



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ESTÁGIO LABORAL

TEMA:

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS QUE INFLUENCIAM NA DESTILAÇÃO FRACIONADA NO
PROCESSO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA**



Autora: SAIDE, Alda Brígida Joaquim

Maputo, Junho de 2014



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ESTÁGIO LABORAL

TEMA:

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS QUE INFLUENCIAM NA DESTILAÇÃO FRACIONADA NO
PROCESSO DE DESODORIZAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA**

Autora: SAIDE, Alda Brigida Joaquim

Supervisor:

Doutor Pedro Massinga

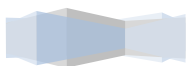
Co-Supervisor:

Eng.º Shyam Sukla

Maputo, Junho 2014

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente ao Sr. Meu Deus que me deu essa oportunidade de terminar o curso e aos meus pais Joaquim Saide e Alda Saide, meus conselheiros, verdadeiros educadores e grandes orientadores da vida.



AGRADECIMENTOS

- ✓ Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, Pai todoo poderoso, pela força que me proporciona diariamente para não desistir de lutar pelo que acredito, pela sua presença divina em todos os momentos de minha vida e por me ajudar a concretizar mais esta importante fase da minha vida acadêmica.
- ✓ Ao meu Supervisor, Doutor Pedro Massinga, pelo seu profissionalismo, dedicação e pela disponibilidade sempre que eu precisei.
- ✓ Ao meu Co-supervisor Eng.º ShyamSukla pelo apoio na realização do estágio e das experiências laboratoriais, sem os quais a realização deste trabalho não seria possível.
- ✓ À grande companhia de refinação de óleos e produção de sabão- Maêva, por me terem recebido abertamente, ajudando-me a desenvolver um bom trabalho em equipa, e pelos momentos alegres e descontraídos que compartilhamos e, em especial à minha amiga e chefe de laboratório Maria Emília Nacibo que me ajudou na realização das análises das amostras, sem medir esforços de modo a obter-se bons resultados dos ensaios.
- ✓ À Prof^ª. Doutora Tatiana Kuleshov, sempre disponível a ensinar e acompanhar o desenvolvimento do aprendizado dos seus estudantes. Muito obrigado pelos ensinamentos que me proporcionou desde os primeiros anos do curso até ao presente trabalho.
- ✓ Aos docentes que acompanharam toda a minha caminhada durante o curso pela paciência e colaboração, nas diversas disciplinas da licenciatura.
- ✓ Aos colegas do curso de Química pela agradável convivência durante os 4 anos de curso, em especial ao Juvêncio Massinguil pelas explicações que me ofereceu sempre que apresentei dificuldades.
- ✓ À minha grande amiga e colega de curso, SorayaIzedine pela presença constante em minha vida estudantil, sempre me apoiando e incentivando para nunca desanimar de correr atrás do que pretendo fazer.
- ✓ Ao Edson Abdulremane, meu companheiro de todos os momentos muito obrigado pelo apoio e amor dedicado durante este período e em todos os outros, que fazem parte da minha caminhada.
- ✓ Aos meus pais, Joaquim Saide e Alda Saide, pela sabedoria que me transmitem, os quais sempre me incentivaram a estudar e acreditar nas minhas capacidades.

Obrigado pela confiança que sempre depositaram em mim desde a escola primária, sempre colocando a minha educação e dos meus irmãos, em primeiro lugar nas suas vidas.

- ✓ Aos meus irmãos Ana Saide e António Saide pelo incentivo e apoio contínuo, o meu obrigado em especial a Ana minha gémea querida pois sempre acreditou em mim.
- ✓ Aos meus tios Ilda Saúte, António Saide e Inês Macamo que contribuíram para o meu crescimento académico.
- ✓ Ao meu primo Dito, pelo incentivo e palavras encorajadoras durante a minha caminhada.
- ✓ Às minhas amigas Talumba, Laudia, Rebeca e Candida pela paciência quando muitas vezes deixei de sair e me divertir com elas executando este trabalho.
- ✓ O meu muito obrigado a todos aqueles que directa ou indirectamente estiveram do meu lado me apoiando para a conquista desta vitória.



DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Alda Brigida Joaquim Saide, declaro por minha honra que o presente trabalho de licenciatura foi concebido no Departamento de Química e desenvolvido como estágio laboral por mim, com base nos conhecimentos técnicos e científicos adquiridos ao longo do meu curso de Química e dos recursos que se encontram referenciados no trabalho, para além da orientação dada pelo meu supervisor.

Maputo, Junho de 2014

(Alda Brigida Joaquim Saide)



RESUMO

Com o crescente aumento do consumo do óleo de soja refinado, o consumidor prefere optar por óleos mais claros e ausentes de cheiro, características que o óleo só pode obter durante a destilação fraccionada no processo da desodorização.

A destilação fraccionada é uma operação unitária amplamente utilizada há vários anos na indústria química, e tem sido bastante estudada na realização de diferentes tarefas industriais tais como a desodorização do óleo de soja. Entretanto, para se obter um bom resultado de acordo com as exigências do consumidor e os padrões recomendados pela legislação vigente, é importante o estudo e a escolha das condições de operação do sistema baseado em parâmetros que indiquem a sua eficiência.

O presente trabalho objectiva estudar de que modo o comportamento dos parâmetros físico- químicos (temperatura, pressão e tempo) influencia na destilação fraccionada do óleo de soja, com vista a melhorar a qualidade do óleo final no processo de desodorização. Deste modo, são apresentados os resultados obtidos nos testes de coloração e índice de ácidos gordos, avaliados em função da variação da temperatura, pressão e tempo de retenção do óleo, desenvolvidos através de gráficos que indicam a variação do nível da coloração e índice de ácidos gordos em amostras de óleo de soja branqueado e desodorizado analisado durante 3 meses, em diferentes intervalos de tempo durante o dia. No geral os resultados obtidos ambos os testes estiveram de acordo com os limites padrões, embora tenham-se observado alguns desvios. No teste de índice de ácidos gordos as percentagens variaram de 0,05-0,1% em amostras de óleo branqueado de soja e de 0,01-0,03% em amostras de óleos desodorizados de soja. Quanto ao teste de coloração apesar dos resultados encontrarem-se dentro dos padrões, verificou-se um elevado aumento da cor amarela em amostras de óleo branqueado, enquanto que as amostras de óleo desodorizado apresentaram pequenas oscilações na coloração, apresentando-se sempre dentro dos limites pré-estabelecidos.



SIGLAS E SÍMBOLOS

AGL- Ácidos gordos livres

C- Coloração

EN4- Estrada nacional nº 4

IAGL- Índice de ácidos gordos livres

PEAD- Destilado de ácidos gordos de palma

PCCT- Permutador de calor de casco e tubos

PET- Poli etilenoglicol

SFA- SoybeanFattyAcids (Ácidos gordos de soja)

mol- moles

N- Normalidade

ppm- partes por milhão

P- peso

V- volume



ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iv
RESUMO	v
SIGLAS E SÍMBOLOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xi
Capítulo I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema	2
1.2. Objectivos	3
Objectivo geral	3
Objectivo específico.....	3
1.3. Justificação da escolha do tema	3
1.4. Metodologia do trabalho	4
Capítulo II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Óleo de soja	6
2.2. Origem e composição do óleo de soja	6
2.3. Aspectos gerais de óleos e gorduras	6
2.4. Classificação do óleo de soja	7
2.5. Refinação do óleo de soja bruto.....	9
2.5.1. Hidratação.....	9
2.5.2. Neutralização	9
2.5.3. Branqueamento	10
2.5.4. Desodorização	10
2.6. Impurezas contidas no óleo de soja	10

2.7.	Processos de separação	11
2.7.1.	Destilação fraccionada.....	12
2.7.1.1.	Destilação fraccionada industrial	13
2.8.	Parâmetros físico-químicos críticos no processo de desodorização	17
2.8.1.	Principais parâmetros	18
Capítulo III: DESCRIÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO.....		23
3.1.	Empresa Grupo Maêva	23
3.1.1.	Historial	23
3.2.	Southern Refineries Lda 2 – Maêva Plast Matola	25
3.2.1.	Refinação de óleos na Maêva Plast Lda	27
3.2.1.1.	Refinação de óleo de soja na Maêva Plast Lda	28
3.3.	Determinação dos parâmetros qualitativos na desodorização do óleo de soja	34
Capítulo IV: PARTE EXPERIMENTAL.....		37
4.1.	Amostras de óleo de soja	37
4.2.	Descrição de materiais e testes qualitativos realizados.....	37
4.2.1.	Índice de ácidos gordos livres	37
4.2.2.	Coloração	40
Capítulo V: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		43
5.1.	Índice de ácidos gordos livres	43
5.2.	Teste de coloração.....	46
Capítulo VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		54
6.1.	Conclusões	54
6.2.	Recomendações	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		56
ANEXOS		I
ANEXO A.....		I
ANEXO B.....		IV

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Esquema da reacção de síntese e hidrólise dos óleos ou gorduras.....	7
Fig. 2:Esquema de uma coluna de destilação	13
Fig. 3: Esquema de um refervedor.....	14
Fig. 4: Esquema de um condensador	14
Fig. 5: Esquema de um prato	15
Fig. 6: Diferentes recheios encontrados na coluna de destilação.....	16
Fig. 7: Hidrólise parcial do triacilglicerídeo, formando uma molécula de dactilglicerídeo e uma de ácido carboxílico	18
Fig. 8: Diagrama da representação da Temperatura (T) de bolha (bubblepoint) ou de condensação (dewpoint) em função da composição do vapor (y) ou do líquido saturado (x) a essa mesma temperatura, a pressão constante.....	21
Fig. 9: Fábrica Maêva e as suas respectivas unidades.....	24
Fig. 10: Imagem da Maêva Plast Matola Lda.....	25
Fig. 11: Exemplos de instrumentos de medição usados na fábrica Maeva. Válvula (à esquerda) e medidores de pressão e fluxo (à direita).....	27
Fig. 12: Reacções de óleos e gorduras aquecidos na presença do oxigénio do ar: (1) formação de radicais estabilizados por ressonância; (2) formação de hidroperóxidos; (3) decomposição homolítica (A) e oxidação induzida da cadeia (B).	33
Fig. 13: Fluxograma de destilação fraccionada no processo de desodorização	34
Fig. 14: Frasco de erlenmeyer contendo álcooletílico e gotas do indicador.....	38
Fig. 15: Aparecimento da cor violeta pálida após a titulação com NaOH	38
Fig. 16: Pesagem da amostra de óleo a ser analisado.....	39
Fig. 17: Aquecimento do óleo após a pesagem	39
Fig. 18: Reaparecimento da cor violeta pálida após a titulação do óleo com NaOH	40
Fig. 19: Células de vidro usadas na análise da coloração do óleo.....	41
Fig. 20: Aparelho de Lovibond, usado na leitura da coloração do óleo de soja.....	42
Fig. 21: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela A, do Anexo B, referente a data 01/09/13.	44
Fig. 22: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela B, do Anexo B, referente a data 08/10/13	44

Fig. 23: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela C, do Anexo B, referente a data 14/11/13. 45

Fig. 24: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente a data 02/09/13. 46

Fig. 25: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente a data 02/09/13. 47

Fig. 26: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente a data 02/09/13. 47

Fig. 27: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo B, referente a data 08/10/13. 48

Fig. 28: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo 2, referente a data 08/10/13. 48

Fig. 29: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo B, referente a data 08/10/13 49

Fig. 30: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela F, do Anexo B, referente a data 02/11/13. 49

Fig. 31: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela F, do Anexo B, referente a data 02/11/13. 50

Fig. 32: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela F, do Anexo B, referente a data 02/11/13 50



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do óleo de soja em classes e tipos.....	8
Tabela 2:Parâmetros dos valores de índice de ácidos gordos livres padrões.	35
Tabela 3:Valores aceitáveis das cores presentes no óleo de soja	36



Capítulo I: INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max.*) é uma cultura produzida em todo mundo, sendo os EUA, Brasil, Argentina e China os maiores produtores (Belchion, 2011). As primeiras citações do seu aparecimento foram destacadas no período entre 2883 e 2838 A.C., quando a soja era considerada um grão sagrado, como o arroz, o trigo, a cevada e o milho.

Em Moçambique a produção de soja foi introduzida no ano 1997, apresentando uma produção aceitável a partir de 2007. Gurué (província da Zambézia) foi uma das primeiras regiões que iniciou a sementeiradesta cultura (Belchion, 2011).

O óleo bruto de sojasurge como um subproduto do processo de extracção dos grãos de soja. Devido às suas propriedades ímpares, este óleo tem sido aplicado emdiversas indústrias, sendo uma delas a indústria alimentícia (Melo, 2013). Entretanto, os óleos vegetais brutos (exemplo: óleo de soja, de palma, de girassol, etc) são constituídos por mais de 95% de triacilglicerídeos e por compostos minoritários como os fosfolipídios, hidratos de carbono, ácidos gordos livres e produtos de degradação dos ácidos gordos, cuja utilização directa na alimentação humana não é adequada. Por isso, devem ser primeiramente refinados, para que os mesmos estejam em condições adequadas de consumo e de acordo com as exigências do consumidor (Luz, 2011).

A refinação do óleo vegetal no geral,consiste em quatro etapas distintas: a Degomagem ou Hidratação, a Neutralização ou Desacidificação, o Branqueamento ou Clarificação e a Desodorização (Almeida, 1994 citado por Buckenko, 2002).

A desodorização é considerada a última etapa da refinação do óleo de soja comestível, com a função de remover sabores e odores indesejáveis (Moretto&Fett, 1998 citados por Buczenko, 2002). Este processo é realizado através da destilação fraccionada em temperaturas e pressões definidas. Os parâmetros físicos-químicos utilizados (temperatura, pressão e tempo de retenção) devem ser otimizados e controlados de modo a produzir óleo comestível com características desejáveis,

aceitáveis de acordo com os padrões pré-estabelecidos pela legislação vigente e reconhecidas pelos consumidores (Luz, 2011).

Esta etapa visa primeiramente melhorar o sabor, cor e estabilidade do produto. Esta melhoria, porém só é possível se as etapas anteriores à desodorização forem realizadas de forma correcta e os parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção do óleo de soja durante o processamento sejam controlados devidamente, visto que deficiências de processos anteriores dificilmente são totalmente corrigidas, afectando a qualidade final do produto.

1.1. Problema

A destilação fraccionada é uma operação unitária que está sendo amplamente utilizada nas indústrias alimentares. Esta operação tem como objectivo principal a separação de componentes com diferentes pontos de ebulição em vários estágios, de modo a se obter produtos com elevado grau de pureza. Concretamente, na indústria de produção de óleos alimentares, a destilação fraccionada é aplicada no processo de refinação do óleo (desodorização do óleo).

Deste modo, é importante que se compreenda o comportamento dos parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção face à destilação fraccionada do óleo de soja de modo a propôr-se e/ou criar-se condições eficazes para controlar os mesmos, pois estes parâmetros quando não são devidamente controlados ou se um deles é mal seleccionado durante a destilação fraccionada do óleo vegetal, pode contribuir para a separação da mistura em fracções de forma indesejada, e conseqüentemente irá obter-se um produto com baixo grau de pureza que irá influenciar directamente na qualidade do óleo obtido e no seu rendimento.



1.2. Objectivos

Objectivo geral

- Estudar o comportamento dos parâmetros físico-químicos que influenciam na destilação fraccionada do óleo de soja no processo de desodorização.

Objectivos específicos

- Avaliar os efeitos negativos que ocorrem no processo de desodorização devido à variaçãodos parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção;
- Analisar como os parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção interferem na variação da percentagem dos ácidos gordos livres e da coloração presente em amostras de óleo de soja;
- Determinar o Índice de ácidos gordos livres (IAGL) e a Coloração (C) em amostras de óleo branqueado e desodorizado.

1.3. Justificação da escolha do tema

O tema do presente trabalho visa analisar como o comportamento dos diferentes parâmetros físico-químicos influencia no processo de desodorização, uma vez que em processos industriais de larga escala como a produção de óleos comestíveis é difícil variar apenas um parâmetro e manter constante os outros.

Sendo a destilação fraccionada uma operação de grande aplicabilidade no processo de desodorização de óleos vegetais, o presente trabalho busca estudar detalhadamente como é que uma pequena variação de um dos parâmetros temperatura, pressão ou tempo de retenção, pode contribuir para o aumento de ácidos gordos livres e aumentar o nível de coloração do óleo de soja. O trabalho visa também compreender como a fábricaMaêva faz o controlo destes parâmetros durante a destilação fraccionada do óleo de soja, com vista a avaliar se os mesmos se encontram de acordo com os padrões pré-estabelecidosdurante todo o processo de

desodorização. Caso não estejam de acordo, propôr condições para o melhoramento do seu controlo.

1.4. Metodologia do trabalho

Para o sucesso deste trabalho recorreu-se aos seguintes meios:

Primeira fase: Revisão Bibliográfica

A parte teórica do trabalho foi feita com base em:

- Pesquisas bibliográficas que abordam informações publicadas em livros, artigos, teses de licenciatura em formato electrónico relacionado com a temática, nomeadamente: comportamento dos parâmetros físico-químicos que influenciam na destilação fraccionada do óleo de soja no processo de desodorização.

Foram realizadas também leituras profundas relacionadas com a descrição do processo de refinação de forma geral, com as bases teóricas dos parâmetros físico-químicos que influenciam na destilação fraccionada, e com os perigos que podem existir no processo de desodorização

- Definição dos objectivos gerais e específicos do trabalho;
- Apresentação do problema em estudo e justificativa da escolha do tema

Segunda fase: Parte Experimental

A parte prática do trabalho foi feita com base na:

- Descrição do material e métodos usados durante o estágio;
- Selecção de amostras de óleo de soja para serem analisadas;
- Realização do teste do índice de ácidos gordos livre e coloração em amostras de óleo de soja branqueado e desodorizado;
- Determinação dos valores dos índices de ácidos gordos livres e coloração em intervalo de 2h ou acima deste intervalo.



Terceira fase: Análise e discussão dos resultados

- Após a realização dos testes de controlo de qualidade, tomou-se atenção aos dados obtidos nos testes índice de ácidos gordos livres (IAGL) coloração (C) em função dos diferentes parâmetros em estudo;
- Construção de gráficos que mostram a variação dos valores de IAGL e C em intervalo de 2h ou mais, observados durante 3 meses (Setembro, Outubro e Novembro);
- Comparação dos resultados obtidos nos testes de IAGL e C com os valores padrões pré-estabelecidos;
- Discussão dos resultados obtidos.



Capítulo II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Óleo de soja

O óleo de soja é um dos mais usados no mundo, no ramo alimentício, tanto domiciliar como industrial (Maêva, 2010). Apresenta uma cor levemente amarela, límpida, com odor e sabor suave característico. É obtido a partir da prensagem mecânica e/ou extracção com solventes orgânicos, dos grãos de soja (*Glucine max.*), isento de misturas de outros óleos, gorduras e outras matérias estranhas ao produto (Amaral, 2006).

2.2. Origem e composição do óleo de soja

A leguminosa de soja teve a sua origem na costa leste da Ásia, ao longo do rio Yangtse, na China, em 1894 (Amaral, 2006). Mais tarde expandiu-se para outros países, principalmente os EUA onde o clima é quente e húmido (Rafael, 2013).

Na segunda década do século XX, o teor de óleo e proteína do grão começou a despertar o interesse das indústrias de oleaginosas mundiais. No entanto, tentativas de introdução comercial do cultivo do grão na Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram, provavelmente, devido às condições climáticas desfavoráveis (Amaral, 2006).

Actualmente, a produção da soja é de extrema importância para o agronegócio moçambicano. A soja foi introduzida em Moçambique no ano de 1997, apresentando produção aceitável a partir de 2007 (Belchion, 2011). A Tabela I ilustrada no Anexo A apresenta a composição e características de identidade do óleo de soja.

2.3. Aspectos gerais de óleos e gorduras

O óleo e a gordurasão triacilglicerídeos de gliceróis e de ácidos gordos, resultantes de esterificação de uma molécula de glicerol com 3 moléculas de ácidos gordos, conforme a estrutura da reacção seguinte:



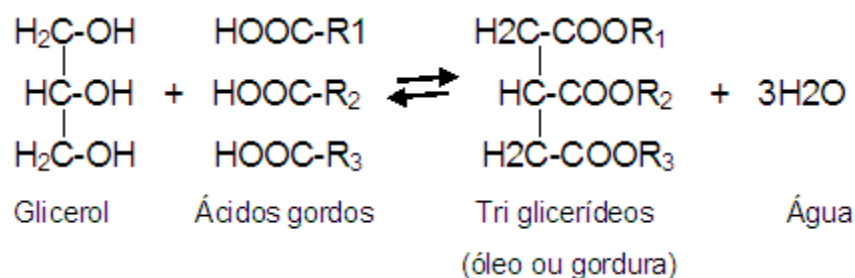


FIG. 1: Esquema da reacção de síntese e hidrólise dos óleos ou gorduras.

Fonte: Rafael, 2013.

Os ácidos gordos representam a maior parte da composição dos óleos e gorduras (seja na forma livre ou esterificados com o glicerol). Deste modo, os ácidos gordos são os principais responsáveis pelas propriedades físico-químicas e a reactividade dos óleos e gorduras. São constituídos geralmente por 12 a 18-22 carbonos e apresentam até 3 ligações duplas em sua estrutura. No geral, as ligações duplas encontram-se em geometria *cis* não conjugadas, sendo por sua vez responsáveis pela reactividade dos óleos e gorduras em diversos processos e também pelas suas propriedades físico-químicas.

O óleo e a gordura distinguem-se entre si da seguinte maneira: à temperatura ambiente (aproximadamente 25° C) os seus estados físicos são diferentes, os óleos são líquidos e as gorduras são sólidas ou pastosas; quimicamente o óleo é constituído maioritariamente por ácidos gordos insaturados (mais reactivos e susceptíveis a termo-oxidação) enquanto que, a gordura é constituída principalmente de ácidos gordos saturados (baixa reactividade química).

2.4. Classificação do óleo de soja

Classificação

O óleo de soja pode ser classificado em classes e tipos, de acordo com o seu grau de elaboração e qualidade, nomeadamente (Amaral, 2006), como ilustra a Tabela 1 (Amaral, 2006):

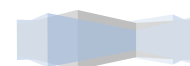


Tabela 1: Classificação do óleo de soja em classes e tipos.

Classes	Bruto ou cru	Degomado ou purificado			Refinado	
Tipos	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2

O tipo 1 pertencente à classe do óleo bruto, degomado e refinado e o tipo 2 pertencente à classe do óleodegomado e refinado. Eles são diferentes entre si, pois apresentam características distintas, conforme a TabelaII que consta no Anexo A.

a) *Classes*: segundo o seu grau de elaboração, o óleo de soja pode ser dividido em 3 classes (Amaral, 2006):

- Bruto ou cru: óleo obtido directamente dos grãos de soja a partir de processos de prensagem mecânica ou extracção com solvente;
- Degomado ou purificado: óleo que após a sua extracção são retirados os fosfatídeos nele presente;
- Refinado: óleo que após a sua extracção e degomagem, passa por um processo de refinação constituído por 3 estágios, neutralização, branqueamento e desodorização.

b) *Tipo*

- Óleo de soja bruto ou cru- de acordo com a sua qualidade, admitirá um único tipo, com características distintas como ilustra a Tabela II, do Anexo A (Amaral, 2006).
- Óleo de soja degomado ou purificado- segundo a sua qualidade, divide-se em 3 tipos, com características distintas como ilustra a Tabela II, do Anexo A(Amaral, 2006).
- Óleo de soja refinado - consoante a sua qualidade, apresenta 2 tipos, com características distintas como ilustra a Tabela II, do Anexo A (Amaral, 2006).

O grão de soja tem sido amplamente usado na produção de óleo vegetal e tem apresentado desenvolvimento contínuo e crescente, essencialmente a nível industrial, nas indústrias de óleos vegetais, de biocombustíveis, de produção de sabão e rações ligadas à avicultura industrial. Entretanto, devido à melhoria da sua

qualidade e características após a refinação, este óleo tem sido geralmente utilizado na obtenção de óleo de soja comestível, que apresenta elevado valornutritivo (Junior, 2011).

2.5. Refinação do óleo de soja bruto

A refinação consiste num conjunto de processos que visam transformar o óleo bruto em óleo comestível. O processo de refinação tem como finalidade melhorar o aspecto, o odor e sabor do óleo, o que ocorre devido à remoção de impurezas não glicéricas e contaminantes dos componentes do óleo bruto (Gomes, 2010). As principais etapas do processo de refinação do óleo bruto são: Hidratação (degomagem), Neutralização (desacidificação), Clarificação (branqueamento) e Desodorização (Gomes, 2010).

2.5.1. Hidratação:

A hidratação tem como função, a remoção defosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais do óleo bruto, reduzindo deste modo a quantidade da base durante a subsequente neutralização, e minimizando as perdas de refinação. O método de hidratação mais utilizado consiste na adição de 1 à 3% de água ao óleo aquecido (60 à 70° C), com agitação durante 20 à 30 minutos. Forma-se um precipitado que é removido do óleo por centrifugação. As gomas obtidas no processo que apresentarem cerca de 50% de humidade, são secas sob vácuo a uma temperatura de 70 à 80°C (Junior, 2011).

2.5.2. Neutralização

A neutralização ocorre na interface óleo-solução alcalina, sendo estas fases não inter-solúveis. Portanto, este processo exige uma dispersão de solução alcalina em óleo. Existem dois métodos principais de neutralização: o descontínuo (mais antigo) e o contínuo (mais moderno). Porém, também existem dois modos de aplicação da solução alcalina: (i) a adição de solução de hidróxido de sódio ao óleo, sendo este o método mais usado, e (ii) adição de óleo à solução aquosa de hidróxido de sódio, denominado método contínuo Zenith.

O óleo neutralizado é submetido a uma ou duas lavagens com porções entre 10 a 20% de água aquecida à temperatura que varia entre 80 à 90°C e em seguida, o óleo é centrifugado novamente para remover todo o sabão residual (Gomes, 2010).

2.5.3. Branqueamento

O óleo neutralizado sempre contém humidade. Portanto, a primeira etapa do branqueamento é secagem contínua sob vácuo (30 mm Hg) no branqueador, à temperatura de 80 à 90°C por 30 minutos. Depois adiciona-se terra clarificante por sucção, agitando o óleo à temperatura de 80-95°C, durante 20 à 30 minutos. A acção da terra clarificante é, entretanto, mais eficiente no meio anidro. Subsequentemente o óleo é arrefecido a 60 ou 70°C e filtrado por filtro-prensa (Lopes, 2008).

2.5.4. Desodorização

A desodorização é a última etapa da refinação onde são eliminados sabores e odores indesejáveis.

As substâncias odoríferas e de sabor indesejáveis são removidas sob pressão absoluta de 2 à 8 mm Hg e temperatura de 220 à 250°C, com insuflação do vapor directo. Deste modo, alcança-se a completa desodorização e, portanto, a total remoção dos ácidos gordos livres residuais. O vácuo é produzido por ejectores a vapor, bombas mecânicas ou ambos (Lourenço, n.d.).

2.6. Impurezas contidas no óleo de soja

O óleo de soja é constituído por uma mistura de tri, di e monoacilgliceróis, ácidos gordos livres, glicolipídios, fosfolipídios, esteróis e outras substâncias. A maior parte destes constituintes sofrem oxidação em diferentes temperaturas (Berset, 1996 citado por Ramalho & Jorge, 2006). Entretanto, os ácidos gordos insaturados são as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo (Cosgrove, 1987 citado por Ramalho & Jorge, 2006).



• **Peróxidos**

A existência ou a formação de peróxidos e hidroperóxido com duplas ligações conjugadas contribui para a ocorrência de reacções degradativas no óleo. Estas impurezas aparecem como resultado da oxidação enzimática no óleo.

• **Ácidos gordos livres (AGL)**

A remoção dos ácidos gordos é fundamental no óleo de soja, pois a ingestão dos mesmos (ácidos gordos *trans*), em níveis elevados pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares (Lourenço, n.d.).

• **Tocoferóis**

Tocoferóis são antioxidantes naturais, de cor amarela clara a incolor, solúveis em óleo, conhecidos também por vitamina E. Estes são eliminados no processo de desodorização, podendo ser recuperados através da condensação dos vapores eliminados nessa etapa. Possuem grande valor comercial, sendo reaplicados no produto final ou nos derivados de óleos e gorduras como antioxidante natural (Williams, 1996).

O óleo vegetal é constituído basicamente por uma mistura de compostos químicos orgânicos tais como ácidos gordos livres, peróxido, etc. Separá-los em componentes totalmente puros ou misturas de composição conhecida é praticamente impossível. Sendo assim, durante o processo de refinação, o óleo é normalmente separado em fracções de acordo com a faixa de ebulição dos compostos neles presentes.

2.7. Processos de separação

São processos bastante utilizados na separação de famílias de hidrocarbonetos, com propriedades físicas comuns ou bastantes semelhantes (p.e. refinação de petróleo, óleo vegetal, processamento de gás natural, etc.). Nestes processos não ocorre nenhuma modificação de carácter químico, isto é, não existe reacção química (Bedinot, n.d.).



A destilação fraccionada é o processo mais comum de separação. Consiste na separação dos diferentes componentes do petróleo/óleo/gás pela acção do calor (aplicação de diferentes temperaturas). Explora as diferenças de volatilidade e/ou ponto de ebulição (Williams, 1996). Obtêm-se assim várias correntes finais com diferentes composições.

2.7.1. Destilação fraccionada

A destilação fraccionada é uma operação onde se utiliza uma coluna de fraccionamento na qual ocorre a separação de diferentes componentes que apresentam pontos de ebulição distintos, presentes em uma mistura (Roitman, 2002). Estas diferenças estão necessariamente relacionadas com diferenças nas forças intermoleculares de cada componente. Estas por sua vez dependem das respectivas estruturas moleculares que são diferentes, o que conduz a pressões de vapor diferentes para os vários componentes da mistura (Bedinot, n.d.).

Na destilação fraccionada, ocorre aquecimento, separação e arrefecimento dos produtos da mistura. Este processo é empregue quando a diferença entre os pontos de ebulição dos líquidos da mistura é baixa (Roitman, 2002), não permitindo a sua separação através da destilação simples.

A destilação fraccionada, ocorre numa coluna de fraccionamento ou destilação contida no interior duma torre de destilação. A coluna possui várias regiões de equilíbrio líquido-vapor (Figura 2), enriquecendo a fracção do componente mais volátil da mistura na fase de vapor (Belchion, 2011).



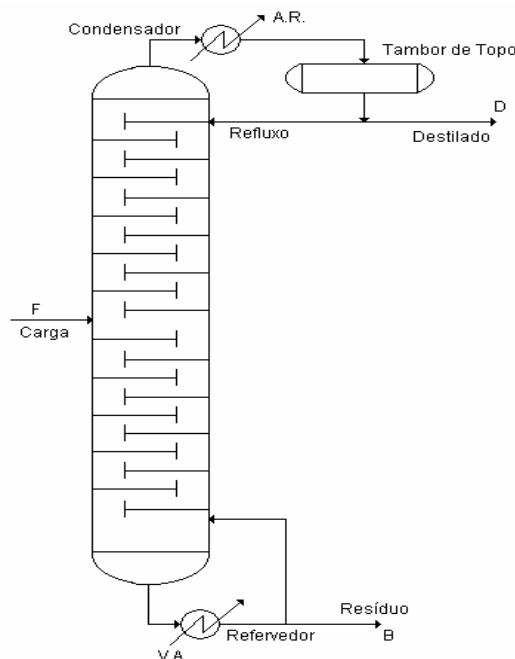


FIG. 2: Esquema de uma coluna de destilação

Fonte: Silvestre, 2005

2.7.1.1. Destilação fracionada industrial

A destilação industrial de óleos vegetais, geralmente, é realizada em grandes colunas cilíndricas verticais chamadas *torres de destilação ou de fracionamento*. Possuem diâmetros com variação de 65 cm até 6 metros e altura variando de 6 à 60 metros. Estas torres apresentam escoadores de líquidos em intervalos definidos na coluna, os quais permitem a obtenção de diferentes fracções ou produtos que possuem diferentes pontos de ebulição. Assim, os produtos com pontos de ebulição mais baixos- produtos mais leves saem do topo- parte superior da coluna (o destilado) e os produtos com pontos de ebulição mais altos- produtos mais pesados saem da parte inferior da coluna (o resíduo), como mostra a Figura 2.

Torres de destilação que refinam óleo vegetal em grande escala usam o refluxo, de modo que a separação dos produtos seja a mais completa possível. Refluxo significa que a porção de líquido condensado de uma torre de destilação retorna para a parte superior da torre, ou seja, ao se colocar a mistura de óleos no refeedor ou

alambique (dependendo da escala de produção), este é aquecido até o surgimento de vapor quente (Bedinot, n.d.). Este vapor produzido sobe pela coluna de destilação, vai se arrefecendo ao longo dela e, conseqüentemente termina por condensar-se. Com a condensação, forma-se um líquido, que escorre para a parte inferior da coluna, em direcção à fonte de aquecimento. Os vapores ascendem de forma contínua pela coluna e acabam por encontrar-se com o líquido. Parte desse líquido utiliza o calor do vapor ascendente e torna a vaporizar-se (Roitman, 2002). Este ciclo de vaporização- condensação ocorre repetidas vezes ao longo de todo o comprimento da coluna. No interior da torre, o líquido do refluxo descendo promove um arrefecimento necessário para condensar o vapor que sobe, de forma a aumentar a eficiência da torre de destilação (Silvestre, 2005).

Nestas separações são geralmente usadas colunas de aço com grandes diâmetros, compostas por pratos ou secções recheadas que forçam o contacto entre o vapor quente ascendente e o líquido condensado descendente, pois quanto maior a área de contacto entre o vapor e o líquido no interior da coluna e quanto maior a quantidade de etapas de vaporização-condensação, mais completa será a separação e mais purificado será o produto final obtido. Entretanto, o controlo rígido da temperatura e pressão é fundamental. Por isso, a cada salto de temperatura (em termómetros ou medidores de temperatura), os destilados correspondentes devem ser retirados da coluna (Roitman, 2002).

As colunas de destilação são constituídas por (Roitman, 2002):

- a) **Aquecedor ou Refervedor:** encontra-se na base da coluna de destilação. Tem como função permitir o aquecimento da base, promovendo deste modo a evaporação dos componentes mais voláteis.



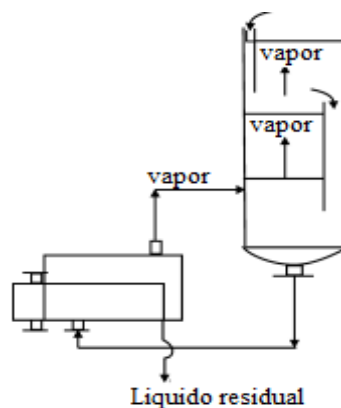


FIG. 3: Esquema de um aquecedor.

Fonte: Roitman, 2002

Geralmente, aquecedores são construídos com dispositivos de aquecimento por vapor de água, aquecimento por circulação de frações de óleo quente ou, aquecimento através de resistências elétricas (Roitman, 2002).

Os vapores formados na base da coluna circularão de forma ascendente. Parte destes serão condensados ao longo do percurso na torre, retornando na forma líquida, permitindo, desta forma, um contacto intenso entre o vapor ascendente e o líquido descendente ao longo da torre. Dependendo do interior da coluna, o contacto entre a fase líquida e vapor poderá atingir níveis que melhorarão as condições da separação desejada (Roitman, 2002).

b) **Condensador:** encontra-se na parte superior da coluna de destilação.

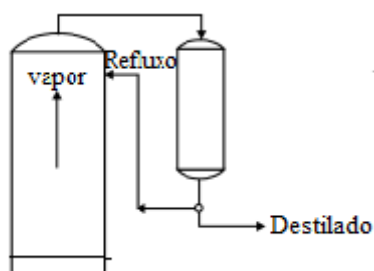


FIG.4: Esquema de um condensador.

Fonte: Roitman, 2002

Promove a condensação dos vapores leves que atingem o topo da coluna. Após a condensação, obtêm-se o produto destilado desejado.

Tipos de torres de destilação

Existem três tipos convencionais de colunas de destilação aplicadas industrialmente (Silvestre, 2005):

- a) Colunas com pratos e borbulhadores: São as mais usuais e geralmente são denominadas de bandejas ou prateleiras. Estes pratos ou bandejas encontram-se sobrepostas e variam em número e detalhes conforme a mistura que se pretende destilar. Os pratos são constituídos por borbulhadores, tubos de ascensão e de retorno, conforme apresentado na Figura 5 (Silvestre, 2005):

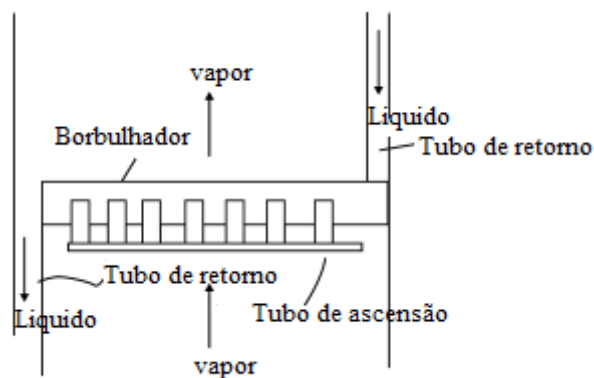


Fig. 5: Esquema de um prato.

Fonte: Silvestre, 2005

- b) Colunas com pratos perfurados: Neste tipo de coluna, os pratos com borbulhadores são substituídos por pratos dotados de perfurações, cujo diâmetro varia entre 0,8 e 3 mm. O funcionamento é idêntico às colunas que utilizam pratos com borbulhadores. Geralmente, neste tipo de coluna, não existe o tubo de retorno e os pratos ocupam toda a secção da coluna. Porém existem projectos em que as colunas com pratos perfurados são dotadas de tubo de retorno (Silvestre, 2005).
- c) Colunas com recheio: nesta coluna, os pratos ou bandejas são substituídos por corpos sólidos com formatos definidos. Estes corpos, denominados recheios, podem ser anéis do tipo Rachig, Pall, Lessing ou ainda selas do tipo Berl, Intalox e outros, como mostra a Figura 6.



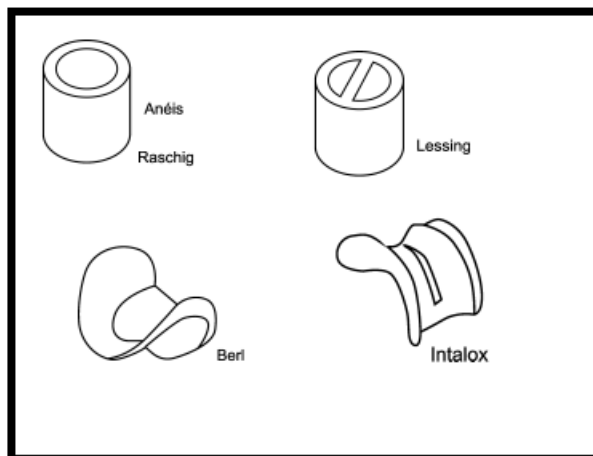


FIG. 6: Diferentes recheios encontrados na coluna de destilação.

Fonte: Silvestre, 2005

Numa coluna de destilação encontra-se duas secções de importância fundamental na separação da mistura: (i) Secção de enriquecimento ou absorção e (ii) Secção de esgotamento.

- i) **Secção de enriquecimento ou absorção:** É a parte da coluna compreendida entre o prato de entrada da carga (alimentação) e a parte superior (topo) da coluna. Esta secção visa enriquecer o vapor (Roitman, 2002).
- ii) **Secção de esgotamento ou stripping:** É a parte da coluna compreendida entre o prato de entrada da carga (alimentação) e o fundo da coluna. Esta secção visa o empobrecimento do líquido que vai sair pela base da coluna (Roitman, 2002).

2.8. Parâmetros físico-químicos críticos de controlo no processo de desodorização

A qualidade do óleo bruto que se pretende refinar é determinada pelo teor de impurezas que influenciam tanto a refinação quanto o rendimento do processo. A concentração de impurezas e a dificuldade de remoção das mesmas dependerá da qualidade da matéria-prima, acção enzimática, temperatura, pressão, efeito de vácuo, pressão a vapor, tempo de retenção do óleo no desodorizador, entre outros.

2.8.1. Principais parâmetros

a) *Temperatura e pressão*

Na destilação fraccionada do óleo vegetal a temperatura e pressão encontram-se directamente relacionadas, pois a mudança de um dos parâmetros interfere directamente na mudança do outro. No processo de desodorização do óleo de soja, devido ao alto vácuo (de 2-6 mmHg), o processo ocorre a temperaturas de 240-260°C (Ract, 2012).

- Temperatura:

Quando o óleo durante o processo de refinação é submetido a diferentes temperaturas, o processo de oxidação é acelerado, verificando-se a ocorrência de reacções de oxipolimerização e decomposição termo-oxidativa. Sendo assim, as modificações e alterações dos óleos podem ser classificadas em(Hellín& Rueda, 1984 citado por Reda & Carneiro, 2007):

(a) *auto-oxidação*: oxidação que ocorre a temperaturas abaixo de 100°C;(b) *polimerização térmica*: oxidação que ocorre na ausência de oxigénio a temperaturasque variam entre 200-300°C;(c) *oxidação térmica*: oxidação que ocorre na presença de oxigénio a altas temperaturas (oxipolimerização);(d) *modificações físicas*: modificações que ocorrem naspropriedades físicas;(e) *modificações químicas*, que podem ser de três tipos: *hidrólise dos triacilgliceridos*: resulta na libertação de ácidos gordos, glicerina, mono e diacilglicerídeos; *oxidação*: ocorre nos ácidos gordos com ligações duplas *epolimerização*: extensa condensação de monómeros de ácidos gordos polinsaturados a altas temperaturas por períodos prolongados.

É comum, quando o óleo é submetido a temperaturas elevadas o aumento excessivodo teor de ácidos gordos livres no óleo, isto porque altas temperaturas podem gerar uma série de reacções de degradação dos triacilglicerídeos por transformações das ligações duplas, ou dos grupos éster. No caso do grupo éster, o contacto dos triacilglicerídeos com água em altas temperaturas leva ao processo chamado de hidrólise (Figura 7), que gera diacilglicerídeos,

monoacilglicerídeos, glicerol, e grandes quantidades de ácidos gordos livres, aumentando a acidez do meio.

Estes, conseqüentemente, destilar-se-ão com as substâncias odoríferas e gordurosas presentes no óleo, afectando a qualidade do óleo.

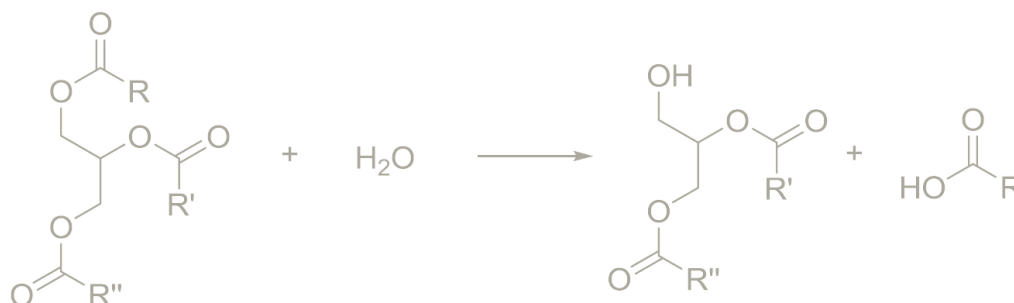


FIG. 7: Hidrólise parcial do triacilglicerídeo, formandouma molécula de diacilglicerídeo e uma de ácido carboxílico. (R, R', R''- iguais ou diferentes).

Fonte: Rafael, 2013

- Pressão:

Na destilação do óleo de soja, o controle da pressão absoluta é bastante importante, pois o aumento da pressão possibilita a ocorrência de hidrólise. A pressão absoluta é medida em relação ao vácuo absoluto. É equivalente à soma da pressão medida com um manómetro (pressão relativa) mais a pressão atmosférica. Esta última é a pressão exercida pela atmosfera terrestre, medida em um barómetro. Ao nível do mar, a pressão atmosférica é aproximadamente 760 mmHg (1atm). Por sua vez, a pressão relativa é medida em relação à pressão atmosférica.

Pressões absolutas e temperaturas mais baixas são necessárias para a desodorização de substâncias gordurosas. A redução da pressão absoluta para 3-6mmHg é necessária para elevados volumes de vapor produzidos durante a destilação, pois evita que ocorra a degradação de algumas substâncias presentes no óleo.



b) Pressão e vácuo

O vácuo ocorre, quando a pressão de um determinado meio é menor que a pressão externa a ele (geralmente a pressão externa é a atmosférica, ou seja, 760mmHg).

A aplicação do vácuo na destilação fraccionada possibilita o uso de menos energia, pois a evaporação ocorre a temperaturas mais baixas (Menezes, 2009). Entretanto, a maior vantagem está no facto de que o produto a ser purificado por destilação não sofre decomposição térmica. Principalmente em líquidos de pontos de ebulição muito altos (200°C ou mais) verifica-se o perigo de se quebrar as ligações intramoleculares antes de se romper as ligações intermoleculares, podendo ocorrer uma mudança indesejável na estrutura química do produto devido à decomposição da substância antes da sua ebulição. Assim, aplicar uma pressão reduzida leva então a condições mais suaves e possibilita a purificação por destilação sem danificar os componentes presentes na mistura que se pretende purificar (Isenman, n. d.).

O vácuo pode ser classificado em função a pressão na câmara (de vácuo) e pode apresentar algumas variações (Isenmann, n.d):

- Vácuo grosso: 0,1 a 100 kPa (1 a 760 mmHg)
- Vácuo fino: 10⁻⁴ a 10⁻¹ kPa (0,001 a 1 mmHg)
- Vácuo alto: < 10⁻⁴kPa (<10⁻³ mmHg)

Na desodorização do óleo de soja ocorre a remoção de peróxidos, ácidos gordos livres e agro-tóxicos a partir da insuflação directa de vapor de água entre 220 à 260° C e pré-vácuo entre 2 à 8 mmHg (Menezes, 2009).

c) Pressão de vapor, pressão e temperatura

Pressão de vapor de um líquido a uma dada temperatura é a pressão na situação de equilíbrio (quando o número de moléculas que deixam o líquido é igual ao das que retornam), exercida pelas moléculas que passam através da superfície livre (Venâncio, n.d). Diz-se que um líquido entra em ebulição quando a sua pressão de vapor é igual à pressão ambiente (760 mmHg). Os líquidos com

pressões de vapor elevadas entram em ebulição a temperaturas mais baixas (para uma dada pressão total). Temperatura de ebulição é aquela na qual, a uma determinada pressão, uma substância muda do estado líquido para o estado de vapor (Venâncio, n.d).

A pressão de vapor de uma mistura depende da composição da mistura. Como, a uma mesma temperatura, as composições do líquido e do vapor são diferentes, num diagrama $X=X(T)$ (Figura 8) teremos duas curvas, uma denominada isobária de orvalho (curva de Dewpoint), e outra isobária de ebulição (curva de Bubblepoint). Nas condições físicas abaixo da isobária de ebulição tem-se o estado líquido; acima da isobária de orvalho tem-se o estado de vapor e, entre as duas isobárias, tem-se o equilíbrio líquido-vapor, como mostra o gráfico abaixo (Brito, 2010):

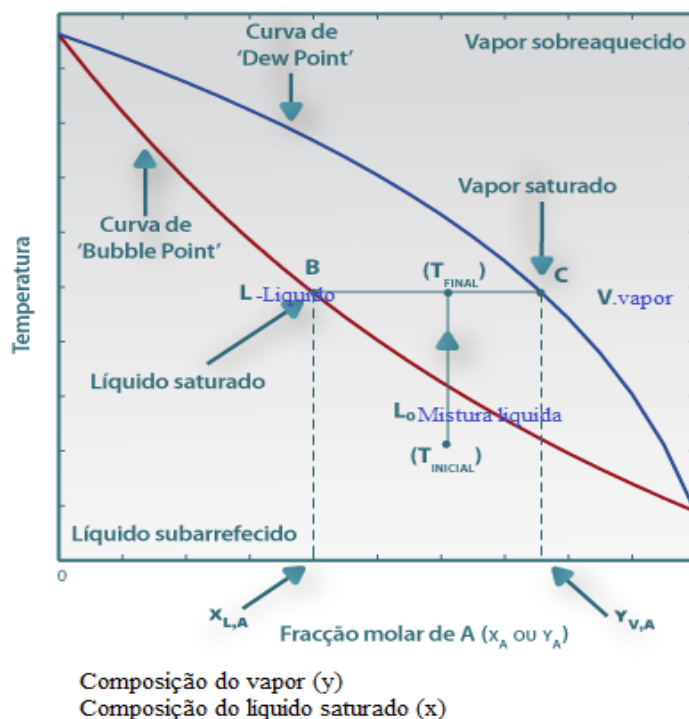


FIG. 8: Diagrama da representação da Temperatura (T) de bolha (bubblepoint) ou de condensação (dewpoint) em função da composição do vapor (y) ou do líquido saturado (x) a essa mesma temperatura, a pressão constante.

Fonte: Venâncio, n.d.

A temperatura à qual uma determinada mistura líquida apresenta a formação da primeira bolha de vapor é denominada *Temperatura de ponto de bolha* e a temperatura à qual uma determinada mistura gasosa apresenta a formação da

primeira gota de líquido é denominada *Temperatura de ponto orvalho*(Venâncio, n.d).

É importante o conhecimento de todas estas temperaturas e pressões quando se pretende realizar a destilação de uma mistura, de modo a aplicar as mesmas correctamente.

d) *Temperatura e tempo de retenção*

Durante o processo de desodorização, temperaturas elevadas e tempo de retenção prolongado são considerados os principais factores que condicionam a formação de ácidos gordos *trans* no óleo refinado. A formação de isómeros *trans* durante a desodorização começa a ter um aumento significativo quando o processo atinge temperaturas de 220-240°C e aumenta quase exponencialmente a partir de 240°C. Porém, um tempo de retenção prolongado depende do sistema de desodorização utilizado. Em sistemas descontínuos, um tempo de retenção adequado para minimizar a formação de isómero*trans* varia entre 3 à 8h, entretanto em sistemas contínuos e semi-contínuos este tempo varia entre 15 à 120 min, dependendo da temperatura e pressão nos quais o processo ocorre (O'Brien, 2004). O controlo do tempo de retenção é essencial de modo a reduzir ou evitar o aumento de ácidos gordos *trans*. O consumo de óleo comestível com elevados teores de ácidos gordos *trans* aumenta o nível de doenças cardiovasculares.



Capítulo III: DESCRIÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO

3.1. Empresa Grupo Maêva

3.1.1. Historial



O grupo Maêva é um importante produtor local de óleos vegetais de alta qualidade e sabonetes naturais. Possui sede em Maputo, estando em Moçambique desde 1998. Tem duas refinarias de óleos vegetais (soja, palma e girassol) na Matola, com capacidade total de 550 toneladas por dia, duas fábricas de produção de óleo de coco na província de Inhambane e uma fábrica de sabão em Maputo. No total, a Maêva é composta pelas seguintes unidades de negócios:



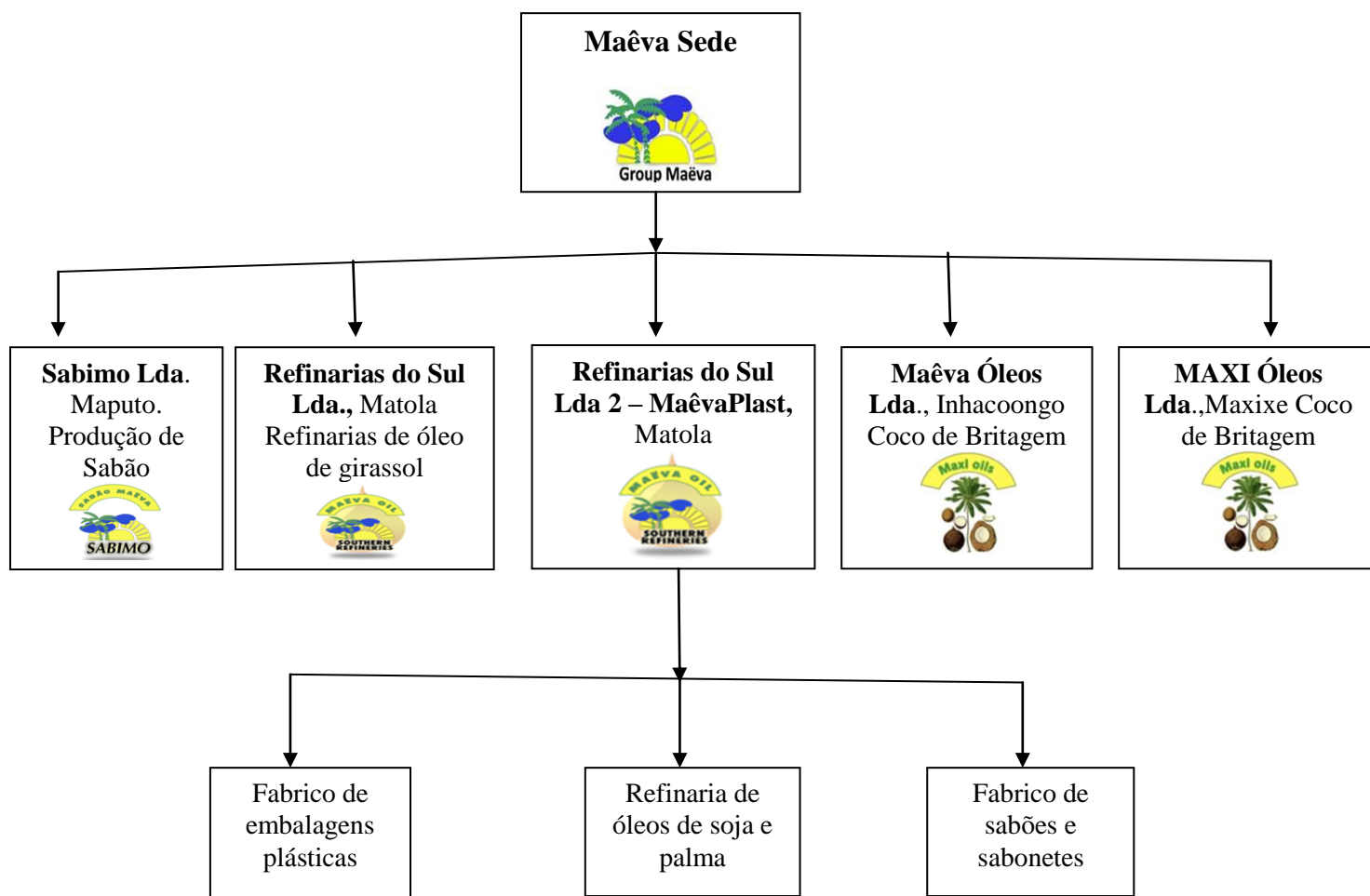
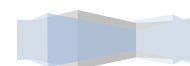


Fig. 9: Fábrica Maêva e as suas respectivas unidades, destacando-se o caso em estudo.

Fonte: Rafael, 2013

O grupo Maêva produz e comercializa óleos vegetais e sabonetes 100% naturais, à base de ingredientes vegetais.

- I. Óleo de girassol
- II. Óleo de soja
- III. Mistura 100% puro de óleo vegetal
- IV. Azeite virgem Extra (apenas comercializa)
- V. Sabão com óleo 100% vegetal
- VI. Óleos vegetais industriais:
 - a. Óleo de Copra bruto
 - b. Óleo de Copra refinado



- c. Óleo de palma refinado (desodorizado e branqueado)
- d. Oleína de palma
- e. Óleo de soja bruto
- f. Óleo de soja refinado
- VII. SFAD (destilado de ácidos gordos de soja)
- VIII. PFAD (destilado de ácidos gordos de palma)
- IX. Alimentação animal:
 - a. Bolo de refeições de copra

3.2.Southern Refineries Lda 2 –MaêvaPlastMatola

A MaêvaPlast é uma das unidades de produção do Grupo Maêva que se localiza na Matola, ao longo da EN4, e dedica- se às seguintes actividades:

- Refinação dos óleos de soja e palma;
- Produção de PFAD;
- Produção de SFA;
- Fabricação do sabão;
- Fabricação de embalagens plásticas (garrafas PET e latas jerry de 5, 20 e 25 Litros) com capacidade de 360 mil garrafas e galões por dia;
- Enchimento e distribuição do óleo refinado;
- Comercialização de óleo bruto de soja, palma e coco.



Fig. 10: Imagem da MaêvaPlast Matola Lda.

Fonte: Rafael, 2013

Esta fábrica apresenta 12 sectores de trabalho, nomeadamente: Recursos Humanos, Contabilidade, Enchimento, Produção de embalagens, Electricidade, Pintura, Serralharia, Planta de óleo, Planta de sabão, Torneiro, Limpeza e Armazém.

É constituída por 210 trabalhadores, desempenhando funções distintas nos diferentes sectores.

O presente estudo realizou-se no sector industrial de produção de óleo (planta de óleo), no laboratório de análises de qualidade do óleo e no laboratório de controlo automático do processo de refinação de óleo, num período de 3 meses.

A planta de óleo é constituída por um laboratório de controlo automático, laboratório de análises de óleo e por máquinas apropriadas para a refinação de óleo (tanques de óleo, caixa colectora de óleo, coluna de destilação, entre outros).

No laboratório de análise de óleos são realizados testes diversificados (IAGL, C, índice de saponificação, índice de iodo, quantidade de sabão-ppm, entre outros).Entretanto, as análises mais importantes são o IAGL e C. Estes testes são feitos diariamente, num intervalo de 2 à 3h durante todo o processo de refinação.

Todo o processo de refinação do óleo é controlado de maneira automática a partir do laboratório de controlo de qualidade e através de sensores e alarmes de temperatura, pressão e vácuo, nomeadamente:

- LICA- Indicador de nível do fluxo e alarme de controlo
- TIC- Indicador de temperatura e alarme de controlo
- PIC- Indicador de pressão e alarme de controlo
- Vácuo indicador e alarme de controlo (Digital Torr meter)

Estes alarmes estão distribuídos em todos os pontos específicos onde ocorre a refinação, de modo a emitir sinal de alerta quando um dos parâmetros (temperatura e pressão) se encontra fora do controlo.





Fig.11: Exemplos de instrumentos de medição usados na fábrica Maêva. Válvula (à esquerda) e medidores de pressão e fluxo (à direita).

Fonte: Fábrica Maêva, 2013.

3.2.1. Refinação de óleos na MaêvaPlastLda

A MaêvaPlast foi criada em Junho de 2008, numa primeira fase para fabricar garrafas plásticas. No ano de 2011 diversificou a produção, tendo-se expandido para a refinação de óleos. Actualmente é constituída por duas linhas de produção: (i) óleo de palma e de soja e (ii) sabão.

A produção de sabão é feita por reaproveitamento de resíduos da refinação do óleo. Esta linha de produção somente é utilizada em momentos de muita procura no país. Caso contrário, os resíduos correspondentes são exportados para Índia.

O óleo bruto de soja utilizado na Maêva é proveniente da Argentina, USA, Brasil e China. Por sua vez, o óleo bruto de palma é importado da Malásia, China, USA. A Maêva possui diversos tanques de armazenamento, para a refinação posterior ou comercialização do mesmo em forma de óleo bruto.

A capacidade da Maêva de produção do óleo refinado é de 350 toneladas por dia, independentemente do tipo de óleo refinado. A fonte de calor usada pela MaêvaPlast, para todo o processo de refinação é o vapor de água super aquecido, que é produzido através de dois tipos de caldeiras: tubular e de alta pressão; e o combustível usado é o gás natural. Ambas as caldeiras produzem caudais de vapor

com alta pressão e temperatura podendo alcançar 255-280°C. Estes tipos de caldeiras são escolhidos por apresentarem uma série de vantagens, a mencionar:

- Os gases de escape produzidos são menos poluentes, pois ocorre uma combustão completa do gás natural;
- É possível alcançar maior eficiência (90%);
- Económico, visto que usa água como fluido.

3.2.1.1. Refinação de óleo de soja na MaêvaPlastLda

A refinação do óleo bruto de soja tem como foco principal o melhoramento da aparência, odor e sabor, por meio da remoção dos seguintes componentes:

- a) Substâncias coloidais, proteínas, fosfatídeos e produtos da sua decomposição;
- b) Ácidos gordos livres e seus sais, ácidos gordos oxidados, lactonas, acetais e polímeros;
- c) Substâncias coloridas como clorofila, xantofila, carotenóides, incluindo-se neste caso os carotenos ou pro-vitamina A;
- d) Substâncias voláteis como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres de baixo peso molecular;
- e) Substâncias inorgânicas como os sais de cálcio e de outro metal, silicatos, fosfatos, dentre outros minerais e
- f) Humidade.

Assim, as principais etapas da refinação do óleo de soja são:

- **Degomagem**

A indústria MaêvaPlast, no processo de degomagem utiliza o método da introdução do ácido fosfórico (como agente floculante) no óleo aquecido. A quantidade de ácido usado depende do valor dos ácidos gordos obtidos no óleo bruto

O óleo bruto é colocado em quatro reactores (três com capacidade de 40 toneladas e um de 30 toneladas) constituídos por agitador mecânico, serpentinas para vapor, um sistema de chuveiros para a solução de soda cáustica e água.



O ácido é misturado com o óleo bruto à uma temperatura de 55-65°C, num processo em que a agitação dura cerca de 30 à 45 minutos. O tratamento com o ácido permite remover 90% das gomas presentes no óleo. Após o tempo estabelecido, interrompe-se a agitação e põe-se cerca de 300 litros de água tratada fervente para cada reactor, deixa-se a mistura repousar durante 2 horas, em seguida drena-se as gomas por gravidade.

- **Neutralização**

A refinaria da MaêvaPlast aplica o método de adição da solução de soda cáustica de acordo com o conteúdo de ácidos gordos livres presentes no óleo bruto. No caso do óleo com baixa acidez, inicia-se a agitação do óleo a uma rotação baixa, e aquece-se até a temperatura de 75-85°C, adicionando-se novamente 0.5% de ácido fosfórico ou cítrico e quando a temperatura do óleo atingir 75-85°C adiciona-se a soda cáustica. Deixa-se a mistura em repouso durante 3 horas e drena-se o sabão por baixo.

Aos óleos com acidez elevada, adiciona-se a solução de soda cáustica mais concentrada, à temperatura ambiente, sob intensa agitação, para facilitar o contacto entre as duas fases. Depois de 30 minutos, aquece-se a mistura à temperatura de 80°C para quebrar a emulsão, com velocidade do agitador reduzido. Em seguida, adiciona-se o ácido cítrico para a eliminação de traços de sabões, e a mistura é deixada em repouso por 2 horas até à separação do sabão formado no fundo do reactor, sem o uso de centrífugas.

A separação da solução de sabões é efectuada por força de gravidade numa torneira.

- **Lavagem**

Após a remoção do sabão do óleo, adiciona-se a água limpa para lavagem do óleo sem agitação. Deixa-se a mistura em repouso durante 2 horas, agita-se e aquece-se até 90°C. Em seguida interrompe-se com a agitação e o aquecimento. Deixa-se a mistura em repouso por 2 horas e depois drena-se a água de lavagem. Faz-se uma segunda lavagem aquecendo-se o óleo até 95°C e introduzindo-se água quente de lavagem. A mistura é deixada repousar por mais 2 horas e seguidamente a água de lavagem é drenada. Depois da lavagem uma pequena amostra do óleo neutro é colhido e levado para o laboratório para avaliar a quantidade de sabão ainda

existente no óleo (ppm) e a quantidade dos ácidos gordos existentes, se estão de acordo com os padrões aceitáveis.

- **Branqueamento**

A primeira etapa do branqueamento é a secagem, uma vez que o óleo neutro ainda contém muitas substâncias indesejáveis e que podem ser removidas na forma de humidade. A secagem é efectuada em dois tanques ou panelas a vácuo, sendo que na primeira panela, o óleo neutro de soja sofre um pré-aquecimento a seco a uma temperatura de 75°C, num permutador de calor, sendo o fluido quente, o vapor de água altamente aquecido é enviado para um misturador de grande capacidade, para a adição de areia de branqueamento. A mistura do óleo com a areia activada é bombeada de seguida para um tanque de cozimento denominado branqueador, onde é reauecida durante 1 hora até a temperatura de 110-115°C. Depois é bombeada aos filtros prensa de placas, que permite a obtenção de “bolo” (resíduo) de grande espessura. O conteúdo do óleo no bolo de filtro é reduzido ao máximo pela aplicação do ar comprimido. O óleo filtrado é depois bombeado para mais dois filtros de polimento que funcionam em paralelo para a remoção de pequenos traços de impurezas ou da areia de branqueamento que tenham escapado na primeira filtração. Em seguida, retira-se através de uma torneira, uma amostra do óleo branqueado para o laboratório para se efectuarem os testes do IAGL e da C. Após a confirmação dos resultados dos testes laboratoriais, o óleo prossegue para o a desodorização, ou pode retornar ao branqueamento, mas desta vez com algumas mudanças de temperatura e pressão empregue no processo.

- **Desodorização**

Desodorização é a última etapa da refinação do óleo de soja na indústria MaêvaPlast. Esta etapa visa eliminar substâncias que provocam odores ou sabores indesejáveis ao óleo, que surgem geralmente quando é aquecido ao decorrer da refinação.

A desodorização baseia-se na *destilação fraccionada*, em corrente de vapor, no qual as substâncias voláteis se separam do óleo, não-volátil. O processo ocorre através da combinação de alta temperatura com baixa pressão absoluta, o que favorece a

aceleração da destilação, protege o óleo contra a oxidação, impede a hidrólise do óleo pela acção do vapor e diminui a quantidade necessária de vapor.

Processo de destilação fraccionada

Durante essa etapa são removidos:

- a) Ácidos gordos livres (AGL), peróxidos que são instáveis, produtos de oxidação do óleo, e que se transformam em substâncias estáveis que provocam alteração no gosto e odor do óleo;
- b) Cetonas e aldeídos; terpenos, ácidos gordos de baixa massa molecular como o butírico e o caprónico, que condicionam fortes odores além dos pigmentos naturais, cuja eliminação durante a desodorização indica uma relativa eficiência nesta etapa do processo. Junto a este grupo de substâncias, são eliminados também os hidrocarbonetos, esteróis e tocoferóis, cuja presença no óleo não é prejudicial, pelo contrário, já que estes últimos são antioxidantes naturais e um pouco de óleo neutro também é eliminado por arraste.

No geral, a concentração total destes compostos menores citados acima, excluindo os AGL, varia entre 0,02 á 0,2%.

O equipamento usado na indústria Maêva para a destilação fraccionada é uma torre semi-contínua do tipo *Girdler*. O aparelho tem um corpo de aço comum, com 7 pratos de aço inoxidável configurados verticalmente poucos centímetros uns do outros. O vapor de aquecimento é forçado a entrar em cada prato através de tampas de bolhas, e 2 pratos de recolha do material recuperado no fundo da torre de destilação. Nos pratos, o óleo flui da esquerda para a direita, e o que estiver em excesso passa para o prato de baixo fluindo da direita para esquerda. A diferença de pontos de ebulição entre os constituintes do óleo, torna possível a separação através da vaporização e imediato arrefecimento (de forma a condensar os constituintes evaporados) para a sua forma líquida e pura, fluindo para o fundo da torre. Assim, podemos considerar 5 fases de temperatura mais importantes na refinação:

- **1ª fase:** entrada do óleo branqueado nodesodorizador a 110-115°C.
- **2ª fase:** pré-aquecimento do óleo até cerca de 220°C.



- **3ª fase:** aquecimento máximo do óleo até 260°C, com vapor de alta pressão. Esta é a temperatura na qual os constituintes mais voláteis passam para a fase de vapor.
- **5ª fase:** pré-arrefecimento do óleo até 135°C e a saída do óleo desodorizado. Nesta fase, o óleo é misturado com o ácido cítrico, que actua como agente sequestrante de metais como sódio, ferro, cobre, retardando a auto- oxidação do óleo desodorizado durante o tempo de conservação.
- **6ª fase:** arrefecimento máximo do material evaporado para ser condensado e transformado em destilado entre 40°C-60°C.

O emprego das bandejas oferece duas vantagens importantes: economia de aço inoxidável e protecção contra oxidação. Outra vantagem adicional é que o ar oriundo de qualquer vazamento escapa sem atingir o óleo, pois ácidos gordos insaturados (exemplo: ácido linoleico) presentes nos triacilglicerídeos do óleo de soja, em contacto com oxigénio do ar no estado singlete, ou seja, com electrões desemparelhados e de mais alta energia, perdem um dos hidrogénios entre as duas ligações duplas, dando origem a um radical livre bis-alfílico, estabilizado por ressonância como mostra a Figura 12. Posteriormente, ocorre a combinação dos dois radicais gerados, formando-se um hidroperóxido (Equação 2, Figura 12). Nesta etapa, ocorre a conjugação e a isomerização das ligações duplas. O hidroperóxido é instável, por isso se decompõe por clivagem da ligação O-O (caminho A, decomposição homolítica) ou da ligação C-H (caminho B, oxidação induzida da cadeia). Esta decomposição origina diversos compostos, como novos peróxidos, cetonas, aldeídos, éteres e álcoois, ou, através da oxidação induzida da cadeia, esta pode ser clivada com a formação de compostos com menor número de átomos de carbonos.



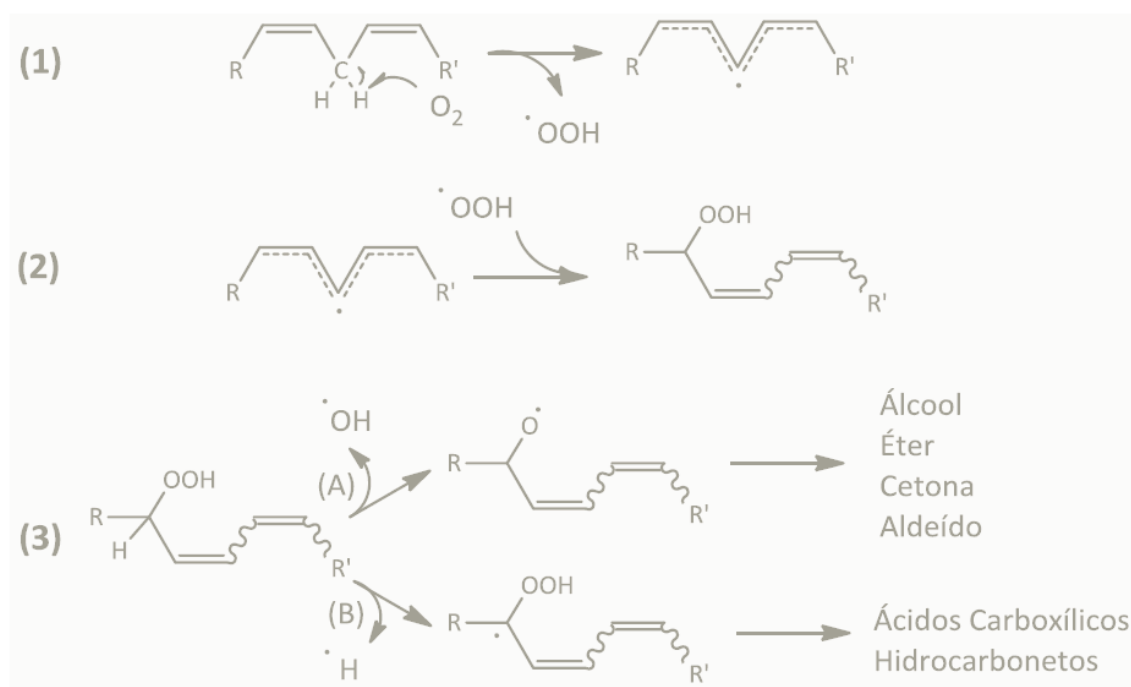
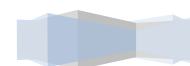


FIG. 12: Equações das reacções do óleo aquecido na presença do oxigénio do ar: (1) formação de radicais estabilizados por ressonância; (2) formação de hidroperóxidos; (3) decomposição homolítica (A) e oxidação induzida da cadeia (B).

Fonte: Carneiro & Reda, 2007

O tempo de retenção total do óleo de soja durante a desodorização é de 2 à 3 horas. O óleo após sair do desodorizador passa em paralelo por dois filtros de polimento, e depois é arrefecido num permutador de calor de casco e tubos (PCCT). Este usa água como fluido frio seguido de mais dois permutadores de placas sendo o primeiro de óleo/óleo bruto e o último de óleo/água fria. Por fim o óleo já arrefecido (até cerca de 26°C) passa em paralelo por mais dois filtros de polimento. Nos filtros, o óleo desodorizado torna-se quase isento de todas as impurezas que afectam na qualidade final do óleo. Sendo assim, é retirada uma amostra de óleo desodorizado e polido para o laboratório, para se efectuarem testes de controlo de qualidade, tais como: índice de acidez, coloração, e o ponto de fusão, entre outros. Se os testes laboratoriais confirmarem que o óleo apresenta resultados aceitáveis de acordo com os padrões pré-estabelecidos pela fábrica, o óleo é considerado comestível e é enviado de imediato para tanques de armazenamento para o posterior enchimento ou desengorduração.



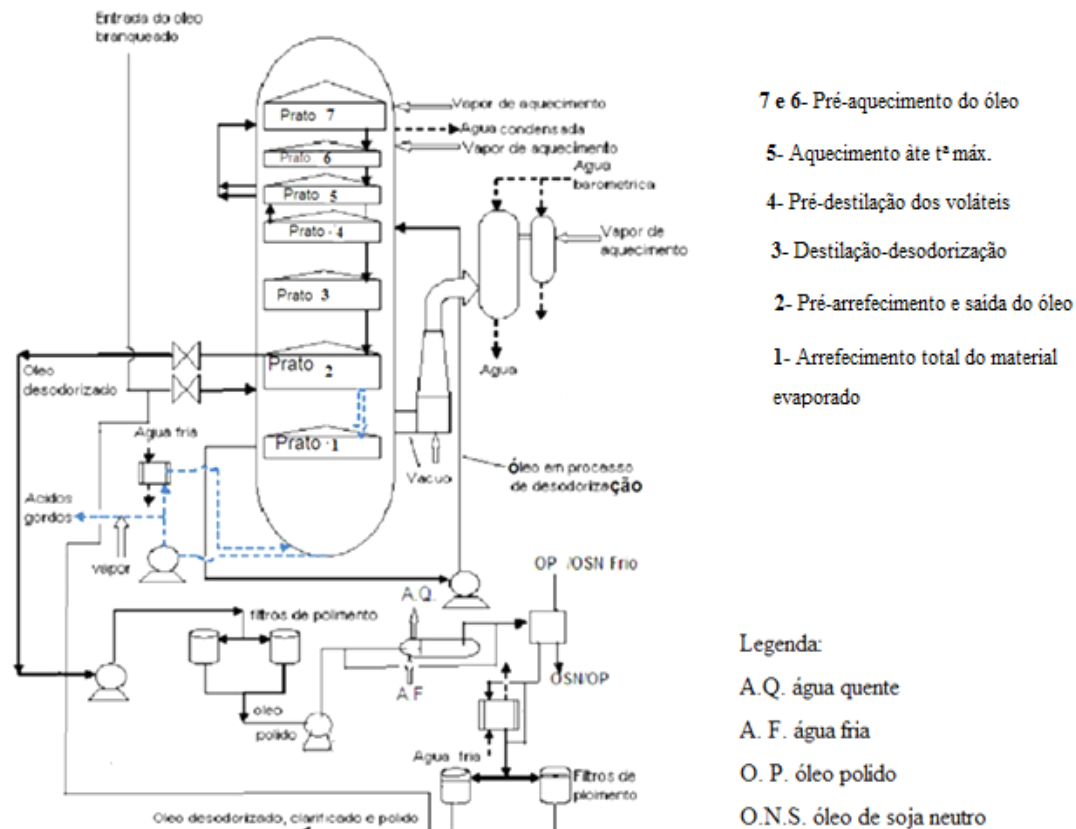


FIG. 13: Fluxograma de destilação fraccionada no processo de desodorização.

Fonte: Empresa Maêva, 2013.

3.3. Determinação dos parâmetros qualitativos no processo de desodorização do óleo de soja

Para controlo qualitativo do óleo de soja refinado produzido na Southern Refineries Lda.2, após o processo de desodorização, são determinados os seguintes parâmetros: índice de ácidos gordos livres (IAGL), coloração (C), ponto de fusão (teste de frio) e humidade. Estes parâmetros, servem para identificação e avaliação da qualidade de maioria dos óleos, sendo o índice de acidez e a coloração considerados os parâmetros mais importantes.

a) Índice de ácidos gordos livres.

É o percentual em ácidos gordos livres expressos em ácido oléico. A presença de ácidos gordos livres no óleo é uma indicação da actividade lipásica distinta da

oxidação. Os óleos sofrem hidrólise na presença de ácidos ou bases, ou pela acção de enzimas denominadas lipases. A hidrólise dos óleos no meio básico produz a mistura de sabões e gliceróis. Sendo assim, para reduzir o teor de ácidos gordos livres nos óleos, deve-se usar alguns neutralizantes tais como a soda cáustica. A determinação do índice dos ácidos gordos livres pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos gordos livres. A Tabela 2 mostra os valores limites para o IAGL presentes no óleo de soja branqueado e desodorizado.

Tabela 2: Valores limites pré-estabelecidos para os AGL contidos em amostras de óleo de soja.

Nome do material	Peso da amostra (g)	Solução padrão de NaOH	Limites máximos pré-estabelecido
Todos os tipos de óleo em processo de neutralização e branqueamento	5,0- Óleo palma 10,0- Óleo de soja	0,1N	0,1- 0,2%
Todos os óleos em processo de desodorização	25,0- Óleo de palma 20,0- Óleo de soja	0,1N	0,01- 0,03%

Fonte: Laboratório de controlo de qualidade, Maêva.

b) Determinação da coloração

É o Índice de unidades vermelhas e amarelas, medidas na escala Lovibond, através de equipamento AF 710 ou outros Lovibond que forneçam o mesmo resultado.

Os óleos possuem elementos naturais que são responsáveis pela cor (carotenos e flavonóides), e as principais substâncias que caracterizam essa coloração são: carotenóides e β -carotenos.



A eliminação da cor indesejada geralmente inicia na fase de branqueamento (através de terras clarificante), e a sua determinação é feita mediante a utilização de um aparelho denominado Lovibond.

Tabela 3: Valores máximos pré-estabelecidos para as cores presentes no óleo de soja durante o processo de refinação.

Óleo branqueado	Óleo desodorizado
(1'')*	(5 ¼ '')*
50 A	15 A
5,0 V	1,5 V
_____	C < 12

Fonte: Laboratório de controlo de qualidade, Maêva.

Legenda:

(*)- Tipo de célula usada durante a análise.

A- Amarelo; V- Vermelho; C- Coloração



Capítulo IV: PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Amostras de óleo de soja

As amostras de óleo utilizadas neste trabalho foram fornecidas pela Empresa **MaêvaPlast**, MatolaLda 2 e foram analisadas no laboratório do controlo de qualidade da mesma empresa. As amostras de óleo analisadas são:

- ✓ Óleo de soja branqueado;
- ✓ Óleo de soja desodorizado.

Foram realizados dois (2) testes qualitativos às amostras de óleo de soja. Primeiramente, os testes foram realizados em amostras de óleo branqueado, e mais tarde em amostras de óleo desodorizado.

4.2. Descrição de materiais e testes qualitativos realizados

a) Índice de ácidos gordos livres

A determinação de ácidos gordos livres foi feita de acordo com as normas *IS: 548 (part1) AOCS Cd- 63, PORIM TestMethods*. O índice de ácidos gordos presentes no óleo é determinado pela titulação directa da amostra do óleo em álcool etílico ou spirit com uma solução de NaOH ou KOH. Os ácidos gordos livres são calculados em forma de ácido oléico no óleo de soja.

Materiais e equipamentos usados

Balança analítica, erlenmeyer de 125 ml, proveta de 50 ml, bureta de 25 ml, pipeta, placa de aquecimento.

Reagentes

- ✓ Álcool etílico 99% (por volume) ou spirit (de acordo com *IS: 323- 1959 specification for rectified spirit- revised*) misturado com algumas gotas de fenolftaleína.

- ✓ Solução de indicador de fenolftaleína: dissolveu-se 1g de fenolftaleína em 100mL de álcool etílico.
- ✓ Solução de NaOH 0,1N.

Procedimentos:

1. Encheu-se a bureta com a solução alcalina de NaOH a 0,1N;
2. Mediu-se 50mL de álcool etílico (este álcool também pode ser substituído pelo spirit) numa proveta, colocou-se num erlenmeyer e em seguida adicionou-se 1-2 gotas de fenolftaleína

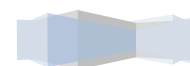


FIG. 14: Frasco de erlenmeyer contendo álcool etílico e gotas do indicador.

3. Agitou-se a mistura de forma a homogeneizá-la e titulou-se a solução obtida com o NaOH até aparecer uma cor violeta pálida.



FIG.15: Aparecimento da cor violeta pálida após a titulação com NaOH.



4. Em seguida, adicionou-se no mesmo erlenmeyer, aproximadamente 20g e 10g de amostras de óleos de soja desodorizado e branqueado, respectivamente, para a análise;



Fig. 16: Pesagem da amostra de óleo a ser analisado.

5. Aqueceu-se a mistura numa placa de aquecimento até o aparecimento de bolhas e adicionou-se novamente 1-2 gotas de fenofaleína, seguido de uma agitação contínua.



FIG. 17: Aquecimento do óleo após a pesagem.

6. Titulou-se a mistura contendo óleo aquecido, com a solução de NaOH a 0,1N até o reaparecimento da cor violeta pálida.

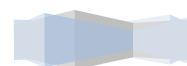




FIG. 18: Reaparecimento da cor violeta pálida após a titulação do óleo com NaOH

7. Registou-se o peso da amostra, o volume inicial e final de NaOH gasto durante a titulação e efectuou-se o cálculo para a determinação do Índice de ácidos gordos livres (IAGL), em termos de ácido oléico, usando a seguinte fórmula:

$$\text{IAGL} = \frac{28,2 \times N \times V}{P} \quad (1)$$

onde:

V- volume da solução padrão de NaOH usado (diferença entre volumes de NaOH na bureta, depois da titulação e antes) (mL);

N- normalidade da solução padrão de NaOH (0,1N)

P- peso da amostra de óleo que se pretende analisar (g)

A constante representa o factor de conversão de unidades para a massa molar do ácido oléico ($M_{\text{ácido oleico}} = 282 \text{ g/mol}$).

b) Coloração

O teste de coloração foi realizado conforme as normas *AOCS (1993), Método Cc 13e-92*, pelo método espectrofotométrico. Este método determina a cor de diferentes óleos a partir da aplicação de células de vidro de Lovibond; determina valores característicos das cores presentes no óleo. A cor é expressa como a soma total da cor amarela e riscas de cor vermelha usadas para obter a coloração do óleo numa célula de tamanho específico num tintometro Lovibond.

Materiais e equipamentos usados:

- ✓ Tintometro de Lovibond ou colorímetro;
- ✓ Células de vidro: geralmente as células de Lovibond empregues na análise de diferentes óleos no laboratório são designadas $\frac{1}{2}$ ", 1" e $5 \frac{1}{4}$ " estas apresentam 2, 5 e 10 cm respectivamente.
- ✓ Papel de filtro: usado para remover as impurezas contidas na parte externa da célula de vidro e para limpar os últimos traços de humidade presentes na célula.

Reagentes

- ✓ Acetona ou tetracloreto de carbono: aplicadas na lavagem das células de vidro após a análise.

Procedimentos

1. Lavou-se a célula com tetracloreto de carbono ou acetona, e depois com o óleo que se pretende analisar, de modo a retirar todas as impurezas e traços de humidade;

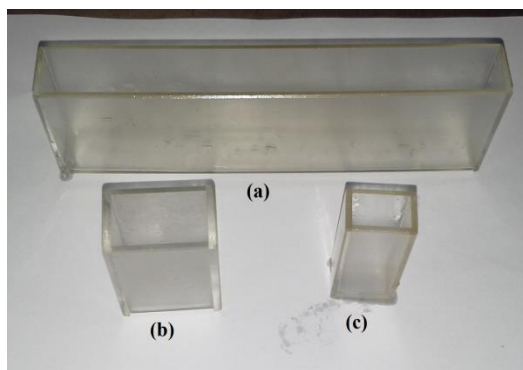


FIG. 19: Células de vidro usadas na análise da coloração do óleo.

(a) Célula $5 \frac{1}{4}$ ”;

(b) Célula 1”;

(c) Célula $\frac{1}{2}$ ”.

(”) - polegada.

2. Colocou-se o óleo que se pretende analisar na célula (não se pegou as laterais de leitura, pois haveria interferência na obtenção dos resultados);

3. Ligou-se o aparelho de leitura (Lovibond) e colocou-se cuidadosamente a célula;



FIG. 20: Imagem do aparelho de Lovibond, usado na leitura da coloração do óleo de soja.

4. Efectuou-se a leitura dos valores obtidos;
5. Repetiu-se os procedimentos 1-4 mais duas vezes, tendo havido o cuidado de lavar a célula com tetracloreto de carbono ou acetona, e com o óleo que se pretendia analisar);
6. Comparou-se os valores obtidos nas três análises. O menor valor foi usado na fórmula abaixo para o cálculo da coloração.

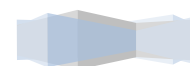
$$C = A + 5 \cdot V \quad (2)$$

onde:

C- coloração de óleo

A- Cor amarela

V- Cor vermelha



Capítulo V: RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Índice de ácidos gordos livres

O índice de ácidos gordos livres está intimamente relacionado com a qualidade da matéria-prima, o grau de pureza do óleo e com o controlo adequado dos parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção do óleo durante todas as etapas do processamento de refinação (Moretto&Fett, 1998 citado por Buczenko, 2002). A percentagem do IAGL é utilizada como indicador de qualidade durante o processamento de óleos. O óleo bruto geralmente apresenta elevada percentagem de IAGL devido aos danos qualitativos ocorridos no campo de produção ou durante o armazenamento (O'Brien, 2004).Entretanto, no decurso do processo de refinação até à etapa final de desodorização, a percentagem de IAGL é reduzida até abaixo de 0,03%. É importante controlar o nível de AGL durante todo o processamento de óleos, principalmente na fase final, pois elevados IAGL revela problemas relacionados com o controlo não adequado da temperatura e pressão e problemas potenciais para os quais podem ser iniciadas acções correctivas.

As Figuras 21-23 mostram que o nível do IAGL tanto no óleo branqueado quanto no óleo desodorizado apresentam variações durante a sua análise em períodos diferentes no decorrer do processo.

Na Figura 21, observa-se que os valores obtidos durante o branqueamento e desodorização do óleo de soja são satisfatórios, pois encontram-se dentro dos limites definidos (Tabela 2, página 35). Isto significa que os parâmetros temperatura e pressão apresentaram variações insignificantes que não influenciaram no aumento do IAGL durante o processo.



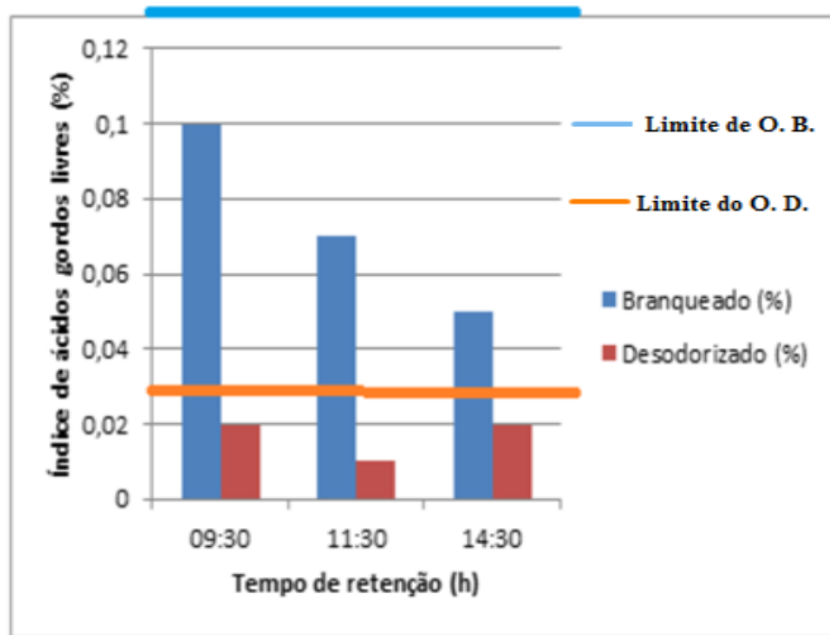


FIG. 21: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela A, do Anexo B, referente ao dia 01/09/13.

Na Figura 22 observa-se que as amostras de óleo branqueado apresentaram valores de IAGL aceitáveis, dentro dos limites (Tabela 2, Página 35). Entretanto, as amostras de óleo desodorizado quando analisadas às 8h, o IAGL apresentou um valor de 0,04%, acima do limite definido (0,03%). Isto deveu-se à elevação da temperatura causada pela manutenção de uma pressão negativa no interior da torre de destilação provocando um aumento nas temperaturas recomendadas. Com o decorrer do processamento, a temperatura foi ajustada e os IAGL reduziram significativamente até 0,01%. Porém, às 16h ocorreu novamente outro aumento na temperatura observando-se um aumento do IAGL.



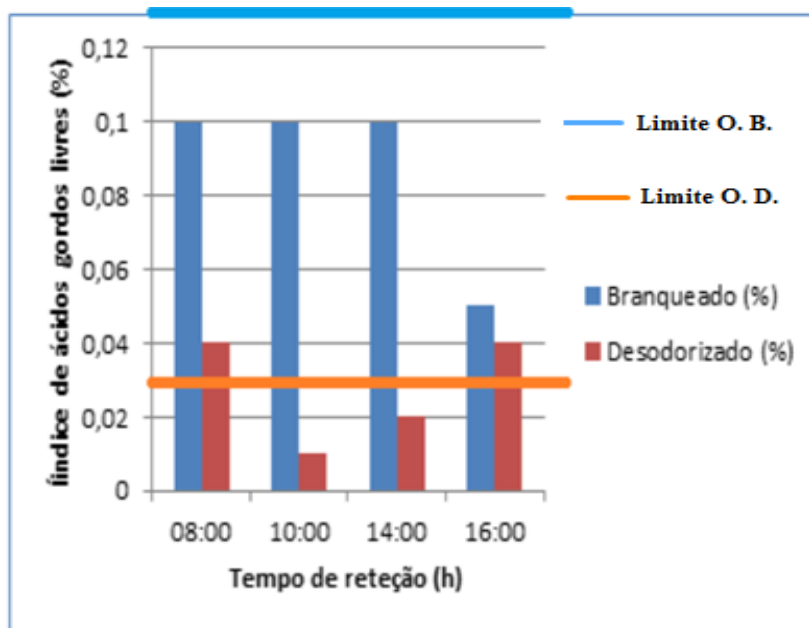
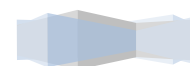


FIG. 22: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela B, do Anexo B, referente ao dia 08/10/13.

Na Figura 23, no intervalo das 11-15h observa-se valor elevado acima do padrão definido (Tabela 2, página 35) para a amostra do óleo branqueado, enquanto que às 9h e 11h observa-se o mesmo para amostras de óleo desodorizado. A elevação do IAGL deveu-se à queda da temperatura e pressão devido ao corte de energia que ocorreu na fábrica. Entretanto após o retorno de energia o processo de refinação foi estabilizado novamente.

O corte de energia pode influenciar negativamente no processo de desodorização, pois a falta de energia ocasionará a redução da temperatura. O óleo quando exposto a temperaturas abaixo de 100°C pode sofrer o fenómeno de auto-oxidação.



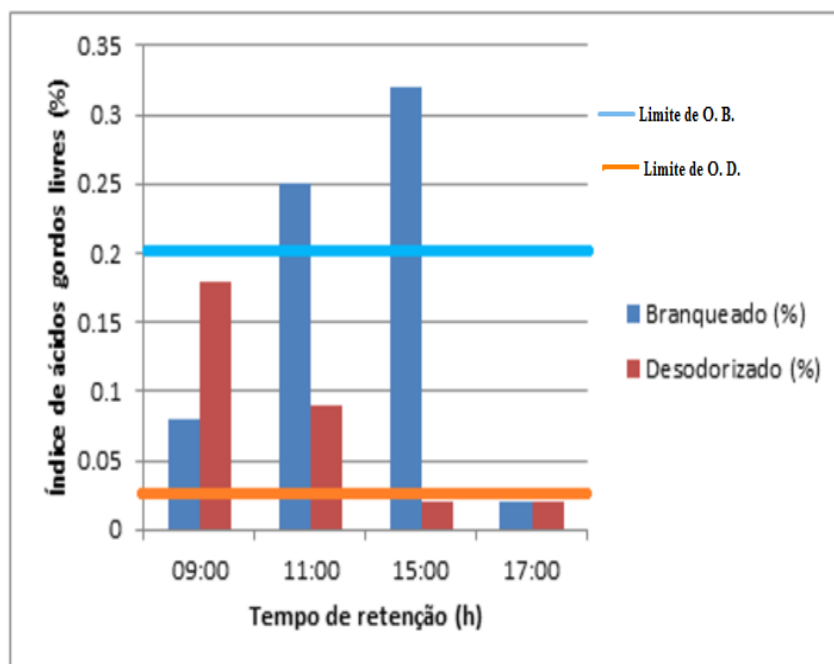


FIG.23: Gráfico de IAGL construído com os dados da Tabela C, do Anexo B, referente ao dia 14/11/13.

5.2. Teste de coloração

A cor e aparência de óleos não devem ser controlados somente devido ao carácter visual, mas também porque estão directamente relacionados com custo de processamento e qualidade do produto final. Geralmente os óleos comestíveis apresentam coloração vermelho-amarelada sendo consequência da presença de carotenóides e carotenos. Todavia, alguns óleos brutos podem apresentar pigmentação relativamente alta em decorrência de danos na matéria-prima no campo, armazenamento ou falhas durante o processo de refinação (O'Brien, 2004). Portanto alterações na cor indicam deterioração qualitativa do óleo.

Durante a desodorização do óleo de soja, a coloração e aparência são indicativos de possíveis problemas, como oxidação, controlo incorrecto da temperatura e pressão, falhas ocorridas nas etapas anteriores à desodorização e retenção do óleo no desodorizador por períodos prolongados.

Tempos de retenção do óleo no desodorizador por 2h ou 3h em temperaturas adequadas ajudam a melhorar a cor pela destruição de certos pigmentos termosensíveis (sensíveis a

temperaturas elevadas) como os caratenóides (amarelo, vermelho) e carotenos (amarelo, vermelho) (Oliveira, 2001).

Na Maêva, o tempo de retenção do óleo no desodorizador varia de 2 à 3h, entretanto o processo ocorre de uma forma contínua.

As Figuras 24-26 ilustram a variação da coloração do óleo de soja nas etapas de branqueamento e desodorização. Para o óleo branqueado (Figura 24), verifica-se um valor constante na cor amarela (70,0), acima dos limites aceitáveis (Tabela 3, página 36). O factor principal por detrás deste valor elevado foi a adição irregular de terra activada no misturador. Entretanto, os valores da cor vermelha variaram de 1,2-1,5 encontrando-se deste modo dentro dos padrões (Tabela 3, página 36).

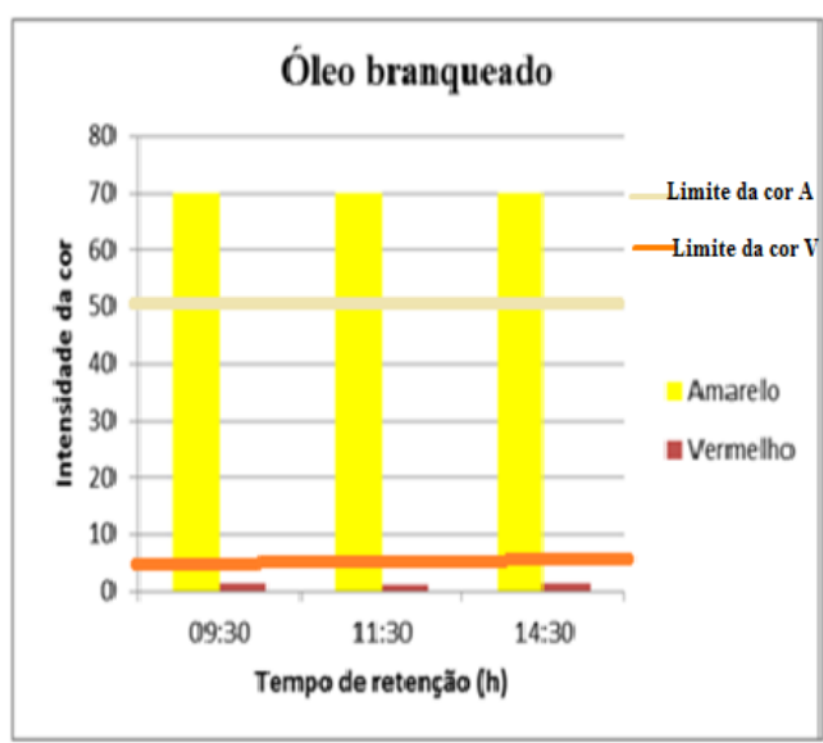
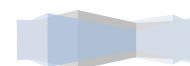


FIG. 24: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente ao dia 02/09/13

As amostras de óleo desodorizado (Figura25) apresentaram valores satisfatórios (Tabela 3, página 36) tanto para a cor amarela quanto para a cor vermelha.



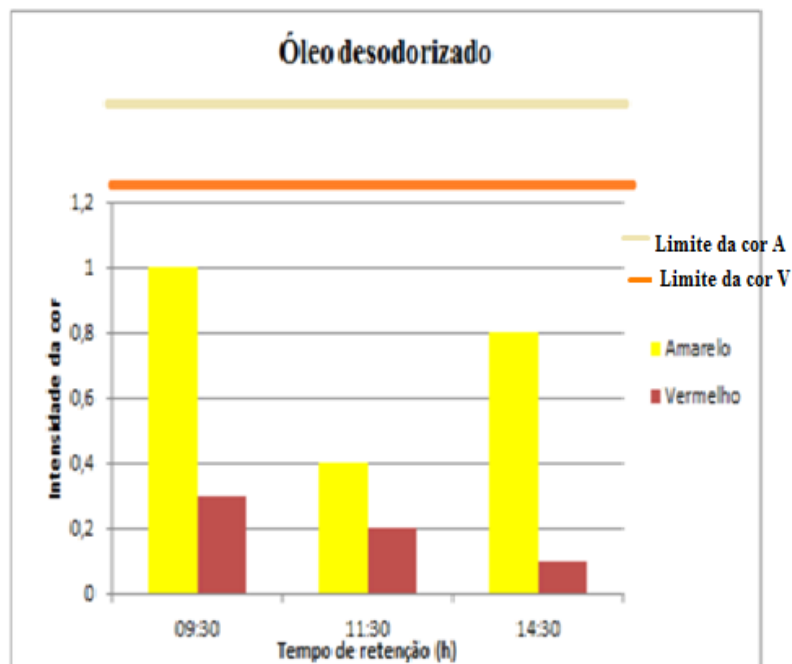
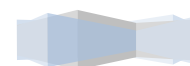


FIG. 25: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente ao dia 02/09/13.

Tanto os valores de coloração obtidos em amostras de óleo branqueado, como os de óleo desodorizado variaram ligeiramente entre si (Figura 26), sendo o pico mais alto do óleo branqueado de 77,5 e 2,5 para o óleo desodorizado. Tanto o óleo branqueado, como o óleo desodorizado apresentaram maior redução da coloração quando o tempo de retenção foi de 2h (09:30-11:30min).



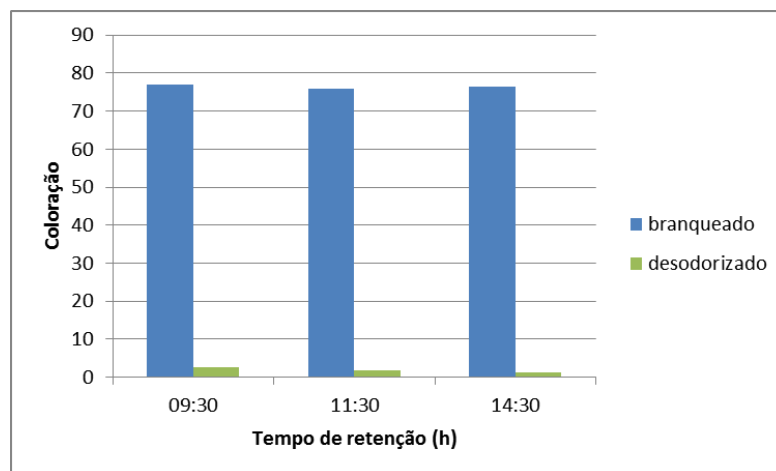


FIG.26: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela D, do Anexo B, referente ao dia 02/09/13.

As Figuras27-29representam a variação da coloração de amostras de óleos de soja no intervalo das 8:00 às 16:00 h, referente ao mês de Outubro. Os valores de coloração obtidos foram satisfatórios tanto em amostras de óleo branqueado, quanto de óleo desodorizado (Tabela 3, página 36).

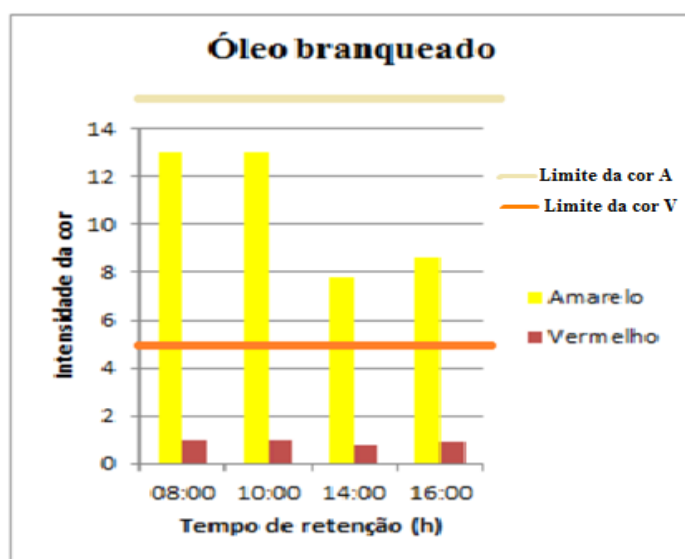


Fig.27: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo B, referente ao dia 08/10/13.



Apesar dos valores de coloração se apresentarem abaixo dos limites padrões (Tabela 3, página 36) nas Figuras 27-29, as amostras de óleo de soja desodorizado, no intervalo das 10:00 às 14:00 apresentaram uma variação de 1,0 à 1,5 correspondente a cor amarela (Figura 28). Isto deveu-se à elevada temperatura e pressão do vapor de aquecimento no desodorizador.

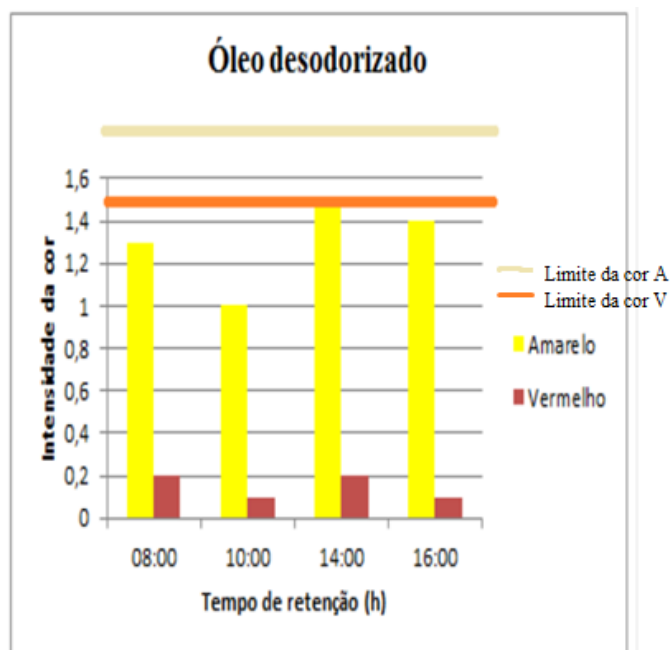
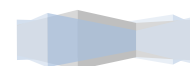


FIG.28: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo B, referente ao dia 08/10/13.

De acordo com a Figura 29, observa-se que amostras de óleo branqueado apresentaram maior redução da coloração quando o tempo de retenção foi de 4h (10:00-14:00 min), enquanto que amostras de óleo desodorizado apresentaram maior redução quando o tempo de retenção foi de 2h (08:10:00min e 14:00-16:00 min) quando se aumentou o tempo de retenção para 4h (10:00-14:00 min) o nível de coloração do óleo desodorizado aumentou devido à exposição do óleo no desodorizador com altas temperaturas por períodos prolongados.



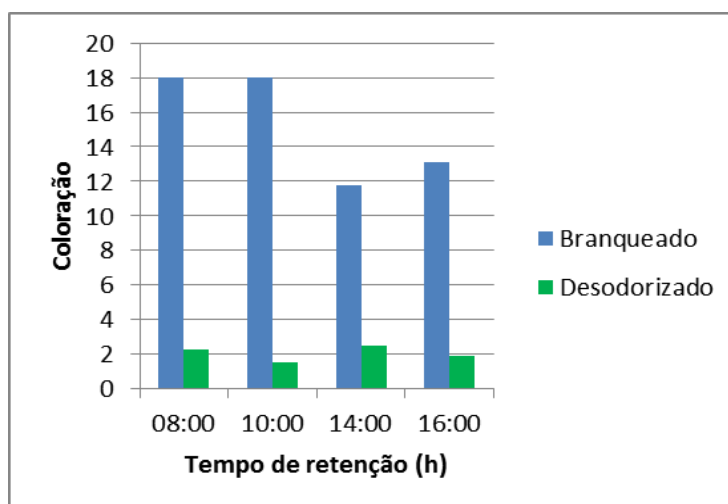


FIG.29: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela E, do Anexo B, referente ao dia 08/10/13.

As Figuras 30-32 demonstram a variação da coloração de amostras de óleo de soja durante o processo de refinação no mês de Novembro. O óleo branqueado (Figura 30) oscila com tendência a aumentar a sua coloração no intervalo das 11:30 às 16:30, devido à mistura do óleo já em processo de branqueamento com óleo proveniente da fase anterior ao processo de branqueamento, porém o aumento não foi muito elevado pois o valor se encontrava dentro dos padrões aceitáveis (Tabela 3, página 36).

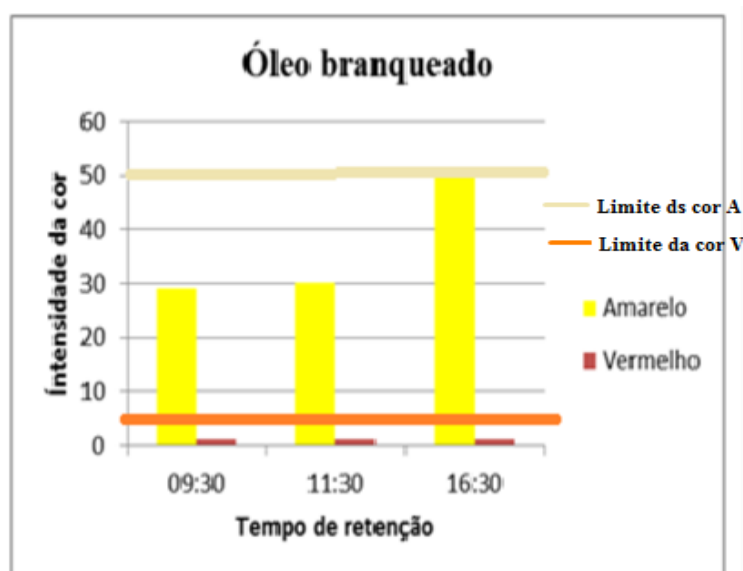


FIG. 30: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo branqueado, construído com os dados da Tabela F, do Anexo B, referente ao dia 02/11/13.

As amostras de óleo desodorizado (Figura 31) apresentaram valores excelentes na coloração, tanto na cor amarela, quanto na cor vermelha, pois encontram-se muito abaixo dos limites padrões (Tabela 3, página 36).

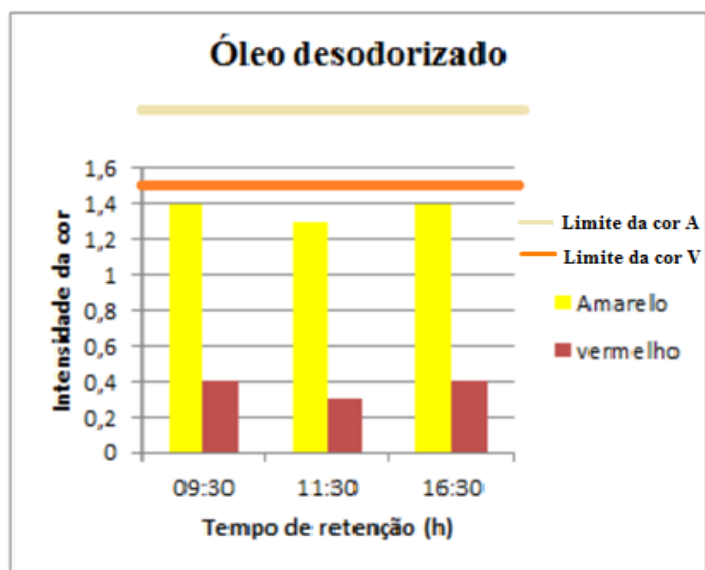
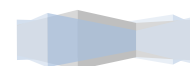


FIG. 31: Gráfico que representa a intensidade das cores amarela e vermelha, presentes no óleo desodorizado, construído com os dados da Tabela F, do Anexo B, referente ao 02/11/13.

Na Figura 32, tanto amostras de óleo branqueado quanto amostras de óleo desodorizado apresentaram redução de coloração quando o tempo de retenção foi de 2h (09:30-11:30min), quando se aumentou o tempo de retenção para 3h, observou-se aumento da coloração em ambas amostras.



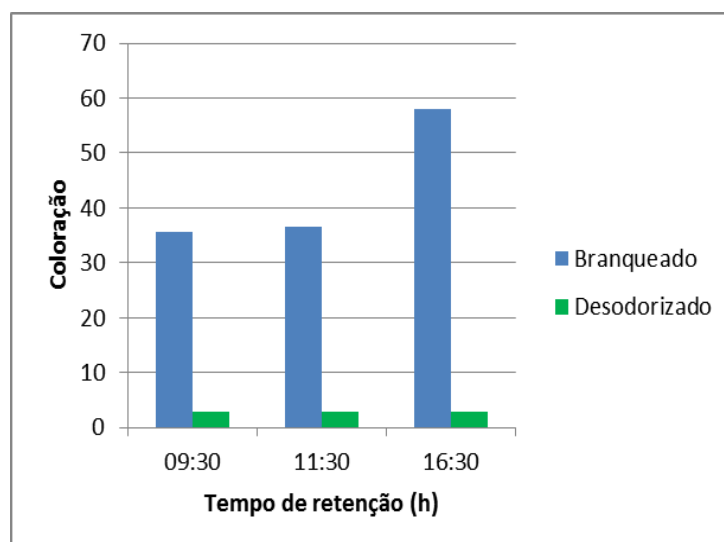


FIG. 32: Gráfico que representa os valores de coloração obtidos nas amostras de óleo branqueado e desodorizado, construído com os dados da Tabela B6, do Anexo B, referentes ao dia 02/11/13.



Capítulo VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

A compreensão do comportamento dos parâmetros temperatura, pressão e tempo de retenção face a destilação fraccionada do óleo de soja pode permitir a criação de condições eficazes para o controlo dos mesmos, contribuindo para evitar a separação da mistura oleosa em fracções de forma indesejada e impedir a obtenção de um produto com baixo grau de pureza. Neste Estágio Laboral verificou-se que:

- A variação do tempo de retenção do óleo de sojano processo de desodorização influencia na eliminação completa das substâncias voláteis, assim como na redução da cor do óleo. Amostras de óleo de soja desodorizado que ficaram menos tempo (aproximadamente 2h) no desodorizador apresentaram maior redução de coloração em comparação as amostras de óleo que ficaram mais tempo retidas no mesmo;
- As temperaturas e pressões aplicadas durante a desodorização interferiram directamente na variação do IAGL do óleo final, como era previsto, pois pela acção destes parâmetros, os AGL decompõe-se em cadeias curtas e conseqüentemente mais voláteis, observando-se uma grande redução da acidez do óleo.
- De acordo com a análise de variação do IAGL, a maior parte dos resultados das amostras de óleo estiveram abaixo dos limites pré-estabelecidos (0,2% para amostras de óleo branqueado e 0,03% para amostras de óleo desodorizado). Entretanto verificou-se também alguns valores elevados do IAGL. No geral, as amostras de óleos branqueados de soja apresentaram variação nos valores de 0,05-0,10%, enquanto que as amostras de óleos desodorizados de soja apresentaram variação de 0,01-0,03%.
- De acordo com a análise da variação da coloração, no geral, os resultados estavam de acordo com os limites padrões, porém verificou-se elevado aumento da cor amarela em amostras de óleo branqueado no mês de Setembro;
- A elevação da temperatura de 200-250°C sob 3 a 8 mmHg no decorrer do processo de desodorização ocasiona a hidrogenação do óleo de soja, ocorrendo a formação de álcoois superiores que posteriormente darão lugar à formação de ácidos gordos.



6.2.Recomendações

Das conclusões obtidas verificou-se que a variação dos parâmetros em estudo influenciam na qualidade do óleo final obtido avaliados em função do IAGL e C presentes no óleo obtendo-se alguns resultados em ambos os testes fora das especificações da fábrica, para tal:

- Recomenda-se a realização de estudos mais profundos sobre as temperaturas mais adequadas durante o processo de desodorização do óleo de soja, com vista a reduzir as temperaturas de desodorização aplicadas, de modo a atender aos padrões de qualidade internacionais que são, na maioria deles, inferiores a 1% de ácidos gordos *trans* presentes no óleo. Este padrão de qualidade internacional existe devido ao facto de que o alto consumo de ácidos gordos *trans*, assim como de ácidos gordos saturados, aumenta o risco de doenças cardiovasculares.
- É importante fazer o controlo rigoroso da temperatura durante o processo da refinação dos óleos de modo a evitar a perda da concentração dos antioxidantes naturais presentes nos óleos, tais como: tocoferóis precursores da vitamina E, capazes de reduzir ou retardar o início da oxidação. Recomenda-se também o uso de anti-oxidantes sintéticos nomeadamente o Tercbutilhidroquinona (TBHQ) por ser muito eficiente no combate à oxidação dos óleos vegetais em relação aos outros anti-oxidantes sintéticos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, E. R. (2006). *Efeitos das Condições de Armazenagem Sobre a Qualidade da Soja (Glycine max. (L.) Merrill) e do Óleo Bruto*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Brasil.
- Bedinot, C. et al. (n.d.). *Instrumentação de Coluna de Destilação Fracionada*. IX Salão de Iniciação Científica PUCRS.
- Belchion, Lucas. (2011). Cadeia de Valores de Soja. Boletim Informativo. Ed 2. p.2
- Brito, F. O. (2010). *Avaliação de Influência da Pressão, Temperatura e Condições de Operação Sobre um Sistema de Destilação Fracionada de uma Solução de Glicerina Proveniente de uma Unidade de Produção de Biodiesel*. Dissertação (em engenharia química). Universidade Federal de Ceará. Fortaleza.
- Buckenko, G. M. et al. (2002). *Caracterização Físico- Química do Subproduto Obtido Durante a Desodorização do Óleo de Soja*. B. CEPPA. V20. Curitiba. p.55-64.
- Gomes, Silas. (2010). *Avaliação Técnica e Económica da Aplicação de Óleo Vegetal de Crambe como Isolante Eléctrico em Comparação com Óleo de Soja*. Instituto de Engenharia do Paraná. Curitiba. Brasil.
- Isenman, A. F. (n.d.). *Destilação, Retificação e Arraste por Vapor*. p.1646.
- Junior, M. A. S. (2011). *Análise das Características Físico- Químicas, Organolépticas e Recicláveis dos Óleos e Gorduras Residuais e Seu Gerenciamento no Brasil*. Dissertação (mestrado). Faculdade de Tecnologia e Ciências. Salvador.
- Lopes, K. S. (2008). *Avaliação da Etapa de Clarificação do Óleo de Soja Através de Planejamento Composto Central e Investigação do Potencial de Melhoria Energética no Processamento da Soja*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Lourenço, J. A. A. (n. d.). *Destilação Industrial de Óleos Essenciais*. Instituto Nacional de Engenharia. Departamento de Tecnologias de Industrias Químicas. V22. Ed. F. Lisboa. p.1649-1738.
- Luz, D. A. (2011). *Estudo da Degradação de Vitamina E (α - tocoferol) Durante as Etapas de Refino do Óleo de Babaçu (Orbignyaphalerata, Mart.): Validação de um Método*. Dissertação (Doutoramento). Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Química. Brasil.

- Melo, A. S. S. (2013). *Os Efeitos de Soja (Glycine Max (L)) Verde na Composição Química do Óleo de Soja e no Processo de Refino do Óleo*. Dissertação (Tecnologia em Alimentos). Campo Mourão.
- Menezes, C. A. S. (2009). *Gestão de Projectos: Recomendação de Procedimentos para o Desenvolvimento, Projecto, Simulação, Construção, Montagem e Caracterização de Sistemas de Pré-vácuo*. Dissertação (mestrado). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo.
- O'Brien, R.D. (2004). *Fats and Oils Formulating and Processing for Applications*. Fat an Oils. In: O'Brien, R.D. (Ed.). Boca Raton. p. 175-232.
- Rafael, M. S. R. (2013). *Controlo Qualitativo dos Óleos Refinados de Soja e Palma na Southern RefineriesLda 2 da MaevaPlast Matola*. Relatório de Estágio Profissional. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Engenharia. Maputo.
- Reda, S. Y & Carneiro, P. I. (2007). *Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações*. Revista Analytica. Nº 27.
- Roitman, V. (2002). *Operações Unitárias*. Curso de Formação de Operadores de Refinaria. Curitiba. p.50.
- Silvestre, D. S. (2005). *Inferência da Curva de Destilação ASTM da Destilação Atmosférica para Controle Avançado*. Dissertação (em Engenharia de Controle e Automação Industrial). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Texeira, A. C. (2003). *Inferência em Coluna de Destilação Multicomponente*. Dissertação (em Química). Universidade Federal da Santa Catarina. Florianópolis.
- Trivelin e Bendassolli. (2006). *Técnicas com Vácuo*. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba.
- Venâncio, João. (n.d.). *Operações de Separação por Difusão I (Processos de Separação)*. Destilação. Lição nº 3. p.2-43
- Wicks, Z. W. et al (1993). *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th ed. John Wiley and Sons. V.8. New York. p.519
- Anónimo. GroupMaêva. Acedido em 15/11/2013 em: www.maeva-group.org
- Anónimo. (2010). *Desafios e Oportunidades para a Produção da Soja Sustentável no Brasil*. FOCUS/ VISA0 BRASIL. Acedido em 17/11/2013 em: www.visãobrasil.org
- Ract, Juliana. (2012). *Extracção e Refino de Óleos Vegetais*. Acedido em 15/11/2013 em: www.desmetgroup.com

ANEXOS

ANEXO A

Tabela I: Composição e características de identidade do óleo de soja.

Característica	Índices	Ácidos gordos	Nº de carbonos	Composição %	Saturação
Densidade a 25° C (g/cm ³)	0,914	Mirístico	C 14	Traços	Saturados
	à 0,922	Palmítico	C 16	9,00 a 14,5	
Índice de Refracção a 25° C	1,4700	Estereárico	C 18	2,5 a 5,0	
	à 1,4760	Araquídico	C 20	Traços	
Índice de Iodo (wijis) (g)	120 à	Behénico	C 22	Traços	
	143	Lignocérico	C 24	Traços	
Índice de saponificação (mg)	189 à 198	Palmitoleico	C 16	Traços	Mono-insaturados
		Oléico	C 18	18,0 a 34,0	
		Linoléico	C 18	43,5 a 60,0	Dupla e tri-insaturados
		Linilénico	C 18	3,5 a 8,0	

Fonte: Grupo Maêva.

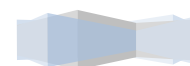


Tabela II: Classificação do óleo de soja em classes e tipos- quadro sinóptico para o óleo de soja

Parâmetros analisados	Características					
	Refinado		Degomado ou purificado			Bruto
Tipos	1	2	1	2	3	Único
Aspecto a 25° C	*1	*1	*1	*3	*4	Turvo
Propriedades organolépticas	*2	*2	-	-	-	-
Lecitina expressa em fósforo (máx.)	-	-	0,02%	0,02%	0,03%	0,10%
Ácidos gordos livres (exp. em ácido oleico) (máx.)	0,03%	0,06%	0,50%	1,00%	1,50%	2,00%
Ponto fulgor (min.)	-	-	121° C	121° C	121° C	-
Ponto de fumaça (min.)	230° C	218° C	-	-	-	-
Cor lovibond (unidade A e V) (máx.)	15 A 1,5V 5(1/4)''	25 A 2,5 V 5(1/4)''	35 A 3,5 V 1''	50 A 5,0 V 1''	50 A 5,0 V 1''	- - -
Matéria insaponificável	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

(máx.)						
Índice de peróxidos (máx.)	2,5meq /Kg de óleo	5,0meq/ Kg de óleo	-	-	-	-
Sabão (máx.)	1ppm	10ppm	-	-	-	-
Impurezas solúveis em éter de petróleo P.E. 30-60° C (máx.)	0,03%	0,05%	0,10%	0,10%	0,10%	0,50%

Fonte: Artigo 87, da legislação Brasileira, 26/12/2006, MINISTERIO DE ESTADO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, e ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 1999, em Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais, D.O.U., Brasil.

*1 - Límpido, isento de sedimentos

*2 - Odor e sabor característicos do produto, isento de ranço, odores e sabores estranhos

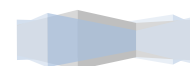
*3 - Límpido, ligeiramente turvo, isento de sedimentos

*4 - Límpido, ligeiramente turvo.

Tabela III: Factores de conversão de pressão em diferentes unidades.

	1mbar	1atm	1mmHg
1mbar	1	$0,987 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-1}$
1atm	$1,013 \cdot 10^3$	1	$7,6 \cdot 10^2$
1mmHg	1,333	$1,316 \cdot 10^{-3}$	1

Fonte: Trivelin e Bendassolli (2003).

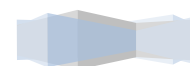


ANEXO B

Resultados experimentais no teste Índice de Ácidos Gordos Livres (IAGL)

Tabela A: Resultados experimentais para determinação do IAGL durante a refinação do óleo de soja no mês de Setembro.

<i>Data: 01/09/13</i>	Óleo de soja	
	Amostras de óleo	
Tempo	Branqueado (%)	Desodorizado (%)
9:30	0,10	0,02
11:30	0,07	0,01
14:30	0,05	0,02
<i>Data: 02/09/13</i>		
9:30	0,07	0,02
11:30	0,10	0,02
14:30	0,12	0,03
<i>Data: 03/09/13</i>		
9:20	0,10	0,02
11:20	0,10	0,01
14:20	0,05	0,01
<i>Data: 04/09/13</i>		
9:00	0,10	0,02



11:00	0,10	0,02
14:00	0,10	0,02
Data: 05/09/13		
10:00	0,19	0,02
12:00	0,15	0,02
15:00	0,12	0,02

Fonte: MaêvaPlastMatola, 2013.

Tabela B: Resultados experimentais para determinação do IAGL durante a refinação do óleo de soja no mês de Outubro.

Data: 08/10/13	Óleo de soja	
	Amostras de óleo	
Tempo	Branqueado (%)	Desodorizado (%)
8:00	0,10	0,04
10:00	0,10	0,01
14:00	0,10	0,02
16:00	0,05	0,04
Data: 09/10/13		
8:00	0,05	0,02
10:00	0,05	0,02
14:00	0,05	0,02
16:00	0,05	0,02

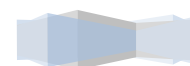


Data: 10/10/13		
9:00	0,05	0,01
11:00	0,05	0,01
15:00	0,01	0,02
17:00	0,01	0,01
Data: 11/10/13		
9:00	0,05	0,02
11:00	0,05	0,02
14:00	0,05	0,02
16:00	0,05	0,02
Data: 12/10/13		
10:00	0,02	0,01
12:00	0,02	0,01
14:00	0,05	0,01
16:00	0,05	0,01

Fonte: MaêvaPlastMatola, 2013.

Tabela C: Resultados experimentais para determinação do IAGL durante a refinação do óleo de soja no mês de Novembro.

Data: 11/11/13	Óleo de soja	
	Amostras de óleo	
Tempo	Branqueado (%)	Desodorizado (%)



10:00	0,05	0,02
12:00	0,05	0,02
14:00	0,02	0,02
16:00	0,02	0,05
Data: 12/11/13		
10:00	0,02	0,01
12:00	0,02	0,01
14:00	0,05	0,01
16:00	0,05	0,01
Data: 13/11/2013		
9:00	0,13	0,05
11:00	0,08	0,03
15:00	0,16	0,10
17:00	0,10	0,03
Data: 14/11/13		
9:00	0,08	0,18
11:00	0,25	0,09
15:00	0,32	0,02
17:00	0,02	0,02
Data: 15/11/13		
10:00	0,10	0,02
12:00	0,07	0,01



14:00	0,05	0,01
16:00	0,05	0,02

Fonte: MaêvaPlast Matola, 2013.

a) Resultados experimentais do teste de coloração

Tabela D: Resultados experimentais de coloração do óleo branqueado e desodorizado de soja.

<i>Data:</i> Óleo de soja						
<i>01/09/13</i>						
Amostras de óleo						
Branqueado- (1'')*				Desodorizado- (1'')*		
Tempo	A	V	C	A	V	C
9:30	70,0	1,4	77,0	2,1	0,3	3,6
11:30	51,0	1,2	57,0	1,4	0,3	2,9
14:30	57,0	1,3	63,5	1,4	0,3	2,4
<i>Data: 02/09/13</i>						
9:30	70,0	1,5	77,5	1,0	0,3	2,5
11:30	70,0	1,2	76,0	0,4	0,2	1,9
14:30	70,0	1,3	76,5	0,8	0,1	1,3
<i>Data: 03/09/13</i>						
9:20	20,0	1,3	35,5	1,4	0,4	3,4
11:20	30,0	1,2	36,0	1,3	0,3	2,8

14:20	51,0	1,1	56,5	1,4	0,4	3,4
Data: 04/09/13						
9:00	51,0	1,4	58,0	1,0	0,1	1,5
11:00	52,0	1,3	58,5	1,1	0,2	2,1
14:00	52,0	1,2	58,0	1,4	0,2	2,4
Data: 05/09/13						
10:00	70,0	3,2	86,0	1,5	0,4	2,5
12:00	70,0	3,5	87,5	1,9	0,3	3,1
16:00	70,0	2,5	85,5	1,9	0,3	1,9

Fonte: MaêvaPlast Matola, 2013.

A- Amarelo; V- Vermelho; C- Coloração.

*- Tipo de célula usada no teste.

Tabela E: Resultados experimentais de coloração do óleo branqueado e desodorizado de soja.

Data:	Óleo de soja					
	08/10/13					
	Amostras de óleo					
Tempo	Branqueado- (1'')*			Desodorizado- (1'')*		
	A	V	C	A	V	C
8:00	13,0	1,0	18,0	1,3	0,2	2,3
10:00	13,0	1,0	18,0	1,0	0,1	1,5
14:00	7,8	0,8	11,8	1,5	0,2	2,5

16:00	8,6	0,9	13,1	1,4	0,1	1,9
Data: 09/10/13						
9:00	11,0	0,9	15,5	1,1	0,1	1,6
11:00	11,0	1,0	16,0	1,1	0,1	1,6
14:00	11,0	0,9	15,0	1,1	0,1	1,6
16:00	10,0	1,1	15,5	1,1	0,1	1,6
Data: 10/10/13						
9:40	28,0	1,0	33	0,9	0,1	1,4
11:40	18,0	1,1	23,5	0,9	0,1	1,4
14:40	21,0	1,1	26,5	1,0	0,1	1,5
16:40	18,0	1,0	23	1,0	0,1	1,5
Data: 11/10/13						
9:00	9,0	1,0	14,0	0,9	0,1	1,4
11:00	9,0	0,8	12,7	0,9	0,1	1,4
14:00	9,0	1,0	14,0	0,9	0,1	1,4
16:00	9,0	0,8	12,7	0,9	0,1	1,4
Data: 12/10/13						
10:00	8,3	0,9	12,8	1,0	0,1	1,5
12:00	11,0	0,9	15,5	0,9	0,1	1,4
14:00	9,2	0,9	13,1	1,1	0,1	1,6
16:00	8,3	0,9	12,8	1,1	0,1	1,6

Fonte: MaêvaPlast Matola,2013.

X



A-Amarelo; V- Vermelho; C- Coloração.

*- Tipo de célula usado no teste.

Tabela F: Resultados experimentais de coloração do óleo branqueado e desodorizado de soja.

Data: 01/11/13						
Óleo de soja						
Amostras de óleo						
Tempo	Branqueado (1'')*			Desodorizado (1'')*		
	A	V	C	A	V	C
10:00	70,0	1,5	77,0	1,0	0,3	2,5
12:00	70,0	1,2	76,0	0,9	0,2	1,9
14:00	70,0	1,3	76,5	0,8	0,1	1,3
Data: 02/11/13						
9:30	29,0	1,3	35,5	1,4	0,4	2,8
11:30	30,0	1,3	36,5	1,3	0,3	2,8
16:30	51,0	1,1	58	1,4	0,4	2,9
Data: 03/11/13						
10:00	8,3	0,9	12,8	1,0	0,1	1,5
12:00	11,0	0,9	15,5	0,9	0,1	1,4
15:00	9,2	0,9	13,7	1,1	0,1	1,6
04/11/13						
9:30	28,0	1,0	33,0	1,0	0,1	1,4



11:30	18,0	1,1	23,5	1,0	0,1	1,5
14:30	18,0	1,1	23,5	1,1	0,1	1,6
05/11/13						
10:00	12,0	0,9	16,5	0,9	0,2	1,9
12:00	12,0	0,8	16,0	1,0	0,1	1,5
15:00	11,0	0,9	15,5	0,9	0,1	1,4

Fonte: MaêvaPlast Matola,2013.

A-Amarelo; V- Vermelho; C- Coloração.

*- Tipo de célula usado no teste.

Os valores de IAGL e C que se encontraram vermelho estão fora dos padrões aceitáveis.

