de produção. A sede da destilaria está localizada em Levira e a unidade de refinação de óleos em Pedralva, Anadia.

A unidade de refinação de óleos é composta por duas zonas, a zona principal da refinação dos óleos, área de receção, escritórios, refeitório, casas de banho/balneário, e a área destinada ao enchimento de produtos como a Levigal e Adamus. A segunda zona de secagem de bagaço destilado tem um secador e vários silos, onde se armazenam os produtos resultantes da secagem do bagaço destilado, a grainha e folhelho. A grainha é moída tornando-se farinha que pode ser usada para o fabrico de rações para animais ou para combustíveis.

## 2.2. Produtos

Os principais produtos da Destilaria Levira são bebidas destiladas, licores e óleos refinados.

Adamus (Figura 2) é a marca de gin que nasceu do forte espírito inovador da Destilaria Levira. Desde o início, o objetivo foi criar um produto diferenciador, tanto pela sua imagem como pela qualidade superior da bebida.



*Figura 2- Gin Adamus*

Desde 1930, a destilaria produz o espumante Borlido (Figura 3) segundo a tradição do espumante de alta qualidade cuidadosamente fermentado e envelhecido em caves subterrâneas (Levira, 2024).



*Figura 3- Borlido*

Nos licores, a destilaria Levira produz licor de amêndoa amarga (Figura 4) e de ginja (Figura 5) com e sem fruto. A sua receita original, datada de 1677, foi trazida pela rainha de Portugal, Dona Maria Francisca de Saboya (Levira, 2024).



*Figura 4 – Amêndoa amarga Amaritis*



*Figura 5 - Real Ginja D'Óbidos*

Na unidade de refinação dos óleos alimentares produzidos pela destilaria destaca-se o óleo de abacate e de grainha de uva.

O óleo de abacate, marca Graduva (Figura 6) é de origem vegetal e obtido a partir de matérias selecionadas, que passam por diversos processos, refinação do óleo cru, para garantir a sua qualidade (Levira, 2024).



*Figura 4 - Graduva*

Para além dos produtos referidos anteriormente, a destilaria também produz soluções de desinfeção, da marca Levigal (Figura 7) cuja fórmula original foi desenvolvida de acordo com as necessidades dos hospitais (Levira, 2024).



*Figura 5 - Levigal*

### 3. Óleo de abacate refinado

Ao contrário da maioria dos óleos vegetais, o óleo de abacate é produzido a partir da polpa cremosa da fruta e não da semente, devido ao baixo nível de óleo presente na semente (< 2%). A polpa é o principal constituinte da fruta (65%), em seguida a semente (20%) e casca (15%) (Tan *et al.*, 2018). O mesocarpo do abacate possui de 8 a 30% de óleo, podendo variar de acordo com a variedade. Apenas a azeitona e o fruto da palmeira podem ser comparados com o abacate em relação ao teor de óleo extraível (Quiñoles *et al.*, 2013; Gon & Fernandes, 2020).

Numa fase inicial, o óleo de abacate era sobretudo usado na área da cosmética direcionada para os cuidados da pele, devido à sua ótima penetração na pele. Estudos mais recentes mostraram que o óleo de abacate virgem possui altos níveis de ácidos gordos, principalmente os insaturados (Tan *et al.*, 2018; Gon & Fernandes, 2020).

Por norma, o óleo de abacate bruto ou semi-refinado é utilizado nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos; o óleo refinado é usado na alimentação humana, como óleo para salada e para cozinhados (Tango & Turatii, 1992; Buosi, 2013).

A qualidade de um óleo vegetal é definida por uma série de parâmetros físicos e químicos e depende tanto da espécie que lhe deu origem, como das condições climáticas e de cultivo (Shahidi, 2005; Buosi, 2013).

A qualidade dos óleos é subjetiva, uma vez que varia com a sua origem, aplicação e funcionalidades. Destinando-se à alimentação humana, é exigido um rigoroso controlo analítico para assegurar a genuinidade da sua composição química, inocuidade e características sensoriais *sui generis*. De matriz lipídica, os óleos apresentam composição química relativamente complexa, refletida na sua estrutura interna e estabilidade, com consequências nas suas propriedades reológicas (viscosidade), óticas (cor) e organolépticas, correlacionáveis com o perfil químico (Laranjeira *et al.*, 2012; Oliveira, 2012).

O uso do abacate não se limita à produção do óleo, já que a polpa possui grande versatilidade. De acordo com Daiuto, 2012, os consumidores procuram qualidade e praticidade, e a polpa de abacate oferece tais benefícios podendo ser utilizada pela indústria para a fabricação de produtos derivados, como polpa refrigerada ou congelada, puré ou guacamole (Khare, 2007).

O óleo de abacate pode ser utilizado para fins alimentícios e é tão competitivo quanto o azeite, por ser rico em gorduras insaturadas e vitamina E. O aumento da produção mundial de abacate permitiu a refinação de óleo de abacate e utilização para fins comestíveis em maior escala (Pimenta *et al.*, 2012).

O óleo de abacate é aplicado principalmente pela indústria farmacêutica e cosmética, mas também tem finalidades alimentícias, na culinária. É usado em cremes para face e mãos, em produtos para a pele, produtos para tratamento de estrias e rugas e é bastante usado em vários tipos de massagens, por ser um óleo que penetra em profundidade nos tecidos deixando a pele macia e nutrida. Apresenta alta absorção de raios ultravioleta agindo como potente filtro solar (Teixeira *et al.*, 1991; Pimenta *et al.*, 2012).

Existem vários processos para a produção de óleo de abacate, os quais envolvem a extração a partir da fruta utilizando solventes, prensagem mecânica, centrifugação e extração enzimática (Bizima *et al.*, 1993; Buosi, 2013).

A Tabela 1 apresenta a percentagem de cada ácido gordo presente em diferentes óleos, sendo que o óleo de abacate não apresenta outros ácidos gordos saturados e insaturados.

Tabela 1- Percentagem de ácidos gordos em óleos vegetais

Ácidos Gordos	Óleo de Abacate Virgem (%)	Azeite Virgem (%)	Óleo de Coco (%)	Óleo de Canola (%)	Óleo de Colza (%)	Óleo de Linhaça (%)
Oleico C18:1	60-67	73	31	57	60	19
Palmítico C16:0	12-17	13	45	8	5	4
Linoleico C18:2	10-15	10	7	23	23	17
Outros (saturados e insaturados)	-	4	17	12	12	60

Fonte: adaptado de Gon & Fernandes, 2020

Os ácidos gordos monoinsaturados e poli-insaturados estão associados beneficemente à saúde humana no controlo do colesterol, cancro da próstata, diabetes e doença coronariana (Bae Lee, 2008). Devido a estas características, o óleo de abacate tem sido promovido como um óleo funcional (Tan *et al.*, 2018; Gon & Fernandes, 2020).

As propriedades físico-químicas do óleo de abacate assemelham-se muito com as do azeite, principalmente em relação à composição de ácidos gordos, sendo o ácido oleico predominante em ambos os óleos (Salgado *et al.*, 2008). O teor de ácidos gordos monoinsaturados do óleo de abacate é próximo ao do azeite, sendo ambos os óleos

considerados um excelente componente de uma dieta saudável (Henry, 2009; Gon & Fernandes, 2020).

As semelhanças entre o óleo de abacate e do azeite têm conduzido a diversos estudos comparando as características nutricionais qualitativas e quantitativas de ambos, uma vez que o azeite é bastante conhecido e consumido. Para além das semelhanças nutricionais, a estabilidade durante o aquecimento a 180°C também é uma característica comum dos dois óleos (Berasategi *et al.*, 2012; Gon & Fernandes, 2020).

Ambos os óleos ajudam na redução de triglicéridos no sangue e das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), além de promover o aumento das lipoproteínas de alta densidade (HDL), contribuindo assim para a prevenção do desenvolvimento de aterosclerose (Quiñoles *et al.*, 2013).

### **3.1. Mercado do óleo de abacate**

O mercado do óleo de abacate é segmentado com base no tipo de produto, variedade, aplicação e canal de vendas. O crescimento entre segmentos permite analisar nichos de mercado e estratégias para abordar o mercado e determinar as suas principais áreas de aplicação e mercados-alvo (Data, 2023).

Com base no tipo de produto, o mercado de óleo de abacate é segmentado em óleo virgem extra, óleo refinado, misturas e outros. Quanto à sua aplicação, o mercado de óleo de abacate é segmentado em culinária, produtos medicinais, produtos de higiene pessoal e outros. Em relação ao canal de vendas, o mercado de óleo de abacate é segmentado em lojas especializadas, comércio moderno, drogarias, lojas online e outros canais de vendas (Data, 2023).

Espera-se que o mercado de óleo de abacate tenha um crescimento de mercado a uma taxa de 7,5% no período de previsão de 2021 a 2028 (Figura 8). O relatório Data Bridge Market Research, sobre o mercado de óleo de abacate, fornece análises e percepções sobre os vários fatores que devem prevalecer durante o período de previsão, ao mesmo tempo em que fornece os seus impactos no crescimento do mercado. O aumento global das preocupações com a saúde tem contribuído para o crescimento do mercado de óleo de abacate (Data, 2023).



Figura 6 - Consumo do óleo de abacate no mundo (Data, 2023)

O aumento do consumo do óleo de abacate, devido aos seus diversos benefícios para a saúde entre os consumidores, atua como um dos principais fatores que impulsionam o crescimento do mercado dos extratos de abacate. A utilização extensiva dos extratos em inúmeras formulações de produtos, como alimentos e bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos e produtos lácteos, e a crescente consciencialização dos consumidores em relação à saúde aceleram o crescimento do mercado. A crescente procura do óleo de abacate no fabrico de produtos de higiene pessoal e cosméticos deve-se às suas propriedades regenerativas e hidratantes e o aumento do consumo dos extratos é devido às suas propriedades antioxidantes e à presença de ácido oleico, ómega-9 monoinsaturado e luteína. Além disso, a urbanização, o aumento da consciencialização, a mudança do estilo de vida e o aumento do rendimento disponível afetam positivamente o mercado dos extratos de abacate. Por outro lado, os lançamentos de produtos à base de abacate alargam as oportunidades lucrativas para os participantes do mercado no período previsto de 2021 a 2028 (Data, 2023).

### 3.2. Refinação de óleos

A refinação pode ser definida como um conjunto de processos que visam transformar os óleos brutos em óleos comestíveis, embora existam casos de consumo de óleos brutos, como o azeite. A refinação pretende melhorar a aparência, o odor e sabor do óleo bruto, através da remoção dos seguintes componentes (Mandarino *et al.*, 2015):

- Substâncias coloidais, proteínas, fosfatídeos e produtos da sua decomposição;
- Ácidos gordos livres e os seus sais, ácidos gordos oxidados, lactonas e polímeros;
- Substâncias coloridas como clorofila, xantofila, carotenoides;
- Substâncias voláteis como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres de baixo peso molecular;
- Substâncias inorgânicas como os sais de cálcio e de outros metais, silicatos, fosfatos, entre outros minerais e teor de água.

Segundo Autino (2012), o processo de refinação de óleos e gorduras de diferentes origens, tem como propósito eliminar as impurezas indesejáveis, preservando o máximo possível a qualidade dos seus constituintes essenciais e desejáveis, neste caso os triglicerídeos.

### 3.3. Fluxograma do processo de produção

A Figura 7 apresenta o fluxograma do processo de refinação do óleo de abacate, com a indicação da gama de temperatura de cada corrente do processo.

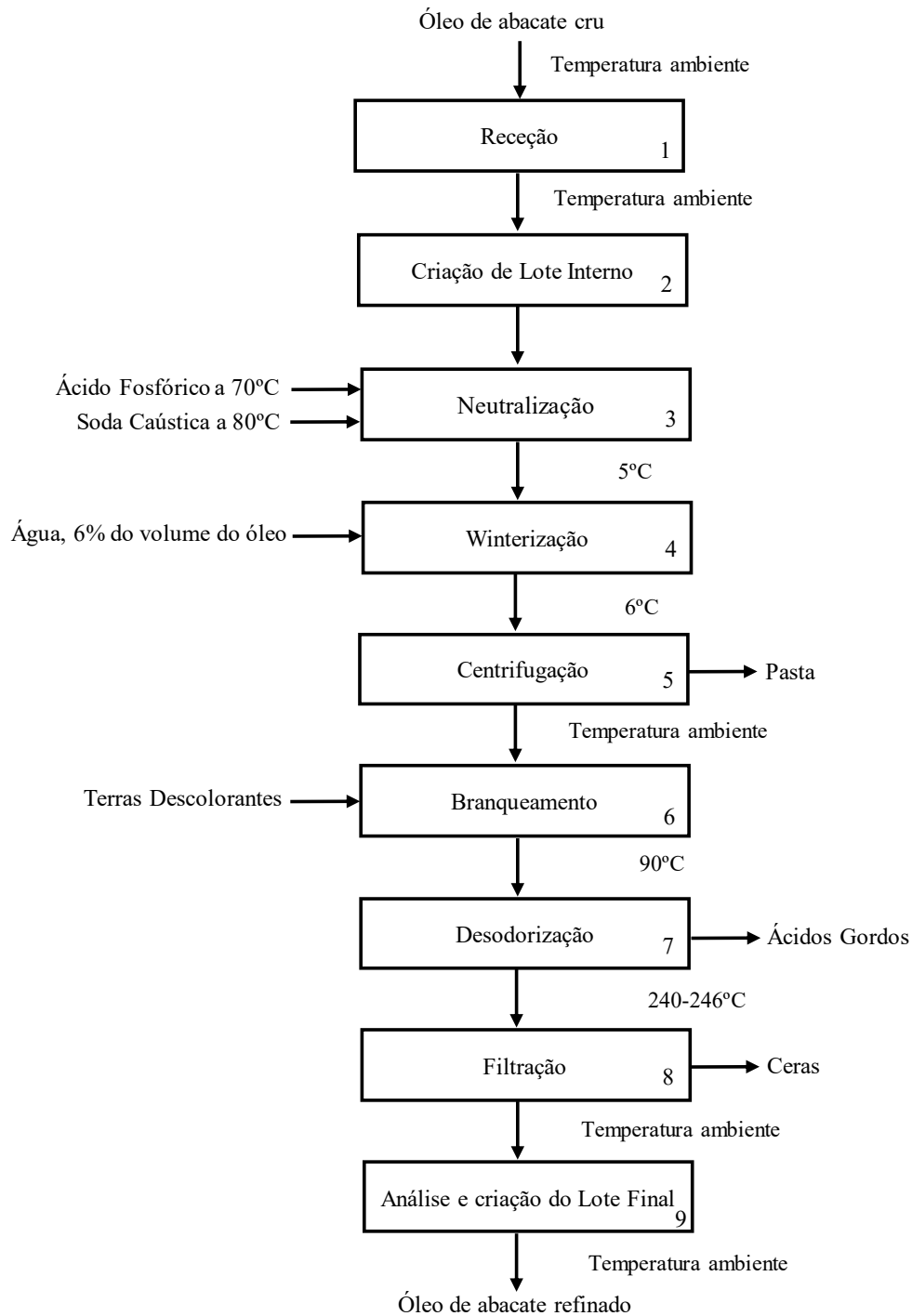


Figura 7 - Fluxograma do processo de refinação do óleo de abacate

## **Receção do óleo de abacate cru**

O óleo cru é rececionado em contentores cisternas e é bombeado para um depósito. Durante o processo de descarga do óleo são retiradas três amostras: no início da descarga, no meio e no fim da descarga. Estas amostras são analisadas em termos de acidez, humidade, impurezas e cromatografia, para averiguar se a matéria-prima que chegou à unidade fabril está conforme com os parâmetros técnicos do produto para iniciar a sua refinação.

## **Criação de um lote interno**

Na entrada do óleo para a zona de produção é criado um lote interno para o produto, exemplo: LAB0105/25, “L” de lote, “AB” de abacate, “01” é a primeira receção de óleo cru do mês, “05” mês da receção do óleo cru, neste caso corresponde ao mês de maio, por exemplo, “25” é o ano civil da receção do óleo. Este óleo está armazenado dentro de um tanque com agitação. Retira-se uma amostra para a análise da acidez, em laboratório.

## **Neutralização**

O processo de neutralização é a primeira etapa de refinação do óleo, no tanque com agitação. O óleo sofre aquecimento e quando atinge os 70°C é adicionado ácido fosfórico, 0,1% do volume de óleo cru, e quando atinge os 80°C adiciona-se soda cáustica. Retira-se uma amostra para medir a acidez em laboratório.

O ácido fosfórico reage com o óleo cru, em especial com os fosfatídeos insolúveis, presentes no óleo, quebrando as ligações e transformando os em fosfatídeos solúveis na água, formando a pasta no óleo, que posteriormente irá ser removida por centrifugação.

Adiciona-se hidróxido de sódio, ou soda cáustica, numa concentração de 12 a 20 Bé, para neutralizar o excesso de ácido fosfórico adicionado anteriormente. A reação de neutralização com o ácido oleico e linoleico formará sais de sódio, os ácidos gordos, denominados de sabões (Maionchi, 2017).

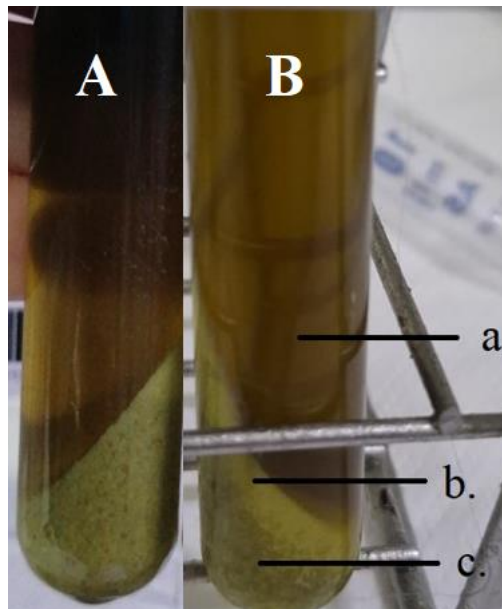
## **Winterização**

Após a aquecimento a 80°C, com a adição de ácido fosfórico e soda cáustica, o óleo é arrefecido, com a utilização de um *chiller*, até aos 5°C. De seguida, adiciona-se água a cerca de 6% (massa água/massa óleo).

Para estimar o volume de água a adicionar ao óleo, retira-se, nesta fase, uma amostra de óleo (cerca de 50 mL) para analisar no laboratório. Adicionam-se 20 mL de amostra de óleo num tubo de centrifugação, e centrifuga-se a 3600 rpm durante dois minutos, para determinar o ponto do grão do óleo.

Denomina-se ponto de grão à perfeita separação entre fase líquida e sólida, após a centrifugação do óleo.

A Figura 8, apresenta dois tubos com o óleo após a centrifugação em laboratório. Pode-se observar, a olho nu, a nítida separação entre a fase líquida e sólida no tubo da Figura 8 (A) que corresponde ao ponto de grão pretendido, indicando que a quantidade de água adicionada ao óleo foi a correta, antes da próxima etapa, a centrifugação.



*Figura 8 - Ponto de Grão ótimo (A) e não adequado (B)*

Na Figura 8 (B) observa-se um ponto de grão não desejável, uma vez que entre o óleo líquido (a.), e a pasta (c.), existe uma terceira zona de cor mais clara que é devida à fraca hidratação dos fosfatídeos. Para aumentar a hidratação dos fosfatídeos adiciona-se mais água ao óleo (processo realizado por tentativa erro) de modo a obter uma só zona com a pasta hidratada, após a centrifugação em laboratório.

A hidratação dos fosfatídeos no óleo de abacate, em contexto químico, refere-se à capacidade da parte sólida do óleo absorver água e formar uma emulsão, que é crucial durante o processamento do óleo, para a separação da pasta.

Um dos principais índices que determinam a qualidade de um óleo é o índice de fósforo. Este índice representa a quantidade de fosfatídeos no mesmo. Os fosfatídeos são classificados em: hidratáveis ou não hidratáveis. Os hidratáveis possuem alta afinidade com a água e solubilizam-se, sendo separados por polaridade do óleo. Já os não hidratáveis reagem com o ácido para adquirirem afinidade com a água (Maionchi, 2017).

As moléculas de fosfolipídios possuem uma parte polar hidrofílica e outra apolar lipofílica, responsável pela capacidade de redução da tensão interfacial entre uma mistura óleo/água, por exemplo. Esse poder emulsificante permite a obtenção de emulsões do tipo óleo/água ou água/óleo (Castejon, 2015; Bordinassi, 2022).

## Centrifugação

Após a correção da quantidade de água, tendo por base o ponto de grão, o óleo é agitado, aquecido até aos 16°C e, de seguida, centrifugado.

Neste processo o óleo é separado da pasta e esta é armazenada em depósitos para ser tratada para produzir oleína. O óleo centrifugado é armazenado para seguir para a etapa do branqueamento.

Durante a centrifugação o óleo é analisado de duas em duas horas para a verificação da quantidade de sabões produzida.

A Figura 9, apresentada abaixo, representa uma centrífuga industrial, que contém identificados

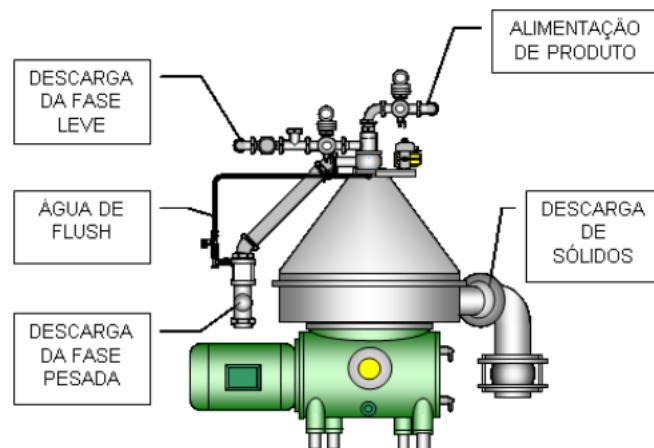


Figura 9 – Centrífuga (Maionchi, 2017)

## **Branqueamento**

Depois do processo de centrifugação, o óleo de abacate é encaminhado para um branqueador e são adicionadas terras descolorantes. Após a adição das terras, o óleo é aquecido até aos 90°C, permanecendo 30 minutos em contacto com as terras.

Em laboratório é analisada a presença de sabões, a cor e o aspeto visual do óleo. Esta verificação dos sabões, serve para perceber se ao óleo, foram retirados todos os sabões neste processo.

Mesmo após a centrifugação, o óleo neutralizado contém água. A ação das terras clarificantes é mais eficiente em meio anidro e, portanto, a primeira etapa do branqueamento é a secagem (Mandarino *et al.*, 2015). O óleo é secado a temperaturas entre 80 °C e 90 °C, sob vácuo, durante meia hora. Posteriormente, adiciona-se terra clarificante ao óleo, onde permanecem em agitação no branqueador durante 20 a 30 minutos, a temperatura entre 80°C e 95°C. Subsequentemente, o óleo é arrefecido a 60 – 70 °C e filtrado (Da Fré, 2009; Rodrigues, 2010; Araújo, 2016).

## **Desodorização**

A desodorização é a última etapa do processo de refinação de óleos e gorduras. Como o próprio nome indica tem como finalidade a remoção de substâncias que dão ao produto odor desagradável e remoção dos ácidos gordos livres responsáveis pela acidez. Esta etapa também pretende melhorar o sabor, a cor e a estabilidade do produto (Mota, 2016).

Durante esta etapa removem-se os compostos desenvolvidos durante a armazenagem tais como, aldeídos, cetonas, ácidos gordos oxidados, produtos de decomposição de proteínas, carotenóides, esteróis, fosfatídeos entre outros, substâncias naturais presentes nos óleos, tais como hidrocarbonetos insaturados e ácidos gordos de cadeia curta e média, ácidos gordos livres e peróxidos (Da Fré, 2009).

Na desodorização, o óleo é submetido a uma temperatura entre 240-246°C, alto vácuo, aproximadamente 1 mBar e injeção de vapor de arraste. Essas substâncias voláteis, que normalmente estão presentes nos óleos brutos, são as causadoras de sabores e odores desagradáveis (Buosi, 2013).

Nesta etapa tão importante, o óleo é analisado de duas em duas horas, para verificar a sua acidez, o aspeto visual, se apresenta aroma e sabor, e a cor. Este procedimento é

bastante relevante para garantir um controlo rigoroso das características durante a desodorização do óleo, podendo haver uma rápida atuação caso haja alguma falha durante esta etapa.

## **Filtração**

Neste processo, depois do óleo ser desodorizado é filtrado para eliminar possíveis ceras no óleo.

## **Análise e criação de lote final**

Por último, depois de todas as etapas de refinação do óleo, procede-se à análise do lote final em laboratório. O óleo deve apresentar uma acidez específica e cor pretendida e não pode ter aroma nem sabor, ou seja, a presença destas duas sensações tem de ser nula.

#### 4. Processo de neutralização

Este método é adequado para refinar uma gama muito variada de óleos, mesmo de fraca qualidade. O óleo é aquecido até uma temperatura de cerca de 75°C, sendo em seguida adicionada uma quantidade de ácido fosfórico para condicionamento dos fosfatídeos não-hidratáveis. Segue-se um curto tempo de retenção, após o qual é adicionada soda cáustica diluída. Depois é efetuada a separação das pastas de neutralização numa centrífuga (Oliveira, 2012).

A finalidade da neutralização do óleo cru é a eliminação de ácidos gordos livres em que se utilizam soluções alcalinas de soda cáustica ou, em casos raros, de carbonato de sódio. Os ácidos gordos neutralizados transformam-se em sabões e são separados dos glicerídeos pela diferença de peso específico (Prado, 2014).

Para garantir uma boa neutralização do óleo, é necessário um contato rigoroso entre as moléculas dos ácidos gordos livres presentes no óleo e a solução alcalina. Assim, quanto mais eficiente for o contato, menor será o tempo necessário para a obtenção de um óleo neutro (Da Fré, 2009). Como o óleo neutro é bem mais rentável que o sabão obtido, é extremamente importante que no processo de neutralização se obtenha o máximo de óleo neutro, ou seja, que os ácidos gordos livres sejam neutralizados com a menor perda possível de óleo neutro (Araújo, 2016).

Como as soluções aquosas tanto de soda cáustica como de sabão são insolúveis em óleo, o processo de neutralização desenvolve-se entre as duas fases, a oleosa e a aquosa. Esta etapa exige um controlo muito rigoroso, pois pode ocorrer saponificação indesejável de triglicerídeos e conseqüente perda de material neutro, produzindo glicerol e uma mistura de sais alcalinos de ácidos gordos (sabões) (Prado *et al.*, 2014).

As reações de saponificação e de neutralização servem de base para duas importantes determinações analíticas, o índice de saponificação e o índice de acidez. O índice de saponificação corresponde ao número de miligramas de hidróxido de sódio requerido para saponificar uma grama de óleo ou gordura. O índice de acidez é o número de miligramas de hidróxido de sódio requerido para neutralizar os ácidos gordos livres presentes numa grama de gordura (Da Fré, 2009).

Os fosfatídeos e as substâncias coloidais, são facilmente hidratáveis e tornam-se insolúveis no óleo, o que possibilita a sua remoção (Mandarino, 2015).

A maioria das indústrias usa a neutralização contínua para a remoção dos ácidos gordos do óleo neutro devido à economia de tempo e à redução das perdas do processo. A solução de soda cáustica (hidróxido de sódio) necessária à neutralização é adicionada ao óleo sob agitação e aquecimento 65-90°C. Posteriormente, o óleo neutralizado e a pasta são separados por centrifugação. A concentração da solução alcalina, o tempo de mistura com o óleo e a temperatura de neutralização variam de acordo com o processo adotado (Da Fré, 2009).

Segundo Rohr (1978), o processo contínuo segue as linhas básicas da neutralização descontínua, melhorando-a, porém, em dois aspetos:

- A mistura, óleo e a solução de hidróxido de sódio, é realizada de forma contínua, possibilitando uma mistura eficiente e de tempo reduzido. São necessários apenas alguns minutos para que o óleo e a solução de hidróxido de sódio atravessem um pequeno misturador contínuo. Reduzindo o tempo de contacto entre o óleo e a solução de hidróxido de sódio, consegue-se reduzir também as perdas de óleo neutro, causadas pela saponificação do mesmo;
- O processo contínuo melhora, em muito, a separação do sabão (pasta) formado do óleo neutro. Para separar a pasta do óleo, as centrifugas podem trabalhar a 15 000 r.p.m, ou até a velocidades superiores. O processo ocorre até este estar totalmente centrifugado. Na neutralização descontínua, a separação da pasta é efetuada pela diferença de peso específico entre o sabão e o óleo, isto é, ocorre a decantação da pasta (Da Fré, 2009).

O processo ocorre basicamente em duas etapas, a primeira é com a adição de ácido fosfórico concentrado sob aquecimento, com intuito de converter os fosfolipídios não hidratáveis na forma hidratável, etapa denominada como acondicionamento ácido, e a segunda é a própria neutralização já com a solução alcalina (na maioria das vezes, soda cáustica diluída), em que se forma o precipitado a ser removido do produto (Block & Arellano, 2009; Vieira, 2023).

Na maioria das vezes, este é um processo que ocorre de forma contínua gerando a borra pela centrifugação (*soapstock*), que também pode ser destinada a comercialização para indústrias químicas na recuperação de ácidos gordos. No tratamento deste resíduo, a

água de lavagem gerada é obrigatoriamente destinada ao tratamento devido a sua alta carga poluente (Vieira, 2023)

#### **4.1. Neutralização contínua e rendimento**

As perdas de produto resultantes da neutralização são devidas principalmente a dois fatores: saponificação do óleo neutro pelo excesso de hidróxido de sódio empregado no processo e ao arraste de óleo neutro pelo sabão ou emulsões formadas durante a neutralização (Da Fré, 2009).

Nesta etapa de neutralização, a solução de hidróxido de sódio usada deve ter uma concentração extremamente baixa, para minimizar a reação com o óleo neutro. No entanto, a baixa concentração de hidróxido de sódio, associada a baixas temperaturas, facilita a formação de emulsões, dificulta a separação de óleo e sabão formado e causa, por arraste, elevadas perdas. A menor temperatura que seria necessária para diminuir a velocidade de reação entre o hidróxido de sódio e o óleo neutro, conduziria a menores perdas, mas causaria a formação de emulsões e uma má separação do sabão formado, levando perdas elevadas de óleo por arraste. Na prática, são escolhidas as condições de neutralização de tal forma que a solução de hidróxido de sódio seja suficientemente concentrada e a temperatura elevada para não ocorrer emulsões e arraste do óleo neutro durante o processo, mas que ao mesmo tempo, o hidróxido de sódio não ataque demasiadamente o óleo neutro por saponificação (Rohr, 1978; Da Fré, 2009).

#### **4.2. Subprodutos resultantes da neutralização**

A pasta é o principal subproduto da indústria de refinação de óleos vegetais. Sabões de sódio são formados durante a etapa de neutralização da refinação química de óleos brutos através da reação para a remoção de ácidos gordos livres com o hidróxido de sódio. Os sabões e a maioria do material não oleoso incorporado ao sistema são separados do óleo por centrifugação e denominados de pasta ou borra (Down, 1998; Da Fré, 2009).

A pasta consiste basicamente em água, sais de sódio de ácidos gordos, triglicerídeos, fosfolipídios, matérias insaponificáveis e produtos de degradação (Mag *et al.* 1983; Woerfel, 1995). É um material complexo e heterogêneo que pode ser difícil de manusear e analisar. À temperatura ambiente, apresenta uma consistência pastosa ou firme. Em muitas situações, este subproduto pode ser considerado um problema, porém,

de facto é um produto valioso quando eficientemente recuperado e processado (Woerfel, 1995; Da Fré, 2009)

A qualidade e composição da pasta dependem da composição do fruto ou semente, do processo de refinação, tais como o tipo de equipamento, a concentração e o tipo de agente neutralizante, além das condições de operação (Hong, 1983; Woerfel, 1995). A qualidade da pasta obtida durante o processo de refinação, por sua vez, depende principalmente do teor de ácidos gordos livres e de fosfolipídeos do óleo (Woerfel, 1995). O seu valor comercial é determinado pelo conteúdo de ácidos gordos totais (combinado e livre) (Swern, 1982). A pasta bruta contém normalmente entre 35-50% de ácidos gordos totais e a forma concentrada, definida como pasta acidulada, normalmente apresenta valores entre 85-95% (Swern, 1982). Como a pasta contém alto teor de água, deve ser processada logo após ser produzida para minimizar a formação de emulsificações (Woerfel, 1995; Hong, 1983; Da Fré, 2009).

#### **4.2.1. Pasta: aplicações**

A pasta pode ser usada diretamente para a fabricação de sabão em pó ou em barra e, para reduzir o custo de transporte, a matéria gorda, pode ser recuperada por acidificação com ácido sulfúrico em tanques de aço inoxidável, resistente à ação dos ácidos minerais. Depois da separação da fase aquosa, a borra acidulada contém cerca de 60% de ácidos gordos livres, sendo o resto glicerídeos e alguma percentagem de substâncias não gordas. Existem instalações de acidulação da pasta nas quais é usada ácido sulfúrico, seguido de aquecimento e separação contínua da matéria gorda da fase aquosa por centrifugação. A separação das fases pode também ser realizada por decantação, sendo a separação denominada descontínua (Moretto & Fett, 1998; Da Fré, 2009).

A acidulação está associada a vários problemas que são, principalmente, devidos à natureza corrosiva do processo e à dificuldade de separação da fase óleo da fase água, ocorrendo a contaminação da água a ser descartada, por matéria gorda (Mag *et al.*, 1983; (Da Fré, 2009)

## 5. Otimização da temperatura na adição de ácido fosfórico e soda

Para a realização do teste de otimização da temperatura da solução de ácido fosfórico a uma concentração de 85% e de soda cáustica, com concentração de 50% a 20°Bé, realizaram-se quatro testes a diferentes temperaturas (Tabela 2).

*Tabela 2 - Ensaios para avaliar o efeito da temperatura na adição de ácido fosfórico e soda cáustica*

<b>Ensaio</b>	Temperatura adição de ácido fosfórico (°C)	Temperatura de adição de soda (°C)
1	70	80
2	50	60
3	60	70
4	70	70

O processo básico para a neutralização do óleo consiste num aquecimento do óleo, pré-tratamento com ácido fosfórico (85% de concentração) para possibilitar a eliminação dos fosfatídeos remanescentes, a neutralização com soda cáustica diluída (16 a 20 °Bé) e a separação dos sabões (Prado, 2014).

O hidróxido de sódio é um sólido inodoro branco na forma de grânulos, flocos. Altamente higroscópico e solúvel em água e etanol; insolúvel em solventes apolares. Quando em solução aquosa é considerado uma base forte e por essa característica é utilizado em diversos processos industriais, como fabricação de papel, tecido, sabão e detergente. Também é empregado na purificação da água e como reagente laboratorial (Silva, 2012).

### 5.1 Materiais e métodos

#### 5.1.1 Equipamentos e reagentes

Para a realização dos testes laboratoriais, usaram-se reagentes como ácido fosfórico, soda caustica e os seguintes equipamentos, ilustrados no Anexo I:

- Placa de aquecimento, Nahita Model NO 690/1;
- Balança analítica, AND A&D Company Limited, FX-3000i;
- Agitador Heidolph RZR 2021;
- Centrífuga;
- Centrífuga, GYROZEN 1580;

- Chiller, VEVOR TOUGH TOOLS, HALF PRICE;
- Termómetro, HANNA;
- Medidor de acidez, METTLER TOLEDO, EasyPlus Titration;

## 5.2. Procedimento experimental

Com o objetivo de otimizar a temperatura de adição de ácido fosfórico e de soda cáustica na produção da refinação do óleo de abacate, recolheram-se 5 litros de óleo de abacate cru e usaram-se 600 mL de óleo em cada ensaio.

De uma maneira geral, os ensaios foram realizados com o mesmo procedimento, exceto o valor da temperatura, a ser otimizado.

Começou-se por colocar 600 mL de óleo dentro de um copo de 1L e registou-se o seu peso. De seguida, ligou-se a placa de aquecimento, colocou-se o óleo em agitação, a 175 rpm (Figura 10) e iniciou-se o aquecimento do óleo até atingir a temperatura pretendida para cada teste.



*Figura 10 - Placa de aquecimento com copo e o agitador*

Quando o óleo cru atingiu a temperatura para a adição do ácido fosfórico, adicionou-se 0,4 mL de ácido fosfórico e esperou-se 30 minutos para haver uma boa homogeneização. De seguida voltou-se a aquecer o óleo até atingir a temperatura para a adição da soda (12,01 mL), e esperou-se 30 minutos. No final do tempo, retiraram-se 2,5 gramas do óleo e mediu-se a acidez, em cada teste. Os volumes de ácido fosfórico e soda cáustica foram determinados através de uma expressão interna da empresa.

Deixou-se arrefecer o óleo até atingir aproximadamente 10°C para não haver choque térmico e risco de partir o material laboratorial com a amostra. Posteriormente

colocou-se o copo no *chiller* juntamente com o agitador, a uma temperatura de 5°C durante 6 horas (Figura 11).

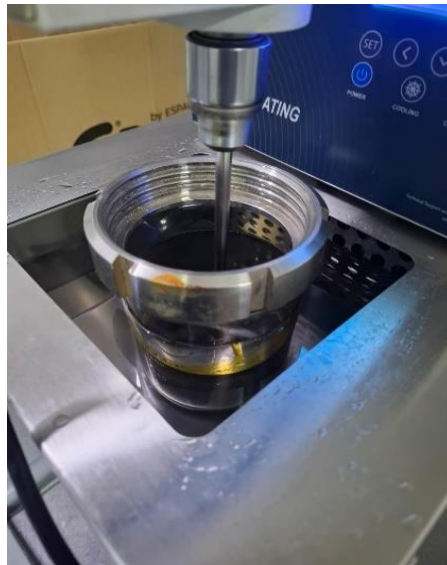


Figura 11 - Copo no chiller com agitação

Para manter o copo com óleo (massa volúmica 0,920 g/mL) fixo e sem flutuar dentro do banho do *chiller* que contém glicol (massa volúmica de 1,113 g/mL), usou-se uma união de mangueira-depósito.

Na Figura 12 a. apresenta-se o óleo após as 6 horas de agitação a 5°C, e a Figura 12 b. apresenta o óleo após a adição da água (36 mL (6% do volume do óleo)), mas mantendo a mistura em agitação. Após 30 minutos em agitação retirou-se cerca de 20 mL de óleo para um tubo de ensaio que foi centrifugado, em laboratório, para se visualizar o ponto do grão da pasta e assim avaliar se o óleo estava em condições de ser centrifugado, Figura 12 c.

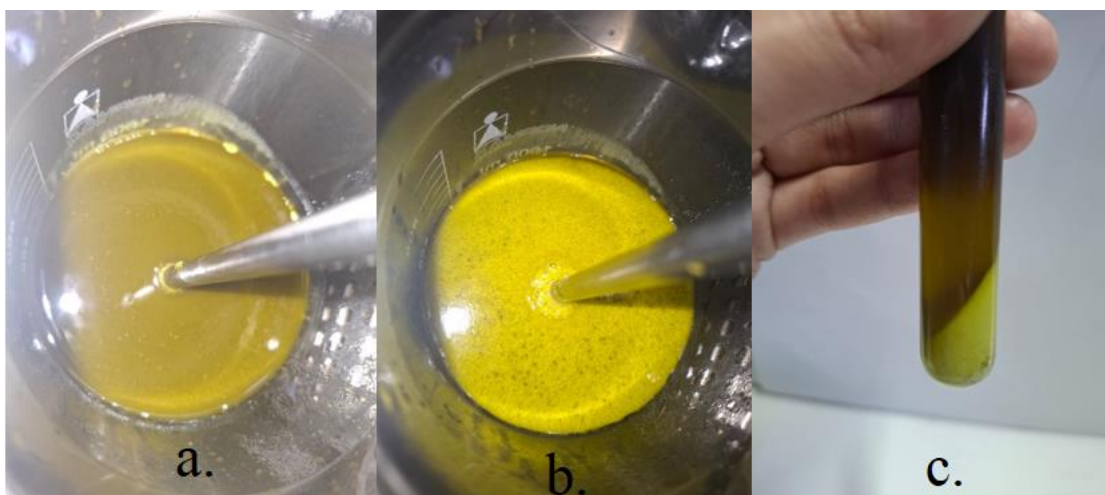


Figura 12 - Adição de água ao óleo

É de salientar a diferença do aspeto e a cor do óleo antes (Figura 12.a) da adição da água (tonalidade mais acastanhada e um aspeto liso) e após a adição da água (Figura 12.b), com uma tonalidade mais esverdeada e de aspeto rugoso.

A presença de água ajuda na separação da pasta (parte sólida do óleo), da parte líquida. A Figura 12 c., indica que a quantidade de água adicionada foi a correta, uma vez que, após centrifugação, se observa a olho nu a perfeita separação entre a parte sólida e a parte líquida. Por outro lado, observa-se a nítida homogeneidade da tonalidade verde da pasta.

A adição do volume correto de água, estabelecido através do ponto de grão, permite a separação eficaz da pasta e do óleo, no processo de centrifugação. Nesta fase, e antes da centrifugação pesou-se o copo com o óleo. Para a centrifugação da amostra usaram-se duas garrafas próprias para colocar na centrífuga, dividindo-se a amostra de óleo pelas duas garrafas (Figura 13).



*Figura 13 - Amostras na centrífuga*

A Figura 14, apresenta os dois recipientes, com capacidade de 500 mL, com o óleo centrifugado, sendo visível a olho nu a separação nítida da parte sólida da parte líquida do óleo.



*Figura 14 - Amostra de óleo centrifugada*

Por fim, o óleo centrifugado foi separado da pasta (Figura 15) e pesado. Caso continuasse o processo de refinação do óleo, este óleo limpo iria passar para a etapa seguinte, o branqueamento.



*Figura 15 - Óleo centrifugado*

### **5.3. Determinação de sabões**

O hidróxido de sódio é usado na refinação do óleo, na etapa de neutralização na forma de soda caustica, reage com os ácidos gordos, através de uma reação de saponificação, obtendo-se sabão (Sequeira, 2014).

Durante todos os ensaios realizados foram quantificados os sabões em unidades de partes por milhão (ppm) que corresponde a mg/kg, antes da centrifugação da amostra de óleo e no óleo limpo.

Para tal recorreu-se à titulação ácido-base. Em um balão volumétrico colocou-se aproximadamente 2,5 mL do óleo com a pasta ou limpo, adicionou-se a solução para a determinação dos sabões. Esta solução é composta por água destilada, acetona e solução Bromofenol-N-Butanol.

Ao adicionar a solução para a determinação dos sabões o óleo presente no balão fica com a cor verde-escuro e no ponto de viragem da titulação a cor muda para amarelo. A mudança de cor indica que se atingiu o ponto de viragem da reação. Com o volume gasto de ácido clorídrico (HCl) 0,01 mol/L (0,01N), expresso em mililitros, determina-se o teor do óleo. A massa de óleo é expressa em gramas.

O teor, em gramas de oleato de sódio por quilograma de óleo (Sequeira, 2014) determina-se através da equação (1) ou (2)

$$\text{Teor sabões (ppm)} = \frac{0,01 \times (\text{Volume gasto de HCl}) \times 304}{\text{massa de óleo} \times 10^{-3}} \quad (1)$$

$$\text{Teor sabões (ppm)} = \frac{(\text{Volume gasto de HCl}) \times 3040}{\text{massa de óleo}} \quad (2)$$

O valor de 304, usado na equação (1) é o fator de conversão dos sabões, sendo a massa molar, em g/mol do oleato de sódio (Sequeira, 2014).

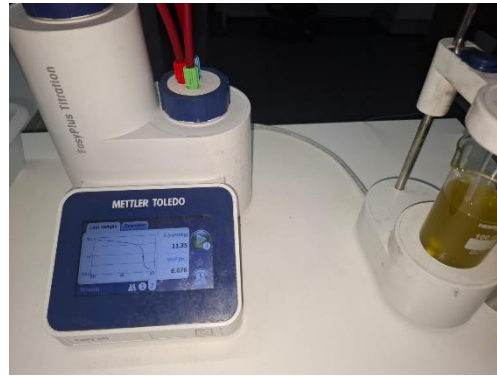
#### **5.4. Determinação da acidez**

A acidez é a percentagem de ácidos gordos livres (expresso em % de ácido oleico) presentes no óleo (Sequeira, 2014).

Sendo uma medida dos ácidos gordos livres, contidos no óleo, estes resultam de reações de hidrólise dos triglicerídeos (Sequeira, 2014).

A acidez das amostras de óleo para cada ensaio, foi determinada no início do ensaio (óleo cru), depois da adição do ácido fosfórico, depois da adição da soda cáustica e no final (óleo limpo). Para tal, pesaram-se 2,5 mL de óleo num copo de 5 mL e a este foi adicionada a solução de verificação da acidez, esta solução é constituída por álcool etílico a 96% e éter dietílico, nas mesmas quantidades. O valor da acidez é dado automaticamente por leitura do medidor.

A Figura 16, observa-se o medidor da acidez com o copo com o óleo e a solução para a determinação da acidez.



*Figura 16 - Instrumento usado para medição da acidez do óleo*

Após a colocação do copo com a mistura, reagente e óleo, o medidor faz uma leitura direta da acidez do óleo, tal como é apresentado na Figura 16.

## 6. Resultados e discussão

Este capítulo apresenta os dados e os resultados obtidos ao longo dos ensaios, nomeadamente o rendimento do processo, o aspeto do óleo neutralizado, a quantificação de sabões, o aspeto do óleo depois da adição da água, a centrifugação e a acidez do óleo final, limpo.

### 6.1 Massa das amostras de óleo ao longo dos ensaios

A Tabela 3, apresenta a massa das pesagens do óleo ao longo do procedimento, para os quatro ensaios laboratoriais.

Tabela 3 - Massa da amostra de óleo durante o processo

	Ensaio			
	1	2	3	4
Óleo cru (g)	522,10	523,10	524,10	522,98
Ácido Fosfórico (g)	0,40			
Soda Cáustica (g)	11,08			
Água (g)	39			
<b>Massa teórica da mistura (g)</b>	572,58	573,58	574,58	573,46
Mistura antes centrifugação (g)	564,08	563,10	565,49	565,91
Diferença entre a massa teórica e real da mistura (g)	8,5	10,48	9,09	7,55
Óleo após a centrifugação (limpo) (g)	466,44	459,36	445,44	477,91
Pasta após centrifugação (g)	97,64	103,74	120,05	88,00

Como se observa na Tabela 3, massa de óleo cru é idêntico em cada ensaio. No entanto, a massa final de óleo limpo variou entre 445 g e 478 g, devido às diferenças de massa da pasta obtida após centrifugação, nos vários ensaios.

Por outro lado, a diferença entre o valor teórico da mistura do óleo e o valor medido antes da centrifugação deve-se à massa de mistura de óleo retirada para a determinação da acidez e do ponto de grão. No caso da medição da acidez, e como já referido, era necessário retirar uma amostra de 2,5 mL de óleo. No entanto, na maioria dos casos efetuava-se a repetição do parâmetro no equipamento de medição de acidez.

Em relação à pasta obtida em cada ensaio, verificou-se que no ensaio 3 (adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C) obteve-se o maior valor, cerca de 120 g, e

no ensaio 4 (adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C) o valor foi de apenas 88g.

Segundo Sara de Oliveira, 2012, a temperatura de operação deve ser definida de forma a combinar uma boa neutralização e uma boa separação da pasta do óleo. Uma baixa temperatura favorece a neutralização, mas promove maiores perdas de óleo na separação, devido à maior viscosidade do óleo, enquanto temperaturas mais elevadas levam a menores perdas de óleo, mas também mais gomas permanecerão no óleo neutralizado, devido à maior solubilidade destas no óleo. No entanto, nos resultados dos ensaios observa-se um efeito contrário, ou seja, uma menor temperatura levou a uma maior quantidade de pasta. No ensaio 1, com ambas as temperaturas mais elevadas, obteve-se 97,64 gramas de pasta enquanto no ensaio 2, com as menores temperaturas obteve-se 103,74 gramas de pasta. No entanto, verifica-se que a diferença da massa de pasta entre os ensaios 1 e 2 não é muito significativa e poderá estar relacionada com algum erro de pesagem ou perda de pasta durante os ensaios.

A Tabela 4, apresenta os volumes correspondentes à massa do óleo pesado ao longo das etapas em cada ensaio.

*Tabela 4 - Volumes da amostra de óleo durante o processo*

	<b>Ensaio</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Óleo cru (mL)	567,50	568,59	569,67	581,09
Ácido Fosfórico (mL)	0,34			
Soda Cáustica (mL)	6,59			
Água (mL)	39			
<b>Volume teórico da mistura (mL)</b>	613,43	614,52	615,60	627,02
Mistura antes centrifugação (mL)	613,13	612,07	614,66	614,12
Óleo após a centrifugação (limpo) (mL)	507,00	499,30	494,93	518,65
Pasta após centrifugação (mL)	106,13	112,77	119,73	95,47

Atendendo à massa de óleo (Tabela 3) e de volume (Tabela 4) de óleo limpo, verifica-se que a massa volúmica do óleo de abacate é 0,920 g/mL. Segundo Tango & Turatti, 1992, a massa volúmica a 25°C, do óleo de abacate, encontra-se entre 0,9030 e

0,9230g/mL, e por isso a massa volúmica do óleo está de acordo com a gama de valores referidos na literatura.

## 6.2. Rendimento dos testes laboratoriais

O rendimento (em massa) global do processo reveste-se de extrema importância uma vez que dá uma indicação das perdas ocorridas durante o processo. Este parâmetro é calculado através da razão entre a massa final do óleo centrifugado (limpo) e massa do óleo de abacate cru, equação (3).

$$\text{Rendimento da produção (\%)} = \frac{\text{massa óleo limpo}}{\text{massa óleo abacate cru}} \times 100 \quad (3)$$

Tabela 5 - Rendimento da produção (% em massa) óleo de abacate

Ensaio	Rendimento (%)
1	89
2	88
3	85
4	91

A Tabela 5, apresenta os valores dos rendimentos de cada ensaio. Observa-se que o ensaio 4 (adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C), obteve o maior rendimento da produção (91%) e o menor rendimento (85%) verificou-se no ensaio 3 (adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C).

Comparando o ensaio 4, com o ensaio 1, que corresponde às condições industriais (adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C), observa-se que a diminuição da temperatura de adição da soda cáustica para 70 °C corresponde ao aumento do rendimento do processo. Assim a redução da temperatura de adição de soda cáustica para 70°C apresentou um rendimento mais elevado, 91%, conseguindo otimizar o processo uma vez que há uma redução em 10°C, na adição da soda cáustica, em relação às temperaturas fabris, poupando tempo durante o aquecimento do óleo.

## 6.3. Aspeto do óleo neutralizado

A Figura 17 apresenta o aspeto do óleo neutralizado, após a adição de ácido fosfórico e soda caustica, para os quatro ensaios.

No primeiro ensaio Figura 17 (a.) observa-se a olho nú, uma forte aglomeração dos sólidos, na parte de cima do óleo, que irão originar a parte sólida do óleo (pasta). O óleo

apresenta uma aparência mais espessa e turva, alta temperatura pode ter promovido maior reação, possivelmente causando a formação de uma fase sólida. Este ensaio foi conduzido com as mesmas temperaturas de adição de fosfórico e soda cáustica, usadas na produção fabril.

Na Figura 17, (b.), ensaio 2, observa-se alguma aglomeração, mas não tão visível, na parte de cima do óleo. O óleo está mais homogêneo e líquido, mas com zonas mais claras junto ao copo indicando alguma separação ou formação de fases. Temperaturas mais baixas podem ter limitado a reação, que conduziu a uma menor formação de sólidos.

Na Figura 17, (c.), ensaio 3, não se observa nenhuma aglomeração dos sólidos durante a agitação, na parte de cima do óleo. O óleo apresentou-se homogêneo, escuro e sem fases visíveis.

Na Figura 18, (d.), ensaio 4, observa-se uma aglomeração bastante fina, da parte sólida do óleo, na parte de cima do óleo. O óleo é escuro e homogêneo.

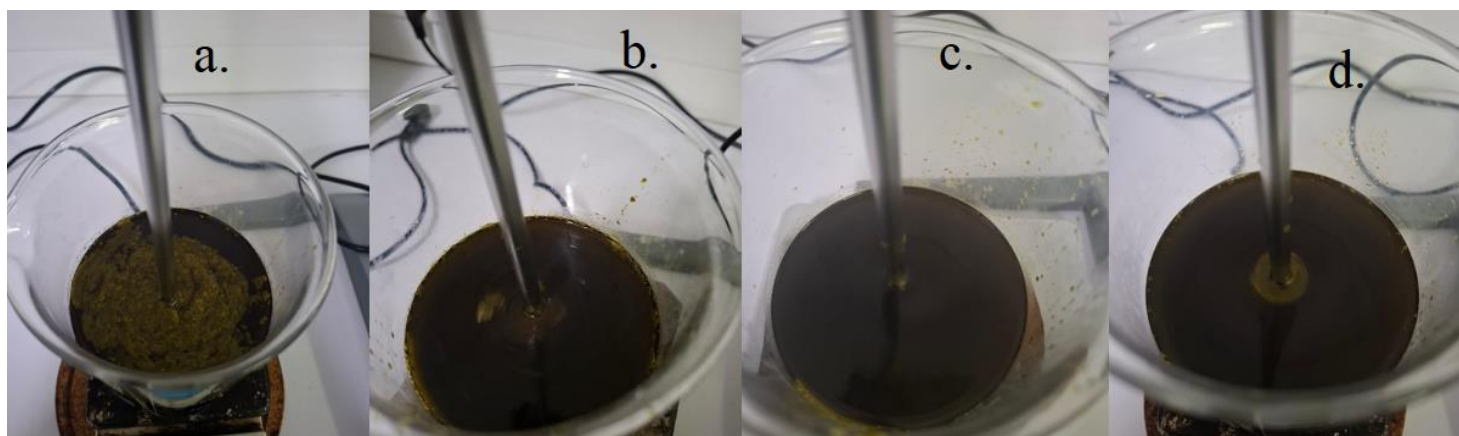


Figura 17 - Óleo depois da adição de ácido fosfórico e soda cáustica (a) Ensaio 1 – adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C, (b) Ensaio 2 adição de ácido fosfórico a 50°C e soda cáustica a 60°C, (c) Ensaio 3 - adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C, (d) Ensaio 4 - adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C

Dos quatro ensaios, conclui-se que a temperatura de adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C permite uma melhor aglomeração da parte sólida do óleo, muito mais visível que nos restantes ensaios. Estes valores de temperatura são as usadas na produção fabril, como já referido anteriormente.

Danieli, 2006, realizou um estudo sobre o óleo de abacate na indústria alimentícia, usando diferentes concentrações de soda cáustica a temperatura de 60°C e verificou que não ocorreu a formação de aglomeração de flocos. Do mesmo modo, no ensaio 3, adição

de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C, não se verificou grande formação desta aglomeração de flocos.



*Figura 18 - Teste 3, adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C.*

A Figura 18, refere-se ao ensaio 3, onde se observa a olho nu a presença da aglomeração da pasta, principalmente no fundo do copo, não ocorre a sua subida visível como no ensaio 1 (Figura 18 (a.)) que foi realizado a temperaturas superiores, para a adição de ácido fosfórico e soda cáustica.

Para tal os efeitos das temperaturas no óleo são: aumento da solubilidade das impurezas (a temperatura mais alta favorece a solubilização de compostos como ácidos gordos livres, fosfolipídios e outros contaminantes) facilitando a sua remoção. No entanto, temperaturas muito elevadas podem degradar o óleo ou alterar as suas propriedades sensoriais; aceleração das reações químicas (a adição de reagentes como ácido fosfórico e soda cáustica acelera as reações de neutralização e esterificação, que são importantes para remover ácidos gordos livres e outros compostos indesejáveis. A temperatura ajuda a aumentar a taxa de reação, mas também pode afetar a eficiência do processo; viscosidade do óleo (à medida que a temperatura aumenta, a viscosidade do óleo diminui, tornando-o mais fluido e facilitando a separação de impurezas durante a centrifugação ou decantação. Isso é particularmente útil para a remoção de sólidos ou emulsões); efeito sobre a formação de emulsões (em temperaturas mais altas, pode ocorrer a formação de emulsões estáveis entre o óleo e a água, o que pode dificultar a separação das fases após o tratamento. Por isso, é importante controlar a temperatura para

evitar que a emulsão se estabilize excessivamente; estabilidade oxidativa (temperaturas muito altas podem acelerar a oxidação dos ácidos gordos, alterando a qualidade do óleo. A oxidação pode gerar compostos indesejáveis, como peróxidos, que afetam o sabor e a segurança do óleo) (Oliveira, 2012).

#### 6.4. Adição de água e centrifugação

A água adicionada ao óleo é usada para hidratar os fosfolipídios presentes no óleo, tornando-os insolúveis e, por isso, com possibilidade de serem removidos por centrifugação, como já referido anteriormente.

Este subcapítulo apresenta o aspeto da pasta após a adição de água em cada ensaio.

A Figura 19, representa os pontos do grão que corresponde à adição de 39 mL de água adicionada ao óleo, em cada ensaio. Este ponto de grão é o ideal uma vez que se visualiza a olho nu a separação entre fase líquida e sólida e a uniformidade de cor verde-clara na separação entre a pasta e o óleo, de tonalidade verde-escuro.

Os tubos observados na Figura 19, foram colocados a centrifugar, durante 2 minutos a uma velocidade de rotação de 3600 rpm.

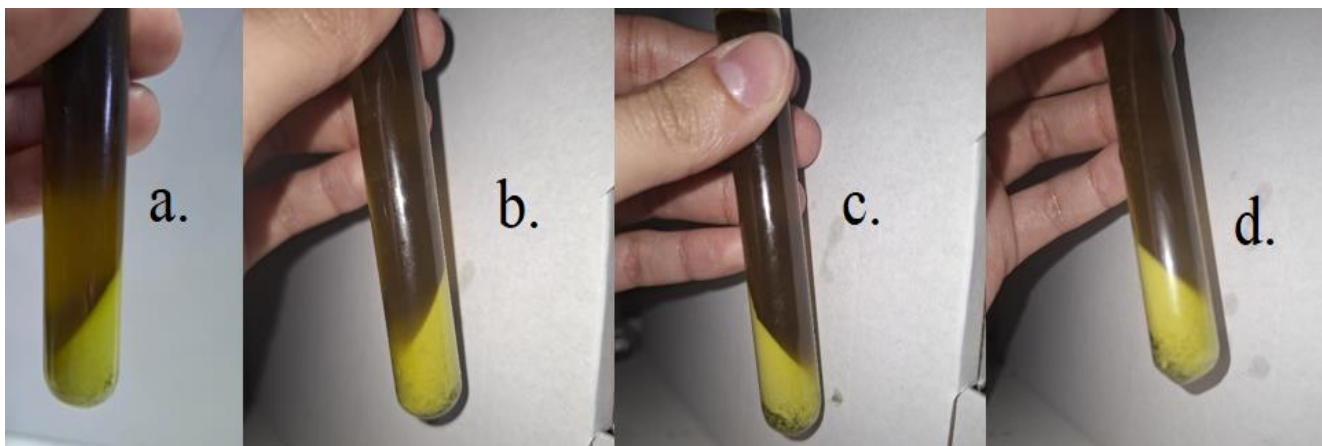


Figura 19 - Ponto do grão nos ensaios: (a) Ensaio 1 – adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 80°C, (b) Ensaio 2 - adição de ácido fosfórico a 50°C e soda cáustica a 60°C, (c) Ensaio 3 - adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C, (d) Ensaio 4 - adição de ácido fosfórico a 70°C e soda cáustica a 70°C

É de notar que as Figuras 19, (c). e (d). contém sedimentos negros no fundo do tubo de centrifugação, referentes ao ensaio 3, ensaio 4, respetivamente.

Os sedimentos podem ser uma combinação de: resíduos de sólidos, como pedaços de polpa ou casca que não foram totalmente removidos durante a extração do óleo; sabões

e emulsões, produtos de reações químicas durante o processo de extração ou a presença de sabões; subprodutos da decomposição ou oxidação durante o processamento ou armazenamento, uma vez que o óleo pode sofrer oxidação, gerando compostos que podem se depositar como sedimentos escuros.

Na Figura 19 (a.), que se refere ao ensaio 1, com as temperaturas correspondentes à produção industrial, não é visível qualquer tipo de sedimento acumulado.

Em todos os ensaios, tal como se observa na Figura 19, apresentaram um ponto de grão ideal.

## 6.5. Quantificação de sabões

O método usado para determinar a quantidade de sabões é a titulação com o ácido clorídrico. O óleo neutralizado é dissolvido num solvente adequado, e a solução resultante é titulada com ácido clorídrico até atingir o ponto de equivalência, onde a quantidade de ácido adicionado é estequiométrica com a quantidade de sabão presente.

É de notar que antes da centrifugação a quantidade de sabões no óleo é bastante superior à quantidade de sabões no óleo centrifugado (Tabela 7). Como referido, as soluções de soda cáustica e de sabão são insolúveis em óleo, e, por conseguinte, este processo desenvolve-se entre a fase líquida e sólida do óleo. Neste caso, os ácidos gordos neutralizados transformam-se em sabões e são separados por diferença de densidade.

Tabela 6 - Quantificação de sabões no óleo, em ppm

Teor de sabões (ppm)	Ensaio			
	1	2	3	4
Mistura antes da centrifugação	27 942	27 632	29 238	24 362
Óleo limpo	1942	1788	2072	1892

Mais uma vez verifica-se que o ensaio com as temperaturas mais baixas apresenta mais sabão, ensaio 3 (adição de ácido fosfórico a 60°C e soda cáustica a 70°C), antes da centrifugação, 29 238 ppm, e depois da centrifugação, 2072 ppm.

Todos os ensaios apresentaram valores finais semelhantes de sabões, entre 1788 e 2072 ppm, o que mostra que a centrifugação foi eficiente na sua remoção.

A centrifugação aplica uma força constante (força centrífuga) que acelera a separação de fases, independentemente da quantidade inicial de sabões.

## 6.6. Acidez

A Tabela 8 refere-se ao valor de acidez em miligramas de hidróxido de potássio por grama de amostra (mg KOH/g) medido ao longo do processo, em cada ensaio.

Tabela 7 - Acidez da mistura de óleo e o óleo limpo após centrifugação, em mg KOH/g

	<b>Ensaio</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Inicial Cru</b>	7,40	8,24	7,48	7,57
<b>Mistura de óleo após adição de ácido fosfórico</b>	6,90	6,90	7,34	7,22
<b>Mistura do óleo após a adição da soda cáustica</b>	5,99	5,52	5,36	5,68
<b>Óleo centrifugado</b>	5,27	4,73	4,48	5,01

Após adição do ácido fosfórico a acidez diminui em todos os ensaios, uma vez que ácido fosfórico ajuda a quebrar impurezas coloidais, fosfolipídios e outros compostos instáveis. A maior diminuição ocorre nos ensaios 1 e 2, cuja acidez desce para 6,90, em ambos os ensaios.

Com a adição de soda caustica, a redução da acidez ainda é mais acentuada. Como já referido anteriormente, o óleo cru contém ácidos gordos livres e uma vez que a acidez mede a quantidade desses ácidos gordos livres presentes no óleo, quanto maior a acidez, maior a quantidade de ácidos gordos livres. Durante o processo de neutralização, a soda cáustica reage com os ácidos gordos livres formando sabões, que são posteriormente removidos.

A acidez do óleo após a centrifugação, para cada um dos ensaios está compreendida entre 4,48 e 5,27. A redução da acidez do óleo após centrifugação mostra que a remoção de sabões e resíduos ácidos foi eficaz, durante todo o processo produtivo.

## 7. Conclusão

O estágio curricular foi desenvolvido na Destilaria Levira, Lda., ao longo de seis meses, na unidade de refinação de óleos alimentares, envolvendo atividades tanto em ambiente laboratorial como em contexto de processo industrial.

O estágio foi realizado na Destilaria Levira, durante 6 meses, na unidade de refinação de óleos alimentares, em ambiente laboratorial e de processo.

O estágio teve como principal objetivo a otimização do processo de neutralização na produção de óleo de abacate refinado a partir de óleo de abacate cru, nomeadamente das temperaturas para a adição de ácido fosfórico e soda cáustica no processo.

Para o efeito, o óleo de abacate cru foi recolhido num tanque de armazenamento desta matéria-prima e realizaram-se quatro ensaios em laboratório, com temperaturas de adição de ácido fosfórico que variaram entre 50°C e 70°C e de soda cáustica, entre 60°C e 80°C.

Os resultados evidenciaram que o ensaio em que tanto o ácido fosfórico como a soda cáustica foram adicionados a 70°C apresentou o melhor desempenho global, traduzido num rendimento de 91%, associado a um menor teor de sabões após centrifugação e a uma redução eficaz da acidez. Estes resultados demonstram não apenas a eficácia do processo de refinação, mas também o seu impacto positivo na qualidade final do óleo obtido.

Outro ponto relevante foi a redução da acidez em todos os ensaios realizados. Independentemente da temperatura de adição do ácido fosfórico e de soda cáustica, obteve-se sempre a diminuição da acidez, garantindo assim um parâmetro essencial para a qualidade e estabilidade do óleo refinado.

Em termos de otimização operacional, a redução da temperatura de adição da soda cáustica de 80°C (condição atual) para 70°C revelou-se particularmente vantajosa. Para além de uniformizar a temperatura de adição dos reagentes, simplificando o processo, esta alteração possibilitou uma diminuição do tempo de aquecimento necessário, sem comprometer a eficiência do tratamento ou a qualidade do óleo refinado.

Em síntese, o estágio permitiu identificar as condições ótimas de neutralização - 70°C tanto para a adição de ácido fosfórico como para a soda cáustica – estas temperaturas constituíram uma melhoria significativa do processo de refinação do óleo de abacate.

## Referências Bibliográficas

- Araújo, A. M. (2016). *Borra de óleo de soja: caracterização físico-química e avaliação da potencialidade econômica*. 81.
- Bermejom, S. (2014). *Caracterização Físico-Química de Óleos Novos e Usados para Identificação de Indicadores de Degradação da Qualidade*. 201.
- Bordinassi, P., & Soja, D. (2022). *Determinação de Fosfolípidios por método de turbidez precisão e influência de fatores físico-químicos do óleo*. Universidade Tecnológica Federam do Paraná Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos
- Buosi, G. M. (2013). *Extração do óleo de Abacate (Persea americana Mill.) Visando à produção de biodiesel e sua caracterização*. 37.
- Christelle, M., Almeida, F., Filipe, D., Cotovio, J., & Antunes, E. (2020). *Otimização do processo de saponificação de óleo alimentar usado para preparação de detergentes ecológicos volume 1 Dissertação no âmbito do Mestrado em Química Avançada e Industrial variante Desenvolvimento e Estratégia orientada pelo. 1*.
- Da Fré, N. C. (2009). *Obtenção de Ácidos Graxos a Partir da Acidulação de Borra de Neutralização de Óleo de Soja*. 112.
- Data. (2023). *Global Avocado Oil Market – Industry Trends and Forecast to 2028*.
- Da Silva, I. M. C. B. (2012). Hidróxido de Sódio. *Revista Virtual de Química*, 4(1), 73–82.
- Destilaria Levira. (2024). Destilarialevira.com.
- Espasandin, R. L. (2011). *Estudo sobre a utilização de óleos de origem vegetal em motores diesel não modificados*.
- Ferrari, R. A. (2015). Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18(1), 79–84.
- Ferreira, J. M. S., & Pinto, F. C. H. (2012). Alergia alimentar: definições, epidemiologia e imunopatogênese. *Rev Bras Nutr Clin*, 27(3), 193–201.
- Gon, J., & Fernandes, A. (2020). *Produção, Caracterização e estabilidade de goma arábica e inulina lavras– mg*.
- Khare, C. P. (2007). *Persea americana Mill. Indian Medicinal Plants*, 1–1.
- Maionchi Isadora Aredes (2017) *Processo Cavitation inovação em refino de óleo de soja*. (n.d.).
- Mandarino, J. M. G., Hirakuri, H. M., & Roessing, A. C. (2015). *Tecnologia para Produção de Óleo de Soja: Descrição das Etapas, Equipamentos, Produtos e Subprodutos*. Embrapa, Londrina, PR, 100.
- Martinez, V., & Almeida, P. De. (2021). *Estudo de Medidas para Aumento da Rentabilidade e Sustentabilidade numa Empresa de Extração de Óleos e Bagaços e Produção de Biodiesel Mestrado Integrado em Engenharia Química Júri*.
- Mendes, S. M. da C. (2006). *Controlo de Qualidade de óleo de fritura em restauração*

- coletiva Validação do plano HACCP. Faculdade de Farmácia Da Universidade Do Porto, 135.*
- Moreira, J. C. H. (2012). *Agentes Fitoquímicos Da Persea Americana Mill. E Seu Potencial Contributo Na Dermocormética.*
- Mota, D. S. (2016). *Refinação de óleos vegetais e fracionamento contínuo de óleo de Palma. Instituto Plotécnico de Coimbra, 1–44.*
- Nogueira-de-Almeida, C. A., Da Veiga Ued, F., De Almeida, C. C. J. N., Almeida, A. C. F., Del Ciampo, L. A., Ferraz, I. S., De Oliveira da Silva, L. F., Zambom, C. R., & De Oliveira, A. F. (2018). *Nutritional profile and benefits of avocado oil (Persea americana): An integrative review. Brazilian Journal of Food Technology, 21.*
- Oliveira, J., De Sequeira, S., Doutor, M., Eusébio, A., Doutor, M., Silva, V., Engenharia, P., & Lopes. (n.d.). *Novembro 2014.*
- Oliveira, S. (2012). *Estudo das unidades de desgomagem e neutralização. 85. Versão pública da dissertação - Estudo das unidades de desgomagem e neutralização.pdf*
- Pimenta, T. V, Andrade, M. H. C., Federal, U., & Gerais, D. M. (2012). *Extração, Neutralização e Caracterização dos óleos do fruto da Macaúba (Acrocomia Aculeata). XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Química 2012, 4031–4040.*
- Rasi de Almeida Prado, E., Luis Lemos, F., Lara, I., De Oliveira Claro, E., & De Matos Jorge, L. M. (2014). *Refino De Óleos Vegetais Utilizando Lavagem Ácida Com Recirculação. Engevista, 16(3), 384.*
- Rodrigues, R. M. A. (2010). *Marketing: Uma Abordagem Nutricional. Faculdade de Ciências Da Nutrição e Alimentação, 1–46.*
- Verde, C. (n.d.). *Gestão de segurança alimentar.*
- Wolf Hamm, Hamilton, R. J., & Gijs Calliauw. (2013). *Edible oil processing. John Wiley & Sons Inc.*

## Anexo I – Equipamentos laboratoriais



Figura 22 - Soda



Figura 21 - Ácido Fosfórico e Soda



Figura 20 - Ácido Fosfórico



Figura 23 - Chiller



Figura 26 - Balança Analítica



Figura 25 - Termómetro digital



Figura 24 - Placa de aquecimento



Figura 27 - Centrífuga



Figura 28 - Agitador