



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



PROCESSAMENTO DE AMÊNDOAS DE COCO CATOLÉ (*Syagrus oleracea* Mart)
PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO COMESTÍVEL: DEGRADAÇÃO DOS
COMPONENTES GRAXOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE FRITURA

DEYZI SANTOS GOUVEIA

Orientadores:

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Campina Grande - PB - Brasil

2013

DEYZI SANTOS GOUVEIA

PROCESSAMENTO DE AMÊNDOAS DE COCO CATOLÉ (*Syagrus oleracea* Mart)
PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO COMESTÍVEL: DEGRADAÇÃO DOS
COMPONENTES GRAXOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE FRITURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos

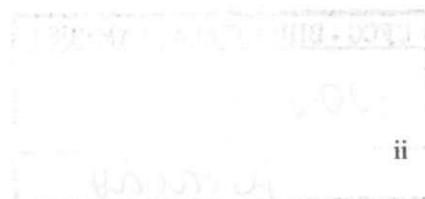
Orientadores:

Prof^a. Dr^a. Maria Elita Martins Duarte

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Campina Grande, Paraíba

Fevereiro/2013



DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G719p

Gouveia, Deyzi Santos.

Processamento de amêndoas de coco catolé (*Syagrus oleracea* Mart) para extração de óleo comestível : degradação dos componentes graxos em função da temperatura de fritura / Deyzi Santos Gouveia. – Campina Grande, 2013.

101 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte, Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata".

Referências.

1. Amêndoas de Coco Catolé (*Syagrus oleracea* Mart) - Óleo.
 2. Estresse Térmico. 3. Ácidos Graxos. 4. Estabilidade Oxidativa.
- I. Duarte, Maria Elita Martins. II. Mata, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. III. Título.

CDU 665.353.6(043)

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DA DOUTORANDA

DEYZI SANTOS GOUVEIA

PROCESSAMENTO DE AMÊNDOAS DE COCO CATOLÉ (*Syagrus oleracea* Mart)
PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO COMESTÍVEL: DEGRADAÇÃO DOS
COMPONENTES GRAXOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE FRITURA

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2013

BANCA EXAMINADORA



Dra. Maria Elita Martins Duarte – Orientadora



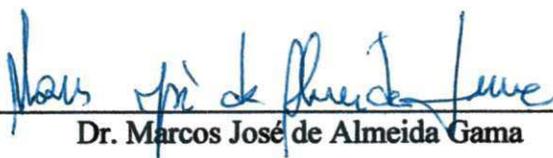
Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata – Orientador



Dra. Severina de Sousa



Dra. Ana Paula Trindade Rocha



Dr. Marcos José de Almeida Gama



Dra. Pablícia Oliveira Galdino

Dedico:

*"A meus pais, Douglas e Zélia,
que me deram, além da vida, muito incentivo
para que este dia chegasse e nunca mediram
esforços para me proporcionar uma formação digna"*

Agradecimentos:

A Deus, Pai misericordioso, que me ilumina sempre e me guia pelos caminhos corretos e nos momentos mais difíceis.

A meu esposo, Glauco, e a meu filho, Pedro Henrique, que me cercaram com seu carinho e apoio emocional, e pelas horas dispensadas ao meu lado, no decorrer deste trabalho.

A minhas irmãs, cunhados e sobrinhos, pelos momentos de incentivo e companheirismo.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte e Prof.Dr. Mario Eduardo Rangel M. Cavalcante Mata, pelo profissionalismo e amizade.

Ao IFRN – Campus Currais Novos, que permitiu a execução de algumas análises deste trabalho.

Ao Prof^o. Dr. Antonio Gouveia de Sousa e ao meu amigo Raul Rosenhaim, pelas análises cedidas no LTM (UFPB), discussões e sugestões cedidas neste trabalho.

Aos meus amigos Gislaine, Solane, Ítala, Renata, Girlene, Uliana, Francisco, Milhele, Humberto, Conceição, Newzon e Nataly, pela amizade incondicional durante todo o trabalho.

À CAPES, pela bolsa de estudo cedida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1,1 Objetivo geral.....	2
1,2 Objetivos específicos.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Coco Catolé.....	4
2.2 Consumo de óleos vegetais.....	5
2.3 A importância dos óleos vegetais para a saúde humana.....	8
2.4 Óleos e gorduras.....	9
2.4.1 Ácidos Graxos.....	10
2.4.1.1 Ácidos graxos saturados.....	14
2.4.1.2 Ácidos graxos insaturados.....	15
2.4.1.3 Glicerídeos.....	16
2.4.1.4 Não-Glicerídeos.....	17
2.5 Secagem.....	18
2.5.1 Métodos de secagem.....	19
2.5.2 Cinética de Secagem.....	24
2.6 Extração de óleos vegetais.....	26
2.6.1 Extração por prensagem.....	28
2.6.2 Extração por solvente.....	28
2.7 Caracterização de óleos, azeites e gorduras.....	29
2.8 Comportamento reológico do fluido.....	33
2.8.1 Viscosidade.....	36
2.9 Estabilidade de óleos vegetais.....	38
2.9.1 Teste de oxidação acelerada.....	39
2.9.2 Análise térmica.....	40

3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1. Matéria Prima.....	44
3.2. Seleção.....	44
3.3. Composição Centesimal.....	45
3.3.1 Teor de umidade.....	45
3.3.2 Cinzas.....	46
3.3.3 Proteínas.....	46
3.3.4 Lipídios.....	46
3.3.5 Carboidratos.....	46
3.3.6 Valor calórico.....	46
3.4. Secagem.....	47
3.3.1 Cinética de secagem.....	48
3.5. Seleção de amostras para extração do óleo.....	48
3.5.1 Extração do óleo e rendimento.....	49
3.5.2 Filtragem do óleo.....	50
3.6. Caracterização físico-química do óleo.....	50
3.6.1 Índice de acidez.....	50
3.6.2 Índice de peróxido.....	51
3.6.3 Índice de saponificação.....	51
3.6.4 Índice de iodo.....	51
3.7. Viscosidade cinemática a 40 °C.....	51
3.8. Perfil de ácidos graxos no óleo do coco catolé.....	52
3.8.1 Preparação dos ésteres metílicos.....	52
3.8.2 Identificação e quantificação dos ácidos graxos.....	52
3.9. Teste de oxidação acelerada.....	53
3.9.1 Estabilidade oxidativa por TG/DTG/DTA.....	54
3.9.2 Estabilidade oxidativa por Rancimat.....	54
3.13 Tratamento estatístico.....	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1. Composição centesimal da amêndoa do coco catolé.....	56
4.2. Secagem.....	58
4.2.1 Cinética de secagem.....	58
4.3. Extração e rendimento do óleo.....	65

4.4	Caracterização físico-química do óleo.....	66
4.5	Viscosidade cinemática.....	69
4.6	Composição de ácidos graxos do óleo de coco catolé.....	70
4.7	Teste de oxidação acelerada.....	72
4.7.1	Estabilidade oxidativa por TG/DTG/DTA.....	72
4.7.2	Estabilidade oxidativa por Rancimat.....	74
4.7.3	Estabilidade oxidativa por cromatografia.....	75
5.	CONCLUSÕES.....	78
6.	SUGESTÕES.....	81
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
8.	APÊNDICE.....	102

LISTA DE FIGURA

Figura 1:	Esquema da reação de formação do óleo vegetal.....	8
Figura 2:	Fórmula estrutural do ácido graxo.....	10
Figura 3:	Fórmula estrutural do ácido graxo saturado.....	14
Figura 4:	Fórmula estrutural do ácido graxo insaturado.....	15
Figura 5:	Reação de esterificação e hidrólise.....	16
Figura 6:	Curvas típicas de secagem.....	22
Figura 7:	Modelo para definição de viscosidade.....	33
Figura 8:	Fluxograma de classificação dos fluidos, segundo comportamento reológico.....	35
Figura 9:	Fluxograma das etapas de processamento da amêndoa do coco catolé.....	43
Figura 10:	Equipamento utilizado para a extração do coco catolé.....	44
Figura 11:	Amêndoa de coco catolé após a extração.....	45
Figura 12:	Amostras de coco catolé em embalagens metalizadas.....	45
Figura 13:	Prensa utilizada para a extração do óleo de coco catolé.....	49
Figura 14:	Reservatório de aço inoxidável utilizado na prensagem do óleo de coco catolé.....	49
Figura 15:	Óleo de coco catolé obtido após extração.....	50
Figura 16:	Cromatógrafo GC-MS QP 2010.....	52
Figura 17:	Equipamento Rancimat.....	54
Figura 18:	Curvas da cinética de secagem da amêndoa do coco catolé nas temperaturas estudadas.....	59
Figura 19:	Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Page.....	60
Figura 20:	Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático.....	61

	de Henderson & Pabis.....	
Figura 21:	Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Lewis.....	61
Figura 22:	Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Wang e Singh.....	62
Figura 23:	Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Midilli.....	62
Figura 24:	Curva TG/DTG para o óleo de coco catolé.....	72
Figura 25:	Curva de DTA para o óleo de coco catolé.....	74
Figura 26:	Cromatografia do óleo de coco catolé in natura.....	103
Figura 27:	Cromatografia do óleo de coco catolé submetido à temperatura de 40°C.....	103
Figura 28:	Cromatografia do óleo de coco catolé submetido à temperatura de 50°C.....	104
Figura 29:	Cromatografia do óleo de coco catolé submetido à temperatura de 60°C.....	104
Figura 30:	Cromatografia do óleo de coco catolé submetido à temperatura de 70°C.....	105
Figura 31:	Interpolação das cromatografias do óleo de coco catolé submetidos as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C	105
Figura 32:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 80 °C.....	107
Figura 33:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 90 °C.....	107
Figura 34:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 100 °C.....	108
Figura 35:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 110 °C.....	108
Figura 36:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 120 °C.....	109

Figura 37	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 130 °C.....	109
Figura 38:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 140 °C.....	110
Figura 39:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 150 °C.....	110
Figura 40:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 160 °C.....	111
Figura 41:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 170 °C.....	111
Figura 42:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 180 °C.....	112

LISTA DE TABELA

Tabela 1:	Principais oleaginosas e seus respectivos conteúdos em óleo.....	5
Tabela 2:	Evolução da produção de oleaginosas (grãos) no Brasil, safras 2009/2010 e 2010/2011.....	6
Tabela 3:	Evolução do Consumo Mundial de Óleos Vegetais para Alimentos e para indústria de Biodiesel.....	7
Tabela 4:	Distribuição de oleaginosas por região	7
Tabela 5:	Alguns ácidos graxos de óleos e gorduras.....	12
Tabela 6:	Principais ácidos graxos que ocorrem nos óleos vegetais	13
Tabela 7:	Modelos empíricos e semiteóricos para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas.....	25
Tabela 8:	Índice de saponificação de óleos e gorduras comestíveis.....	32
Tabela 9:	Programação do Cromatógrafo a Gás.....	53
Tabela 10:	Valores das médias e desvio padrão da composição centesimal da amêndoa do fruto do coco catolé (<i>Syagrus oleracea</i>).....	56
Tabela 11:	Tempo total da secagem das amêndoas do coco catolé em minutos	58
Tabela 12:	Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem do coco catolé, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM), nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.....	63
Tabela 13:	Rendimento do óleo do coco catolé em função da temperatura de secagem.....	65
Tabela 14:	Propriedades físico-químicas do óleo de catolé a diferentes temperaturas.....	67
Tabela 15:	Viscosidade cinemática do óleo de coco catolé.....	69
Tabela 16:	Composição de ácidos graxos no óleo das amêndoas do coco catolé (<i>Syagrus oleracea</i>) a diferentes condições de temperatura.....	70
Tabela 17:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé utilizando o Rancimat.....	74
Tabela 18:	Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a diferentes condições de temperaturas.....	76

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AGI	Ácido graxo insaturado
AGS	Ácido graxo saturado
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOCS	American Oil Chemists' Society
CNEPA	Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica
DQM	Desvio quadrático médio
DTA	Análise Térmica Diferencial
DTG	Derivada da termogravimetria
IAL	Instituto Adolfo Lutz
MUFAS	Ácidos graxos monoinsaturados
PI	Período de indução
PUFAS	Ácidos graxos poliinsaturados
TG	Termogravimetria
V	Viscosidade cinemática ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
VCT	Valor calórico total

RESUMO

Realizou-se esta pesquisa com o objetivo de analisar a composição lipídica do óleo de coco catolé (*Syagrus oleracea* Mart.) quanto ao perfil de ácidos graxos, identidade do óleo e possíveis variações decorrentes da degradação térmica. Para este fim também foram realizados os seguintes procedimentos: caracterização físico-química da amêndoa; secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C e levantamento da cinética nessas temperaturas, aplicando-se os modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang & Singh e Midilli et al; extração do óleo da amêndoa do coco catolé *in natura* e procedentes dos 4 níveis de secagens; caracterização físico-química do óleo (índice de acidez, índice de peróxido, índice de refração, índice de saponificação e índice de iodo) segundo metodologia proposta pela AOCS (2009); determinação da viscosidade cinemática do óleo a 40 °C e composição em ácidos graxos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2) do óleo, por cromatografia gasosa; avaliação da estabilidade térmica do óleo de coco catolé através da termogravimetria (TG); avaliação oxidativa do óleo utilizando-se o método Rancimat; avaliação do estresse térmico, segundo estudo da degradação dos componentes graxos do óleo de coco catolé devido à sua permanência durante 5 minutos, nas temperaturas de 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180°C, respectivamente, concluiu-se que: O teor lipídico, proteico e de carboidratos do coco catolé fornece cerca de 30,23% das necessidades calóricas de uma dieta de 2.000 Kcal de um indivíduo adulto; dentre os modelos testados o de Midilli et al. apresentou os maiores valores de R² e os menores valores de DQM, para todas as temperaturas ajustando-se melhor aos dados observados; o óleo apresenta baixa possibilidade de deterioração oxidativa e boa estabilidade térmica com início de degradação em 203,1 °C; pela análise das curvas TG/DTG constatou-se a existência de duas etapas de decomposição térmica nos intervalos de 203,1 a 469,9 °C e 469,9 a 586,1 °C, com respectivas perdas de massa de 95,9 e 4,1 %; não houve variações relevantes com o aumento da temperatura no percentual do perfil de ácidos graxos do constituinte C 12:0 (ácido láurico), presente em maior quantidade no óleo.

Palavras-chaves: *Syagrus oleracea* Mart, estresse térmico, ácidos graxos, estabilidade oxidativa

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of analyzing the lipid composition of catole coconut oil (*Syagrus oleracea* Mart.) with regard to the fatty acid profile, oil identity and possible variations resulting from thermal degradation. For this purpose the following procedures were performed: chemical and physico-chemical characterization of almond; drying (pre-extraction) at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C; drying kinetics in these temperatures, applying Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang & Singh e Midilli et al. models; extraction of catole coconut oil of fresh almond and coming from 4 levels of drying; physicochemical characterization of oil (water content, acid value, peroxide value, refractive index, saponification number, iodine number and density), according to the methodology proposed by AOCS (2009) and, finally, fatty acid of oil composition (lauric (C12:0), myristic (C14:0), palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1) and linoleic (C18:2)) by gas chromatography; evaluating the thermal stability of the catole coconut oil using thermogravimetry (TG); Review of oxidative oil using the Rancimat method; kinematic viscosity determination of oil at 40 °C; evaluation of thermal stress, according to the degradation study of the fatty acids components from catole coconut oil due to the permanence of this by 5 minutes, at temperatures of 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180 °C, respectively. It was concluded: The content of lipid, protein and carbohydrate of catole coconut provides approximately 30.23% of the caloric needs of a 2,000 kcal diet for an adult; among the models tested, Midilli et al. models had the highest R² values and lower values of DQM, for all temperatures, adjusting better to the observed data; The oil has a low possibility of oxidative deterioration and good thermal stability with degradation beginning at 203.1 °C; by analysis of the TG / DTG curves was observed the existence of two stages of thermal decomposition at intervals from 203.1 to 469.9 °C and 469.9 to 586.1 °C, with respective mass losses of 95.9 and 4,1%; there were no significant variations in percentage of the fatty acid profile of constituent C 12:0 (lauric acid), present in larger quantities in catole coconut oil, with temperature increase.

Keywords: *Syagrus oleracea* Mart, thermal stress, fatty acids, oxidative stability.

1. INTRODUÇÃO

Por se tratar de um país tropical, o Brasil apresenta uma enorme diversidade de palmeiras nativas. As espécies pertencentes à família Palmae (*Syagrus oleracea*) comumente chamadas palmeiras, são interessantes do ponto de vista químico, nutricional e farmacológico. As palmeiras estão amplamente distribuídas nas zonas temperadas de todo o mundo, principalmente em regiões nas quais o índice pluviométrico é alto (SILVEIRA et al, 2005).

Entre essas espécies de palmeiras se encontra o coco catolé (*Syagrus oleracea* Mart.) que é uma palmeira de origem brasileira e tem seu habitat no nordeste e em regiões do sudeste do Brasil. A maioria dos frutos oriundos das palmeiras também é chamada de oleaginosa, em decorrência dos seus elevados conteúdos de óleo (DANTAS e SOUZA, 2004)

Apesar do aumento do consumo de alimentos saudáveis, os óleos continuam sendo importantes na alimentação humana. Frutos de palmeiras têm sido estudados amplamente quanto ao seu conteúdo lipídico em função do alto potencial de rendimento que essas plantas podem fornecer para a cadeia produtiva de oleaginosas.

Além do consumo doméstico os óleos vegetais são muito utilizados pela indústria alimentícia, no preparo de outros alimentos, a exemplo de margarina, maionese e molhos cremosos, pães e bolos, entre outros. O óleo tem efeito sobre as características físicas do alimento alterando sua aparência, consistência e cremosidade. Através da história muitos óleos vegetais serviram como fonte de energia concentrada e nutriente, essenciais em tempos difíceis, sendo seu maior emprego para fins de frituras.

O consumo de alimentos fritos e processados é grande em todas as idades e níveis socioeconômicos visto que as alterações causadas pelo processo de fritura às características sensoriais de tais alimentos, resultam em produtos de grande aceitação. As características agradáveis se manifestam na cor, sabor, textura e palatabilidade. Por outro lado, o processamento químico ou o preparo de alimentos pelo processo de fritura (imersão em

óleo sob aquecimento) pode levar à formação de substâncias não desejáveis, derivadas do óleo original (BOCK e PERALTA, 2009).

O uso cotidiano dos óleos vegetais consagrados entre a população, levou à necessidade de se avaliar melhor seu grau de resistência, principalmente a estabilidade ao armazenamento e estresse térmico. A composição lipídica de diversas amêndoas de palmeiras tem sido estudada quanto ao perfil de ácidos graxos e identidade do óleo; no entanto, estudos que envolvam a amêndoa do coco catolé ainda são desconhecidos.

O conhecimento das características quantitativas e qualitativas da fração lipídica da amêndoa pode favorecer a descoberta de um novo produto de valor agregado. Questões, como a temperatura em que os óleos comestíveis se decompõem e produtos são formados quando submetidos ao aquecimento, devem ser pesquisadas.

1.1 OBJETIVO GERAL

Processar e caracterizar o óleo da amêndoa do coco catolé e avaliar a degradação dos componentes graxos devido aos efeitos térmicos, em temperaturas de 80 a 180 °C.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização química e físico-química da amêndoa do coco catolé (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e valor calórico).
- Secar as amêndoas de coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e obter a cinética de secagem do coco catolé aplicando os modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang & Singh e Midilli et al.
- Extrair o óleo da amêndoa do coco catolé com 5 níveis de tratamentos, ou seja, amostras *in natura* e amostras secas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C.
- Determinar as características físico-químicas (índice de acidez, índice de peróxido, índice de saponificação e índice de iodo) e a composição em ácidos graxos (láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2)) do óleo de coco catolé.

- Estudar a viscosidade cinemática do óleo de coco catolé a 40 °C.
- Promover uma avaliação da estabilidade térmica do óleo de coco catolé utilizando-se a termogravimetria (TG).
- Promover uma avaliação oxidativa do óleo de coco catolé através do método Rancimat;
- Submeter a amostra do óleo de coco catolé a estresse térmico nas temperaturas de 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 e 180 °C, durante 5 min e estudar as alterações dos componentes graxos, em virtude da degradação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Coco Catolé

O coco catolé (*Syagrus oleracea* Mart) também chamado popularmente indaiá-do-campo, indaiá-do-cerrado, indaiá-mirim, indaiá-rasteiro, piaçaba e piaçava, tem origem no Cerrado Brasileiro. É um fruto que provém de uma palmeira existente nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Tocantins, que frutifica de julho a janeiro. As folhas, pela sua durabilidade, são usadas para cobertura de casas ou para a produção de fibra utilizada na confecção artesanal de redes, balaios, peneiras, cestos, esteiras, bolsas e chapéus. Para alimentação, utiliza-se a amêndoa, da qual também se extrai o óleo de composição semelhante ao do babaçu (BRASIL, 2002).

A fruta, amarela e que é ovalada, não passa de 3 centímetros. A parte externa carnosa é composta de uma mucilagem adocicada e muito apreciada por alguns animais, como papagaios e maritacas ou mesmo pelo humano, principalmente pela criança, sendo uma lembrança comum aos interiores. A quebra desses coquinhos é feita batendo-se com pedra para alcançar suas amêndoas. Floresce e frutifica em diferentes meses do ano, dependendo da região em que se encontra. Ao amadurecer, e caso não seja colhido, o fruto do coco catolé, cai do cacho e sua coleta se torna uma atividade secundária, limitada pelas necessidades de mão-de-obra para as culturas anuais (TONON, 2007).

Nos últimos anos têm crescido a pesquisa e a produção de frutas e sementes oleaginosas, tanto para a indústria oleoquímica como para a alimentícia, que absorvem a maioria dos óleos obtidos de fontes naturais. Algumas palmeiras, como babaçu (*Orbignya phalerata* Mart), dendê (*Elais guineensis* Jacq.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e carnaúba (*Copernica alba* Morong) já demonstraram seu potencial econômico como oleaginosas, com potencial para a produção de biodiesel (SGANZERLA et al., 2006).

Antes da expansão do cultivo de oleaginosas como o algodão, soja, amendoim, girassol, milho e arroz, entre os principais, as gorduras animais e de oleaginosas extrativas, como o babaçu e o patauí, tal como de plantios de coqueiros e de dendê, tinham grande importância na alimentação humana. Os óleos não comestíveis tinham destinação para

lubrificantes, movelaria, indústria de sabões e velas, entre outros. Em virtude desta importância, o Governo Federal criou, em 1940, o Instituto de Óleos, inserindo o Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agrônômica – CNEPA, criado através do Decreto-Lei 982, de 23/12/1938 (MENEZES, 2005).

2.2 Consumo de óleos vegetais

A utilização dos óleos vegetais no Brasil tem-se constituído numa importante iniciativa nos últimos tempos, para o consumo humano. O Brasil possui grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais é possível extrair óleos vegetais. Os óleos vegetais são obtidos, predominantemente, a partir de sementes de diversas espécies vegetais. Algumas espécies são nativas e de ciclo longo ou perenes como, por exemplo, dendê (*Elaeis sp.*), buriti (*Mauritia sp.*), babaçu (*Orbignya sp.*) e mamona. Outras são cultivadas em ciclos curtos, tais como a soja e o amendoim (FARIA et al., 2010).

Existe uma grande diversidade de oleaginosas em todo o mundo, ressaltando-se algumas das mais importantes, listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Principais oleaginosas e seus respectivos teores em óleo.

Material oleaginoso	Óleo (% em massa)
copra	66-68
babaçu	60-65
gergelim	50-55
polpa de palma (dendê)	45-40
caroço de palma	45-50
amendoim	45-50
colza (canola)	40-45
girassol	35-45
oliva	25-30
soja	18-20

Fonte: GAMBARRA NETO (2008)

O amplo domínio tecnológico dos processos de produção, industrialização e utilização dos produtos da soja, frutos de décadas de investimentos em ciência e tecnologia e da capacidade empreendedora do setor, associado ao elevado valor nutricional intrínseco dos produtos da soja explicam, pelo menos em parte, o domínio absoluto desta oleaginosa no Brasil (OLIVEIRA et al., 2011) (Tabela 2).

Tabela 2: Evolução da produção de oleaginosas (grãos) no Brasil, safras 2009/2010 e 2010/2011

Oleaginosas	Safra 2009/2010 (mil ton)	Safra 2010/2011 (mil ton)	Evolução (%)	Participação (%) Safra 2010/2011
Soja	68.688,2	74.990,3	9,2	92,87
Caroço de algodão	3.037,2	5.250,3	72,9	6,50
Amendoim	226,0	223,8	-1,0	0,28
Mamona	100,6	137,2	36,4	0,17
Girassol	80,6	76,0	-5,7	0,09
Canola	42,2	69,7	65,2	0,09
Total	72.174,8	80.747,3	11,9	100,00

Fonte: CONAB, 2011

No âmbito mundial a quantidade de óleo vegetal destinada à alimentação passou de 80,42 milhões de toneladas em 2001/02 para 111,1 milhões de toneladas na temporada de 2010/11. A perspectiva para 2011/12 é de que a produção mundial de óleos vegetais alcance 151,5 milhões de toneladas com aumento de 4% em relação à da temporada atual, Tabela 3 (BARBOSA, 2011).

Tabela 3: Evolução do consumo mundial de óleos vegetais¹ para alimentos e para indústria de biodiesel

Ano	Total	Alimentos	Industrial
2001/02	91,06	80,42	10,6
2002/03	95,36	83,27	12,1
2003/04	100,5	86,9	13,7
2004/05	108,1	91,4	16,6
1005/06	114,8	94,4	20,5
2006/07	119,9	96,2	23,8
2007/08	125,8	99,7	26,1
2008/09	129,8	101,4	28,4
2009/10	137,8	106,4	31,4
2010/11	145,1	111,1	34,0

¹Incluem-se os óleos de algodão, amendoim, canola, coco, girassol, soja,oliva, palma e palmiste

Unidade: milhões de toneladas

Fonte: BARBOSA, 2011

No Brasil, os diversos tipos de oleaginosas produtoras de óleo estão distribuídos conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição de oleaginosas por região

Região	Oleaginosas
Norte	Dendê, Babaçu
Nordeste	Algodão, Mamona
Sul	Girassol
Sudeste e Centro-Oeste	Soja

Fonte: BIODIESEL NO BRASIL, (2012)

O uso de óleos vegetais *in natura* na culinária vem aumentando entre a população que busca, nos tempos atuais, hábitos alimentares mais saudáveis, como o consumo de óleos comestíveis ricos em triacilgliceróis insaturados. Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas da atualidade e cerca de dois terços são usados em produtos alimentícios fazendo parte da dieta humana (REDA e CARNEIRO, 2007).

De acordo com MARTINS et al., (2010) a utilização de substâncias naturais de origem vegetal, torna o alimento mais atrativo ao consumidor por não apresentarem efeito tóxico, mesmo quando empregadas em concentrações relativamente elevadas.

A partir da década de setenta ocorreu um aumento significativo na produção mundial de sementes para óleos acarretando uma demanda de produtos e subprodutos obtidos dessas sementes (FREITAS, 2007).

De acordo com a BRASIL (1999) os principais óleos e gorduras vegetais comercializados são: azeite de oliva, óleo de algodão, óleo de amendoim, óleo de arroz, óleo de canola, óleo de gergelim, óleo de girassol, óleo de milho, óleo de soja, óleo de uva, óleo e gordura vegetal modificados, óleo misto ou composto, óleo ou gordura de coco de babaçu, óleo ou gordura de coco, óleo ou gordura de palma, óleo ou gordura de palmiste, óleo vegetal saborizado e azeite saborizado.

2.3 Importância dos óleos vegetais para a saúde humana

Entende-se por óleos vegetais um conjunto de compostos que compreendem o glicerol, ácidos graxos (principais componentes) e compostos resultantes da sua condensação, os ésteres (Figura 1).

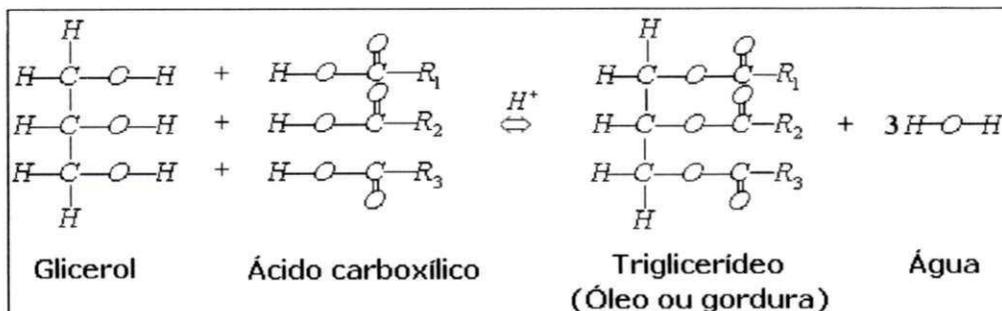


Figura 1: Esquema da reação de formação do óleo vegetal.

De acordo com PEREIRA (2007) o consumo de gorduras é muito importante para a saúde uma vez que exercem efeito protetor de doenças em nosso organismo; no entanto, só são indicadas aquelas que não propiciam o surgimento de doenças coronárias e não comprometem as vias circulatórias.

Todas as gorduras comestíveis são substâncias constituídas por misturas de triglicerídeos contendo quantidades variáveis de outras substâncias que podem fazer parte da natureza do produto ou se formar durante o processamento; uma vez que todos os óleos e gorduras são ésteres de ácidos graxos e glicerol, a diferença entre esses compostos se deve à natureza do ácido ou ácidos aos quais o glicerol está esterificado. Os óleos contêm maior quantidade de ácidos insaturados que as gorduras (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

Os ácidos graxos linoleico ($\Omega 6$) e linolênico ($\Omega 3$), ambos poli-insaturados, fazem parte de um grupo especial de ácidos graxos cuja ingestão é muito importante, pois ajudam na redução dos níveis de colesterol no sangue e desempenham funções fisiológicas imprescindíveis nos organismos vivos sendo, portanto, essenciais à vida (LEHNINGER et al., 1995).

2.4 Óleos e gorduras

Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana formadas, predominantemente, de produtos de condensação entre “glicerol” e “ácido graxo” chamados triglicerídeos (WUST, 2004).

A diferença entre óleos e gorduras é definida pela resolução nº 20/77 do CNNPA (Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos) que impõe a temperatura de 20 °C como limite inferior para o ponto de fusão das gorduras, ou seja, quando o ponto de fusão se situa abaixo deste limite a substância é classificada como óleo (líquido a temperatura ambiente). Contudo, o termo gordura é o mais empregado quando o estado físico não é significativo (GAMBARRA NETO, 2008).

As gorduras animais, como a banha, o sebo comestível e a manteiga, são constituídos por misturas de triacilgliceróis que contêm quantidades de grupos acila saturados maiores que os insaturados, conferindo-lhes maior ponto de fusão (sólidos a temperatura ambiente). De maneira análoga, os óleos por possuírem número maior de insaturações, expressam menor ponto de fusão (líquidos em temperatura ambiente).

Obviamente, o mesmo ocorre com as gorduras de coco, babaçu e cacau, que são gorduras comestíveis de origem vegetal (FENNEMA, 2000; MORETTO e FETT, 1998).

As gorduras possuem várias funções atuando como fonte e reserva de energia (um grama de qualquer gordura fornece 9 Kcal de energia), na formação do tecido adiposo de mamíferos, por serem um importante isolante térmico, sendo a principal fonte de ácidos graxos essenciais como linoleico, linolênico e araquidônico. Agem também como veículo para as vitaminas lipossolúveis como A, D, E e K e contribuem para a palatabilidade dos alimentos (RABELO e FERREIRA, 2008; PHILIPPI, 2003; CASTRO e MENDES, 2004).

Os lipídeos e derivados de vegetais possuem grande importância nutricional devido às vitaminas e ácidos graxos dos respectivos óleos e gorduras (PEREIRA, 2007).

2.4.1 Ácidos graxos

Os ácidos graxos livres, Figura 2, ocorrem em quantidades pequenas nos óleos e gorduras. No entanto, participam da construção de moléculas de glicerídeos e de certos não glicerídeos, representando até 90% da massa total dessas moléculas o que contribui, de maneira muito importante para as propriedades físico-químicas dos diferentes óleos e gorduras (RIBEIRO, 2004).

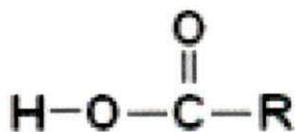


Figura 2: Fórmula estrutural do ácido graxo

Ácidos graxos são todos aqueles denominados ácidos monocarboxílicos alifáticos; no entanto, salvo algumas exceções, todos os ácidos encontrados na natureza são de alto peso molecular, em geral de cadeia linear (denominados também ácidos graxos normais), saturados e insaturados (BOBBIO e BOBBIO, 1995)

Basicamente os ácidos graxos diferem um do outro, pelo comprimento da cadeia hidrocarbonada e pelo número e posição das duplas ligações.

Quanto à extensão da cadeia, os ácidos graxos, segundo NOVELLO (2008) se classificam em:

- Ácidos graxos de cadeia curta com 4 a 8 átomos de carbono (gorduras de laticínios).
- Ácidos graxos de cadeia média, de 8 a 12 carbonos (óleo de coco e de palmeira).
- Ácidos graxos de cadeia longa, mais de 12 átomos de carbono (muitos tipos de gordura de origem animal).

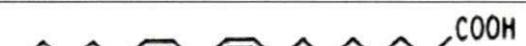
Os ácidos graxos presentes nos óleos e gorduras são constituídos, geralmente, por ácidos carboxílicos que contêm de 4 a 30 átomos de carbono na sua cadeia molecular.

Para MILINSK (2007) ácidos graxos saturados se encontram em uma conformação linear, flexível em estado de menor energia quando comparados com os ácidos graxos insaturados, que apresentam dobramentos na cadeia carbônica e uma angulação de 30 graus para cada dupla ligação presente.

De acordo com FREITAS (2007) a presença ou ausência de duplas ligações na cadeia molecular determina o grau de saturação do ácido graxo (Tabela 5).

- Ácidos graxos saturados - não contêm nenhuma dupla ligação entre os átomos de carbono.
- Ácidos graxos insaturados - contêm uma ou mais duplas ligações dentro da cadeia de carbono.
- Ácidos graxos monoinsaturados (MUFAS) – a contêm penas uma dupla ligação dentro da cadeia de carbono.
- Ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS) - contêm duas ou mais duplas ligações dentro da cadeia de carbono.

Tabela 5: Alguns ácidos graxos de óleos e gorduras

Ácidos graxos		
Estrutura		Nomenclatura
Monoinsaturado		
I- 		Ácido miristoleico
II- 		Ácido oleico
Poli-insaturado		
III- 		Ácido linoleico
IV- 		Ácido α -linolênico
VII 		Ácido araquidônico

FONTE: SANTOS, (2008)

A ANVISA fixou, considerando a necessidade de maior controle sanitário dos alimentos, as características mínimas para assegurar a qualidade dos óleos e gorduras vegetais, baseada no teor dos principais constituintes dos óleos, que são os ácidos graxos (BRASIL, 1999). A Tabela 6 apresenta os principais ácidos graxos presentes nos óleos comercializados.

A qualidade e a digestibilidade dos azeites e óleos vegetais comestíveis são determinadas pela qualidade e pela quantidade dos ácidos graxos insaturados que os compõem, sendo fundamental a presença do ácido linoleico já que o organismo não pode sintetizá-lo (ABOISSA, 2010).

KOBORI e JORGE (2005) definem ácidos graxos livres como o grau de acidez à porcentagem de ácidos graxos livres que contêm um óleo, expressos em ácido oleico. Os autores caracterizaram os óleos extraídos das sementes de laranja, maracujá, tomate e goiaba, como aproveitamento de resíduos industriais e verificaram que as porcentagens de ácidos graxos livres determinadas para os óleos de tomate e goiaba foram baixas, podendo-se constatar que as matérias-primas eram de boa qualidade, visto que os valores obtidos foram inferiores a 2%, valor este considerado limite para a maioria dos óleos vegetais brutos no Brasil, conforme a portaria 482/99 ANVISA (BRASIL, 1999).

Tabela 6: Principais ácidos graxos que ocorrem nos óleos vegetais

	Símbolo Numérico	Fórmula molecular	Nomenclatura Trivial	Babaçu	Coco	Palmiste	Palma
SATURADOS	C 4:0	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	Butírico	-			
	C 6:0	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	Capróico	-	0,4 - 0,6	< 0,8	-
	C 8:0	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	Caprílico	2,6 - 7,3	5,0 - 10,0	2,4 - 6,2	
	C 10:0	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	Cáprico	1,2 - 7,6	4,5 - 8,8	2,6 - 5,0	
	C 12:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	Láurico	40,0 - 55,0	43,0 - 51,0	41,0 - 55,0	0,0
	C 14:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	Mirístico	11,0 - 27,0	16 - 21	14 - 18	0,5-2,0
	C 16:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	Palmítico	5,2 - 11,0	7,5-10	6,5-10	35-47
	C 18:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	Estearico	1,8 - 7,4	2-4	1,3-3,0	3,5-6,5
	C 20:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	Araquídico	-	-	-	-
	C 22:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH	Behênico	-	-	-	-
	C 24:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	Lignocérico	-	-	-	-
INSATURADOS	C 16:1	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH=(CH ₂) ₇ COOH	Palmitoleico	-	-	-	-
	C 18:1	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Oleico	9,0 - 20,0	5,0-10,0	12,0-19,0	36,0-47,0
	C 18:2	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Linoleico	1,4-6,6	1,0-25,0	1,0-3,5	6,5-15
	C 18:3	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Linolênico	-	< 0,5	< 1,0	< 0,5
	C 20:0	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH	Araquidônico	-	-	-	-

FONTE: BRASIL (1999)

A maioria dos ácidos graxos de óleos comestíveis possui uma cadeia carbônica de 16 a 18 carbonos, embora o óleo de coco contenha alto grau de ácido láurico, com 12 átomos de carbono na sua constituição. Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeia longa, livres ou esterificados, constituindo os óleos e gorduras. Quando saturados possuem apenas ligações simples entre os carbonos e possuem pouca reatividade química. Já os ácidos graxos insaturados contêm uma ou mais ligações duplas no seu esqueleto carbônico; são mais reativos e mais suscetíveis a termo-oxidação (REDA e CARNEIRO, 2007).

2.4.1.1 Ácidos graxos saturados

Os ácidos graxos são ditos saturados por não apresentarem ligações duplas entre os carbonos (MORETTO e FETT, 1998) (Figura 3).



Figura 3: Fórmula estrutural do ácido graxo saturado

No grupo dos ácidos graxos saturados se encontram os ácidos esteárico (o mais importante), butírico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, araquídico e behênico (PEREIRA, 2007).

Usualmente, os ácidos graxos saturados se apresentam em produtos de origem animal. Merece registro o fato de a gordura de coco constituir uma exceção uma vez que é rica em ácidos graxos saturados, apesar de ser um alimento de origem vegetal (FARIA et al., 2010).

Segundo NOVELLO et al. (2008) os ácidos graxos saturados no organismo tendem a elevar tanto a LDL como a HDL e aumentam o nível de colesterol sanguíneo, visto que reduzem a atividade do receptor LDL-colesterol e o espaço livre de LDL na corrente sanguínea. Os ácidos graxos mais aterogênicos são o mirístico (C14:0) e o palmítico (C

16:0). O ácido esteárico (C 18:0) é uma exceção porque ele é transformado em ácido oleico (AG monoinsaturado) tão rapidamente que não tem efeito de elevação do colesterol.

2.4.1.2 Ácidos graxos insaturados

O grau de insaturação do óleo tem sido considerado, há muito tempo, um dos fatores mais importantes devido à distinta reatividade dos ácidos graxos insaturados (CORSINI e JORGE, 2006) (Figura 4).

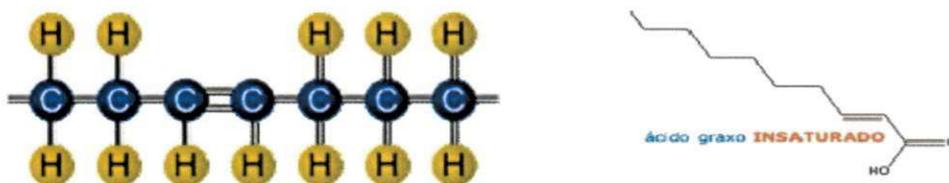


Figura 4: Fórmula estrutural do ácido graxo insaturado

Segundo FARIA et al. (2010) a presença de insaturação nas cadeias dificulta as interações moleculares e, razão por que, os óleos tendem a se apresentar na temperatura ambiente, no estado líquido.

Dentre as famílias dos ácidos graxos insaturados os mais importantes são o linoleico (C18:2), linolênico (C18:3) e o araquidônico (C20:4). O organismo humano não consegue sintetizar esses ácidos graxos que, por este motivo, são ditos essenciais (MORETTO e FETT, 1998).

De acordo CHRISTOFF (2006) o número de insaturações pode variar entre 1 e 6, sendo que três insaturações são comuns. Os ácidos graxos insaturados são classificados em poli-insaturados, representados pelas séries ômega-6 (linoleico e araquidônico) e ômega-3 (alfalinolênico, eicosapentaenóico-EPA e docosahexaenóico-DHA) e o monoinsaturados, representados pela série ômega-9 (oleico). O ácido linoleico é essencial e o precursor dos demais ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-6, cujas fontes alimentares são os óleos vegetais de soja, milho e girassol (CORDOBILHA, 2008).

Os ácidos graxos poli-insaturados existem em menores quantidades em alimentos, como os óleos vegetais, amêndoas, peixe, frango e legumes.

As duas séries de ácidos graxos Poli-insaturados (PUFAS), n-3 e n-6 e seus derivados, se originam dos ácidos cis-linoleico e α -linolênico, respectivamente. A nomenclatura ÔMEGA (ω) é definida segundo a numeração do carbono associada à primeira dupla ligação (3°, 6° ou 9°) a partir do radical metila. Esta classificação implica em características estruturais e funcionais desses ácidos graxos. Os principais representantes dos ácidos graxos Poli-insaturados são o ácido aracdônico (AA) derivado do ômega-6, o ácido docosahexaenoico (DHA) e o ácido eicossapentanoico (EPA) derivados do ômega-3 (OLIVEIRA, 2004).

2.4.1.3 Glicerídios

São definidos como produtos da reação de uma molécula de glicerol (glicerina) com até 3 moléculas de ácido graxo, de acordo com a Figura 5. A reação no sentido direto (\rightarrow) é chamada “reação de esterificação”. Os glicerídeos são ésteres de glicerol. No sentido inverso (\leftarrow) a reação é dita “reação de hidrólise”. Assim, os ácidos graxos podem ser obtidos pela hidrólise dos glicerídeos (RODRIGUES, 2008).

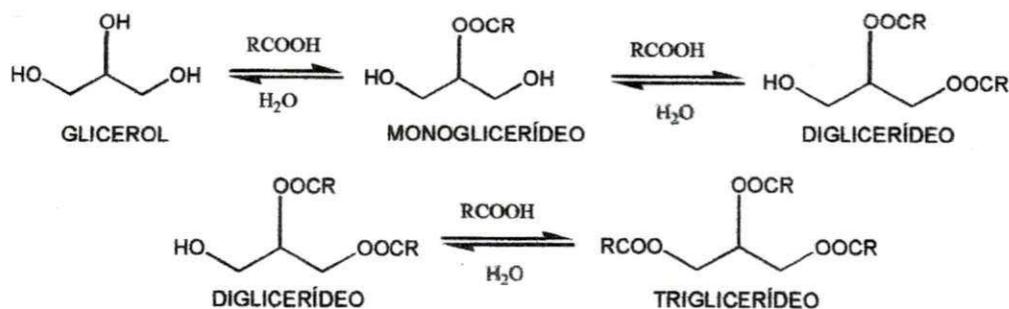


Figura 5: Reação de esterificação e hidrólise

Adaptado de MORETTO e FETT (1998)

2.4.1.4 Não-glicerídios

Em todos os óleos e gorduras encontramos pequenas quantidades de componentes não-glicerídeos (REDA e CARNEIRO, 2007). Os óleos vegetais brutos possuem menos de 5% e os óleos refinados menos de 2%. No refino, alguns desses componentes são removidos completamente, outros, parcialmente. Aqueles que permanecem no óleo refinado, ainda que em traços, podem afetar as características dos óleos devido a alguma propriedade peculiar, como apresentar ação pró ou antioxidante, ser fortemente odorífero, ter sabor acentuado ou ser altamente colorido (FARIA et al., 2002)

De acordo com RODRIGUES (2008) os não-glicerídeos são usualmente reunidos em 6 grupos:

Grupo 1: Não-glicerídeos de principal ocorrência nos óleos brutos – Os principais representantes são os fostatídeos. São definidos estruturalmente pela presença de um poliálcool, como lecitinas, cefalinas e fosfatidil inositol.

Grupo 2: Não-glicerídeos de menor importância para as características dos óleos e gorduras – São incolores, inodoros, insípidos e relativamente inertes; do ponto de vista químico esses componentes não emprestam qualquer propriedade organoléptica importante aos óleos. Os esteróis, as ceras e os hidrocarbonetos incolores, são os não-glicerídeos mais salientes deste grupo. Os esteróis são álcoois cristalinos de elevado ponto de fusão e de estrutura bastante complexa. As ceras são álcoois mono-hidroxílicos de longa cadeia hidrocarbonada também chamados álcoois graxos que ocorrem nos óleos e gorduras quase sempre esterificados com ácidos graxos. Os hidrocarbonetos incolores são s de cadeia longa saturada e insaturada; o de maior ocorrência está o esqualeno.

Grupo 3: Não-glicerídeos, que afetam a aparência das gorduras – são substâncias que imprimem coloração aos óleos e gorduras; destacam-se os carotenoides e a clorofila.

Grupo 4: Não-glicerídeos que afetam a estabilidade dos óleos e gorduras- entre os mais difundidos estão os tocoferóis, que constituem a vitamina E.

Grupo 5: Não-glicerídeos, que afetam o sabor e o odor de óleos e gorduras - são poucos os componentes responsáveis pelo odor destacando-se as lactonas e metilcetonas.

Grupo 6: Não-glicerídeos de importância nutricional – vitaminas lipossolúveis como A, D, E e K.

2.5 Secagem

Para um aproveitamento melhor os alimentos após cada colheita, diversos pesquisadores estão motivados a estudar a melhor forma e o modo de conservar as propriedades organolépticas e vitaminas dos alimentos. Para SILVA (2009) as operações de desidratação ou secagem são importantes nas indústrias de processos químicos alimentícios, cujo objetivo básico é a remoção, total ou parcial, da água, para um nível em que o crescimento microbiano seja minimizado nos processos.

A secagem é uma das mais antigas e usuais operações unitárias encontradas nos mais diversos processos usados em indústrias agrícolas, cerâmicas, químicas, alimentícias, farmacêuticas, de papel e celulose, mineral e de polímeros. É também uma das operações mais complexas e menos entendida devido à dificuldade e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido (PARK et al., 2004).

Para ALMEIDA et al. (2006) a secagem é o processo comercial mais utilizado para preservar o alimento pois, quando comparado com outros métodos de conservação para períodos longos, como a centrifugação, o enlatamento, os tratamentos químicos, a irradiação, entre outros, é de custo mais baixo e de operação mais simples.

Vários autores sugeriram uma definição para secagem. PARK (2001) a define como a eliminação da água do material através da evaporação. MARTINAZZO et al. (2010) afirmam que a secagem consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto, logo após sua maturidade fisiológica, a um nível máximo de teor de água no qual possa ser armazenado por longos períodos sem que ocorram perdas significativas. Para ALMEIDA et al. (2006) a secagem é um processo combinado de transferência de

calor e massa, a qual reduz a disponibilidade de água facilitando o crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas. FIOREZE (2004) afirma que a secagem é a remoção de umidade do produto até que um nível desejado seja alcançado de acordo com a destinação do produto.

De acordo com SANTOS (2009) a secagem é inerentemente uma área inter e multidisciplinar que oferece um amplo campo de pesquisas, de natureza fundamental e aplicada, acoplando fenômenos de transporte e ciência dos materiais, visto que o objetivo da secagem não é somente fornecer calor e remover umidade do material mas também produzir um produto seco de qualidade específica.

Ao ser colocado no secador devido, à diferença de temperatura (ambiente mais quente que material) ocorre uma transferência de calor da fonte quente para o material úmido e também a evaporação da água. A diferença de pressão parcial de vapor d'água entre o ambiente quente (ar quente) e a superfície do produto ocasionará uma transferência de massa do produto para o ar e assim o vapor será arrastado do material.

Durante a secagem é na superfície do material que ocorre a evaporação da água, a qual foi transportada do interior do sólido. Os mecanismos mais importantes desse transporte são: difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor (PARK et al., 2007).

2.5.1 Métodos de secagem

A secagem constitui um processo que remove grande parte de líquido de um produto por evaporação, mediante a ação do calor, podendo ser realizado por meio natural ou artificial.

Para GARCIA et al. (2004) os métodos de secagem são classificados, quanto ao uso de equipamentos, em natural ou artificial; à periodicidade no fornecimento de calor contínuo ou intermitente e quanto à movimentação da massa de semente estacionário ou contínuo. Na escolha do método de secagem o fator quantidade de grãos é limitante e, quando se necessita secar grandes quantidades é imprescindível a utilização da secagem

artificial cujos custos de operação estão relacionados, principalmente, com volume, velocidade de secagem e temperatura do ar. É imprescindível que os operadores tenham consciência das condições de secagem que conseguem proporcionar às sementes buscando maximizar os benefícios possíveis ou, por outro lado, minimizar ao máximo as inevitáveis e irreversíveis perdas que ocorrem a partir do momento em que as sementes atingem sua máxima qualidade, ainda no campo.

A secagem é utilizada como pretratamento de extração do óleo, de vez que auxilia na redução da umidade e no aumento da temperatura do material a ser prensado facilitando, assim, sua extração. Além disso, de todas as operações de pretratamento a secagem é considerada uma das mais críticas pois a condução inadequada desta etapa poderá acelerar o processo de oxidação dos lipídeos comprometendo a qualidade do produto final (SILVA, 2009).

A secagem natural é baseada nas ações do vento e do sol para a remoção da umidade das sementes. Tal processo é limitado pelo clima quando as condições de umidade relativa do ar e temperatura não permitem ou quando se trata de maiores volumes de sementes. A secagem natural pode ser processada em terreiros, tabuleiros ou encerrada; tudo depende da quantidade de grãos e da disponibilidade de locais para secagem; utilizando-se o processo de secagem natural, os grãos devem ser espalhados e deverão ser movimentados constantemente com rodos de madeira. Segundo RICCI et al., (2006 em terreiros apesar de não possuir custos reais na operação de execução) este tipo de secagem apresenta desvantagens, como ter necessidade de extensas áreas, baixo rendimento, custos altos de mão-de-obra para movimentação dos grãos no terreiro, além de o produto estar sujeito a variações climáticas sendo utilizado mais na secagem de café, além de outras culturas de menor importância.

De acordo com ARRUDA (2004) na secagem natural o processo é lento e deve ser conduzido à sombra, em local ventilado, protegido de poeira e do ataque de insetos e outros animais, é recomendada em regiões de condições climáticas favoráveis, relacionadas principalmente à ventilação.

A secagem artificial é realizada através de secadores mecânicos que apresentam as vantagens de permitir o controle da temperatura, do fluxo do ar de secagem e do tempo de exposição das sementes ao ar aquecido, fatores fundamentais para garantir a eficiência do processo (ALMEIDA et al., 2006; GARCIA et al., 2004).

Os métodos de secagem obtidos pela exposição das sementes num secador, a um fluxo de ar aquecido ou não, podem ser divididos conforme o fluxo das sementes no secador, em estacionário e de fluxo contínuo (EICHOL e PERES, 2008).

Para AZEREDO (2004) a secagem convencional pelo ar aquecido é realizada em secadores cujo sistema se baseia na circulação de ar aquecido combinando, desta forma, transferência de calor (aquecimento do produto) e de massa (remoção da umidade).

O processo convencional de secagem pelo ar quente em secadores do tipo bandeja, túnel ou esteira, ainda é muito difundido para a secagem de alimentos sólidos em virtude da sua simplicidade e flexibilidade. Sabe-se que, nesses tipos de equipamento, o período final do processo é especialmente importante. Isto porque, nesta fase, as partes externas do material já estão secas e sua temperatura, que no início do processo era aproximadamente igual à temperatura de bulbo úmido do ar de secagem, sofre uma elevação tendendo a igualar-se à temperatura de bulbo seco do ar. Desta maneira, os atributos físicos, sensoriais e nutricionais do produto podem ser prejudicados (SILVA et al., 2007).

De acordo com FELLOWS (2006) o objetivo principal da secagem, é prolongar a vida de prateleira dos alimentos, por meio da redução da atividade de água. Segundo GAVA et al. (2008) as vantagens da secagem são várias, entre as quais se tem uma melhor conservação do produto e redução de sua massa; muitas vezes a secagem é mais econômica que outros processos de conservação.

Para OLIVEIRA (2005) as características específicas de cada produto associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem; entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de

secagem baseado na transferência de calor e de massa pode ser dividido em três períodos (Figura 6).

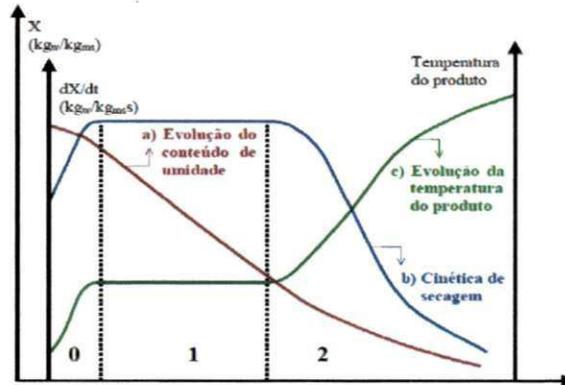


Figura 6: Curvas típicas de secagem

FONTE: PARK et al. (2007)

PARK et al. (2007) descrevem as curvas de secagem como: A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, conteúdo de umidade do produto em base seca (X) em relação à evolução do tempo de secagem (t), isto é, é a curva obtida pesando o produto durante a secagem em determinada condição de secagem.

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação à evolução do tempo (t), isto é, é a curva obtida diferenciando a curva (a).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo t), isto é, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

O primeiro período (período 0) representa o início da secagem. Neste período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água).

O segundo período (período 1) caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e,

portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante.

É bom ressaltar que para os grãos é difícil a existência deste período, haja visto que as condições operacionais de secagem são tais que as resistências de transferências de massa se encontram essencialmente no interior do produto fazendo com que a taxa de evaporação da superfície ao ambiente seja bem superior à taxa de reposição de umidade do interior à superfície do material.

No terceiro período (período 2) a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nesta fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado. O terceiro período é quase sempre o único observado para a secagem de grãos.

OLIVEIRA (2005) avaliou a curva de secagem e fez as seguintes considerações: O primeiro período representa o início da secagem. Neste período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água pois, inicialmente, o material estava abaixo da temperatura de secagem. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água). O segundo período se caracteriza pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. No terceiro período a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nesta fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o

produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado.

O conhecimento do conteúdo inicial e final (equilíbrio) de umidade do material, da relação da água com a estrutura sólida e do transporte da água do interior do material até a sua superfície, possibilita, fundamentar o fenômeno da secagem.

2.5.2 Cinética de secagem

A cinética de secagem é a relação entre o teor de água do material e o tempo. Esta é frequentemente utilizada para descrever os mecanismos macro e microscópicos de transferência de calor e massa envolvidos no processo de secagem (ROSA, 2010).

O estudo e a modelagem matemática da cinética de secagem têm despertado o interesse de vários pesquisadores para os mais diferentes produtos. Na literatura, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever a cinética de secagem em camada fina para produtos agrícolas: sementes de maracujá amarelo (CARLESSO et al. (2005), folhas de capim limão (MARTINAZZO et al., 2010), e semente de mamão (VENTURINI et al., 2012) entre outros.

A cinética de secagem em camada delgada foi estudada por diversos autores. CORRÊA et al. (2003), BERBET et al. (2005) e FARIA et al. (2012) utilizaram diferentes modelos matemáticos para descrever a cinética de secagem de sementes de milho doce, sementes de mamão e sementes de crambe, respectivamente.

Devido à complexidade das equações, muitos pesquisadores têm utilizado o método empírico para estudar a secagem de produtos biológicos. O método empírico consiste em formar grupos fixos adimensionais que podem ser facilmente investigados em laboratório através de experimentos e se baseia nas condições externas, como temperatura, umidade e velocidade do ar de secagem porém não fornece indicações sobre o transporte de energia nem de umidade do interior dos produtos (SILVA citado por MARQUES, 2006).

A modelagem matemática do processo da secagem de produtos agrícolas é extremamente importante a fim de se projetar corretamente equipamentos e de se estabelecer o melhor procedimento para o processamento de produtos a serem desidratados.

Na literatura são encontrados diversos modelos empíricos e semiempíricos para descrever a cinética de secagem. O objetivo é buscar uma forma de representar a cinética de secagem que melhor se ajuste aos dados experimentais e assim obter as equações de taxa de secagem para a utilização na modelagem de produtos agrícolas. Na Tabela 7 são selecionados os modelos utilizados para prever o fenômeno de secagem de produtos agrícolas.

Tabela 7: Modelos empíricos e semiteóricos para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas

Modelo	Designação do Modelo	Equação
Wang & Singh	$RX=1+at+bt^2$	(1)
Verna	$RX=a \text{Exp}(-k t)+(1-a) \text{Exp}(-k_2 t)$	(2)
Thompson	$t=a \ln RX+b(\ln RX)^2$	(3)
Page	$RX=\text{Exp}(-k t^n)$	(4)
Lewis	$RX=\text{Exp}(-k t)$	(5)
Midilli	$RX=a \text{Exp}(-k t^n)+b.t$	(6)
Logarítmico	$RX=a \text{Exp}(-k t)+c$	(7)
Henderson & Pabis	$RX=a \text{Exp}(-k t)$	(8)
Henderson & Pabis Modificado	$RX= a \text{Exp}(-k t)+b \text{Exp}(-k_o t)+c.\text{Exp}(-k_1 a t)$	(9)
Exponencial de Dois termos	$RX=a \text{Exp}(-k_o t)+b \text{Exp}(-k_1 t)$	(10)
Aproximação da Difusão	$RX=a \text{Exp}(-k t)+(1-a) \text{Exp}(-k b t)$	(11)
Cavalcanti Mata	$RX=a_1 \text{Exp}(-b t^{a_2})+a_3 \text{Exp}(-b t^{a_4})+a_5$	(12)

2.6 Extração de óleos vegetais

Para extração de óleos vegetais as tecnologias usuais são as de extração por prensagem, com escalas e ordens de investimento menores, e de extração química, com escalas e investimentos maiores.

Além de tecnologias distintas a decisão por estruturas mais próximas dos agricultores com menos tecnologia e investimentos menores ou unidades maiores com processos mais rentáveis, deverá ser realizada de acordo com as necessidades de cada região e os anseios da agricultura familiar.

Independentemente do processo de extração utilizado, o preparo da matéria-prima normalmente passa por algumas etapas iniciais antes da extração em si: limpeza, decorticação, trituração, laminação e cozimento. A extração de óleos de sementes oleaginosas normalmente é feita sob prensagem mecânica ou se utilizando os processos que empregam solventes (BEZERRA, 2000).

No processo de extração a temperatura é um dos fatores mais importantes podendo afetar as propriedades físico-químicas do óleo, levar à rancificação de gorduras e alterar pigmentos, tais como os carotenoides, quando submetidos a altas temperaturas. Desta forma, a seleção das condições de operação (tipo de secagem e tempo) que minimizam essas alterações é importante para obtenção de produtos de qualidade (AQUINO et al., 2009).

Para TANGO (2004) na extração de óleo a secagem de grãos e frutos é uma prática usual que facilita o processo, no que diz respeito ao contato entre o solvente e o soluto (óleo) a ser extraído, resultando em maiores rendimentos.

Os processos industriais normais utilizados na produção de óleo consistem de prensagem contínua ou hidráulica e/ou extração por solventes. Esses processos têm certos inconvenientes: equipamentos muito caros para instalar e manter, alto nível de perigo devido às grandes quantidades de solvente empregadas e indesejáveis efeitos colaterais na

qualidade dos produtos acabados devido principalmente, às altas temperaturas alcançadas em algumas etapas (SANTOS, 2009).

Comercialmente, existem três métodos básicos de extração de óleo, podendo sofrer algumas modificações ou mesmo ser utilizados combinados entre si: prensa hidráulica por batelada, prensa mecânica contínua (também chamadas expeller) e extração por solventes. As prensas hidráulicas, muito utilizadas originalmente, estão sendo substituídas pelas prensas mecânicas, que são mais eficientes na extração, mais simples de serem operadas e com custo de aquisição menor sendo recomendadas, portanto, para pequenas cooperativas e organizações de países em desenvolvimento.

Segundo FERNANDES et al. (2002) para se extrair o óleo de sementes vegetais empregam-se extrações com solventes orgânicos ou por prensagem das sementes, sendo que este último processo produz menor quantidade que o primeiro. Extração usando fluido supercrítico é relatada na literatura, sendo o fluido de CO₂ o mais utilizado e a extração é dependente da pressão, temperatura e da granulação do pó das sementes. Os autores citados concluíram, ao avaliar a extração de óleos das sementes de plantas cítricas com hexano em aparelho "Soxhlet" e por fluido supercrítico de CO₂, que a extração por fluido supercrítico apresentou maior seletividade quando comparada com as extrações com hexano em aparelho "Soxhlet", produzindo maior quantidade de óleo e ausência de ácidos graxos livres.

De acordo com SANTOS e FERRARI (2005) a extração enzimática de óleos vegetais, principalmente para aumentar o rendimento de obtenção de óleo, fornece resultados promissores quando aplicada simultaneamente com processos puramente mecânicos. Trabalhos de utilização de enzimas no processamento de oleaginosas têm sido publicados. SILVA (2009) verificou, ao estudar o uso de processos combinados para aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba, que a adição de enzimas aumentou o rendimento de extração do óleo sem comprometer a qualidade do mesmo. SANTOS e FERRARI (2005) avaliaram os efeitos do tempo de extração, concentração, tipo de enzima e diluição da amostra (soja) sobre o rendimento do processo de extração enzimática de óleo de soja e concluíram que o rendimento do processo de

extração enzimática aquosa de óleo de soja, foi inferior ao processo de extração por solvente.

Para REDA e CARNEIRO (2007) a obtenção do óleo vegetal bruto é feita por meio de métodos físicos e químicos sobre as sementes de oleaginosas usando-se um solvente como extrator e prensagem. Nesta fase o óleo vegetal contém impurezas como ácidos graxos livres prejudiciais à qualidade e estabilidade do produto, sendo necessário remover essas impurezas pelos processos de refino, que envolve a remoção do solvente, a degomagem, o branqueamento, a desacidificação e a desodorização.

2.6.1 Extração por prensagem

A extração com uso de prensas para obtenção de óleo é mais recomendada para matérias-primas com altos teores de óleo. Após a extração, há uma quantidade apreciada de óleo na torta, que pode ser extraída com uso de solvente. A vantagem da utilização da prensa frente ao uso de solvente na extração é o seu baixo custo operacional e versatilidade para diferentes matérias-primas e pequenas capacidades (TOMAZIN JÚNIOR, 2008).

Apesar de ser menos eficiente na retirada da fração lipídica, a extração por prensa constitui o sistema mais viável em pequena escala, por não depender das exigências de instalações e segurança, inerentes ao processamento com uso de solvente (SOUZA et al., 2009).

2.6.2 Extração por solvente

Neste processo o óleo é obtido por meio de solvente químico orgânico. Os solventes utilizados para extração de gorduras são apolares; portanto, solventes orgânicos, que podem ser éter de petróleo, éter etílico, acetona, clorofórmio, benzeno e álcoois (CECCHI, 2003).

Para CECHI (2010) os dois solventes mais utilizados na extração de óleos a quente são o éter de petróleo e o éter etílico. O éter etílico é um solvente de extração mais ampla,

pois pode extrair também as vitaminas, esteroides, resinas e pigmentos, o que constitui um erro quando se deseja determinar somente gordura (trigliceróis), porém estes compostos aparecem em pequenas quantidades, o que daria um erro aceitável; por outro lado, ele é menos usado porque é caro, perigoso e pode acumular água durante a extração que vai dissolver materiais não lipídicos; portanto, o éter de petróleo é mais comumente utilizado.

MANZKE et al. (2008) observaram, ao avaliar eficiência do hexano com relação ao éter de petróleo na extração de gordura em grãos e pastagens, que os dois solventes foram eficientes extrato etéreo .

2.7 Caracterização de óleos, azeites e gorduras

Os óleos oriundos de frutos como o azeite de oliva, são denominados azeites FENNEMA (2000).

A diferença entre azeites e óleos vegetais comestíveis está no modo de extração, a partir de sementes ou frutos. Os azeites são extraídos dos frutos por prensagem, sem uso de produtos químicos, como é o caso do azeite de oliva; já os óleos vegetais são extraídos a partir de sementes, por prensagem e solventes, posteriormente refinados (ALMEIDA, 2009).

A caracterização de óleos comestíveis refinados implica no conhecimento de diversos parâmetros relacionados à composição química e às propriedades físicas. Algumas características são indicativas da qualidade de um produto. No que se refere aos óleos vegetais, parâmetros físicos e químicos são analisados e utilizados para garantir a qualidade dos mesmos. No setor de alimentos a qualidade dos óleos depende de diversos fatores associados a todos os estágios de produção, como a escolha do material bruto, fases de processamento, refinamento e armazenamento (PEREIRA, 2007).

Para FARIAS (2007) a qualidade do óleo de pequi, como a de outros óleos vegetais de depende, de maneira geral, de vários fatores, como tempo de aquecimento, exposição à luz e ao oxigênio do ar e adição de adulterantes (mistura de óleos mais baratos).

De acordo com BENÍCIO et al. (2010) o conhecimento das características físico-químicas de óleos e gorduras é importante pois permite o estabelecimento da identidade para determinado lipídeo, através da análise do conjunto dos vários índices que lhes são específicos.

As determinações feitas na análise de óleos e gorduras são, geralmente, as dos chamados índices, que são expressões de suas propriedades físicas ou químicas dos mesmos e não as porcentagens dos seus constituintes. Assim, são determinados os índices de iodo, saponificação, peróxidos e as constantes físicas como o ponto de fusão e o índice de refração. São esses índices que, juntamente com as reações características, servem para identificação e avaliação da maioria dos óleos e gorduras, sendo o resultado da análise baseado neste conjunto de dados. Os métodos de cromatografia em fase gasosa são há muito tempo, aplicados para o conhecimento da composição dos ácidos graxos desses compostos (IAL, 2008).

A AOCS (*American Oil Chemists' Society*) também tem proposto um conjunto de normas com limites específicos dos parâmetros de qualidades de óleos vegetais, de modo a garantir sua conformidade dentro de certo padrão de qualidade, levando em conta se estes estarão aptos ou não para consumo (PEREIRA, 2007).

A análise e o monitoramento dessas análises em óleos vegetais são importantes para avaliação de alternativas de aplicação e da qualidade do óleo (ALMEIDA et al., 2010).

De acordo com SANTOS (2009) o teor de água é um dos principais fatores que afetam a qualidade de produtos agrícolas durante o armazenamento e subsequente processamento. O alto teor de água nas sementes contribui para o desenvolvimento microbiano, favorecendo um processo de respiração mais vigoroso, o que provoca aquecimento, perda de matéria seca e do poder germinativo ocasionando também um desenvolvimento mais acentuado de ácidos graxos livres, o que compromete a qualidade do óleo vegetal das sementes. Além disso, a qualidade do produto seco é de fundamental importância para a eficiência de operações, tais como descascamento, moagem e extração de óleo das sementes. Logo, um processamento e um armazenamento eficientes requerem

que o teor de água seja reduzido a níveis considerados seguros através de métodos adequados de secagem.

A água está presente na maioria dos alimentos numa concentração entre 80–95% apresentando importância fundamental para os processos biológicos além de influenciar na textura, aparência, sabor, susceptibilidade de alterações e perecibilidade. Constatou-se que a vida útil de um alimento não está ligada somente à quantidade de água total presente no mesmo e sim como a água está interagindo com seus componentes sólidos sendo esta interação expressa pela atividade de água. Assim, a atividade de água é um fator que influencia diretamente nas características dos alimentos e na sua estabilidade (KIRCHHOF et al., 2008).

PREVIERO et al. (2011) verificaram, ao realizarem a determinação do teor de água da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) durante o processo de secagem ao sol e a sombra, no município de Palmas - Tocantins, que o teor de água das castanhas a partir de 60 horas de exposição ao sol, alcançou a umidade de 10%, ideal para armazenamento.

Para estudar a autenticidade do óleo de copaíba VASCONCELOS e GODINHO (2002) determinaram o índice de acidez do óleo e constataram que um valor abaixo de 80 mgKOH/ g para este índice serve como indício de que a amostra foi adulterada. Além disto, o valor do índice de acidez pode ser usado para se avaliar o teor do contaminante na amostra. O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo ou azeite. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz e a rancidez é quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres e indica o estado de conservação (IAL, 2008).

FARONI et al. (2009) avaliaram as principais alterações qualitativas de soja armazenada em silos tipo bolsa e do óleo bruto extraído de soja com teores de água de 17,4% e 13,3%, armazenada em dois silos tipo bolsa, por 180 dias. Como resultado verificaram que, ao longo dos 180 dias de armazenamento, os valores médios do índice de peróxidos para ambos os casos se apresentaram abaixo do limite de 10 meq kg⁻¹ de amostra, estabelecido para a comercialização do óleo bruto de soja BRASIL (1999). De acordo com ARAÚJO (2011) o índice de peróxido é um indicador do estágio inicial de

oxidação, cuja presença é um indício de deterioração do sabor e odor, em função de sua instabilidade.

A reação de saponificação pode estabelecer o grau de deteriorização e a estabilidade, verificar se as propriedades dos óleos estão de acordo com as especificações e identificar possíveis fraudes e adulterações (RIBEIRO E SERAVALLI, 2004). ALMEIDA et al. (2006), estudando a caracterização físico-química de óleo de sementes de dois cultivares de algodão colorido (*Gossypium hirsutum* L.) e apresentaram uma avaliação comparativa entre as cultivares de algodão, BRS-Marrom, CNPA-5M e BRS-Verde. O teor de saponificação encontrado nos óleos do algodão BRS-Marrom e CNPA-5M se encontra dentro do padrão recomendado pela legislação vigente e que apenas a BRS-Verde apresentou índice de saponificação superior (199,3mg KOH/g de óleo).

Na Tabela 8 pode-se verificar o índice de saponificação de diferentes óleos, de acordo com pesquisas realizadas por alguns autores

Tabela 8: Índice de saponificação de óleos e gorduras comestíveis.

Óleos vegetais	Índice de Saponificação (mg KOH/g)	Fonte
Algodão	196	DANTAS, 2006
Noz chicha	174	CHAVES et al. (2004)
Macaúba	229, 25	PIMENTA et al. (2010)
Inajá	280,64	MOTTA & FRANÇA (2007)
Ucuúba	220,13	MOTTA & FRANÇA (2007)
Buriti	173,9	CARVALHO (2011)
Tucumã	202,71	FERREIRA et al. (2008)
Coco	248 - 256	BRASIL (1999)

O índice de iodo é uma medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura e é expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% de iodo absorvido). O índice de iodo, portanto, proporciona uma medida do grau de insaturação das gorduras extraídas por éter. Por esta razão, quanto maior a insaturação de um ácido graxo maior também será a sua capacidade de absorção de iodo e,

consequentemente, maior será o índice de iodo (MENDONÇA et al., 2008; MORETTO e FETT, 1998). Do ponto de vista da saúde, é preferível o uso de óleos vegetais com altos índices de iodo. Há duas exceções interessantes: o óleo de coco, composto principalmente por ácidos graxos saturados com um índice de iodo baixíssimo (8 a 10) e os óleos de peixe, ricos em ácidos graxos não saturados, com um índice elevado de iodo. (BONTEMPO, 1984).

ALMEIDA et al. (2006) realizaram a caracterização físico-química de óleo de sementes de dois cultivares de algodão colorido (*Gossypium hirsutum L.*) e verificaram que os valores de iodo encontrados para as duas cultivares variam de 117,9 a 119,2 Wijs, denotando que os resultados estão dentro do limite máximo permitido para esta oleaginosa, que é de 119,0 Wijs. O método de Wijs é aplicável a todos os óleos e gorduras normais que não contenham ligações duplas conjugadas.

2.8 Comportamento reológico do fluido

Em 1687 Isaac Newton introduziu o conceito de viscosidade, especialmente para líquidos, e apresentou hipóteses associadas com o escoamento dos fluidos entre duas placas paralelas, como se verifica na Figura 7.

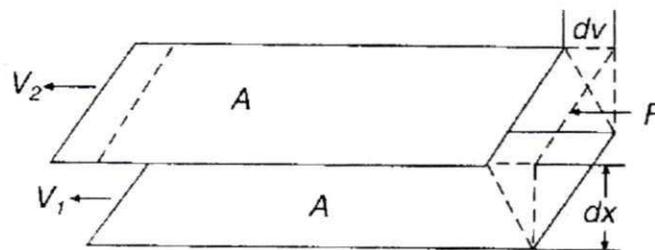


Figura 7: Modelo para definição de viscosidade

Dois planos paralelos de fluido de área igual a “A”, estão separados por uma distância “dx” e se movem na mesma direção com velocidades diferentes “ V_1 ” e “ V_2 ”. Newton assumiu que a força requerida para manter essa diferença na velocidade era proporcional à diferença de velocidade ou ao gradiente de velocidade e, para expressar isto, Newton escreveu:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx}$$

13

Onde η é uma constante para dado fluido, que é chamada viscosidade.

O gradiente de velocidade, dv/dx , é uma medida da mudança na velocidade quando as camadas intermediárias se movem uma em relação à outra. A isto se dá o nome de “gradiente de cisalhamento”. Sua unidade de medida é chamada “segundo recíproco” (sec^{-1}) e pode ser simbolizado por “S”.

O termo F/A indica a força por unidade de área, necessária para produzir a ação cisalhante. É chamado “tensão de cisalhamento” e pode ser simbolizada por “ F' ”. Sua unidade de medida é uma unidade de força dividida por uma área, no sistema CGS [dina/cm^2].

A viscosidade η pode ser dada, portanto, por:

$$\eta = \frac{F'}{S}$$

14

Sua unidade de medida é o “poise”, mas também se encontram medidas de viscosidade expressas em “Pascal-segundos” (Pa.s) ou “mili-Pascal-segundos” (mPa.s). Sendo o Pa.s a unidade do Sistema Internacional.

$$1 \text{ Pa.s} = 100.000 \text{ poise} = 1000 \text{ centipoise} = 1000 \text{ mPa.s}$$

Existem três tipos básicos de viscosidade:

✓ **Viscosidade absoluta:** É a viscosidade medida por um sistema de geometria que não está influenciada pela gravidade para obtenção dessa medida. É expressa em unidades de Poise ou centiPoise (m.Pa.s).

✓ **Viscosidade cinemática:** É a viscosidade medida por um sistema de geometria que usa a gravidade para obtenção dessa medida; sua unidade é o Stokes ou

centiStokes, em que o Stoke é igual ao Poise, dividido pela densidade do fluido (1 Stoke = 100 centiStokes = mm^2/seg).

✓ **Viscosidade aparente:** É a viscosidade de um líquido não newtoniano. É a viscosidade em um único ponto ou a uma taxa de cisalhamento única. É expressa em unidades de Poise ou centiPoise.

A relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento:

- ✓ **Fluidos Newtonianos:** sua viscosidade é constante; seguem a Lei de Newton. Esta classe abrange todos os gases e líquidos não poliméricos e homogêneos. Ex.: água, leite, soluções de sacarose, óleos vegetais.
- ✓ **Fluidos Não Newtonianos:** a relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento não é constante.

Além disso, os fluidos não newtonianos ainda podem ser classificados em: viscoelásticos, dependentes e independentes do tempo, como mostra a Figura 8.

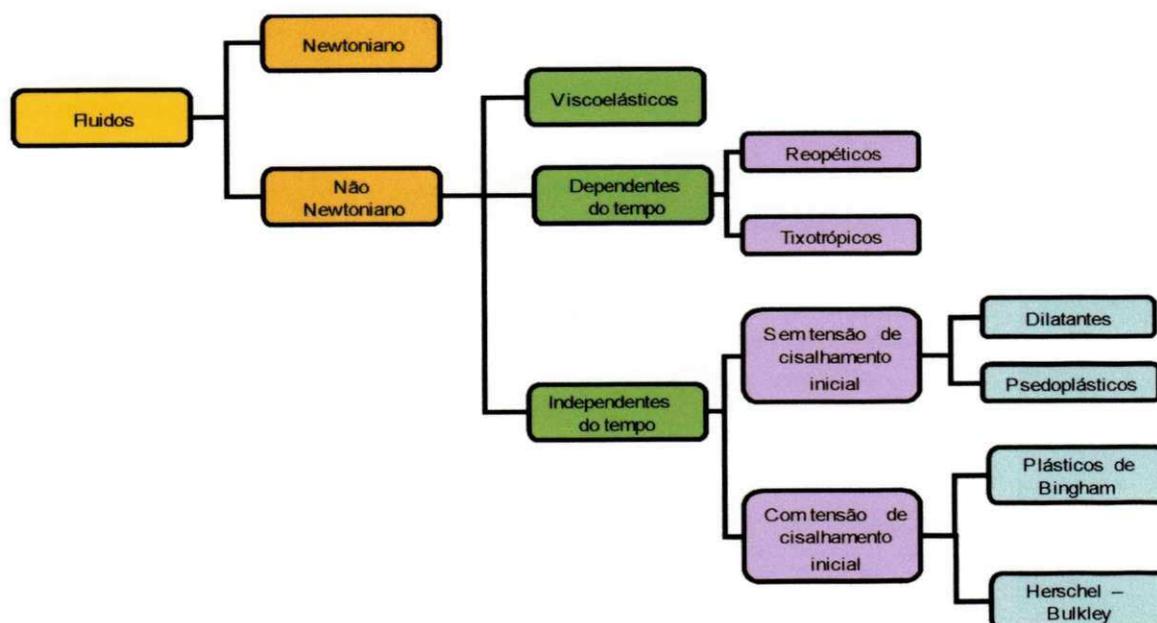


Figura 8: Fluxograma de classificação dos fluidos, segundo comportamento reológico

FLUIDOS NEWTONIANOS: são aqueles que apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, em que a viscosidade é influenciada pela temperatura e concentração e independente da taxa de deformação e tensão de cisalhamento inicial. A equação 3 é a representação matemática do comportamento reológico dos fluidos newtonianos.

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad \text{Onde:} \quad 15$$

τ – Tensão de cisalhamento (Pa)

η – Viscosidade absoluta (Pa.s)

$\dot{\gamma}$ – Taxa de deformação (s^{-1})

FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS: são caracterizados por uma relação não-linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. Muitos fluidos não-newtonianos podem ser descritos pela Equação 4 cuja viscosidade aparente (η_a) é função da taxa de deformação.

$$\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad \text{Onde:} \quad 16$$

η_a – Viscosidade aparente (Pa.s);

τ – Tensão de cisalhamento (Pa);

$\dot{\gamma}$ – Taxa de deformação (s^{-1})

2.8.1 Viscosidade

A preocupação com o aspecto de fluência da matéria remonta a um passado distante e os anais da história da reologia registram, como conceito primordial, a observação de ser um material mais espesso que outro e assim mais resistente à fluência do que outro (UNIVEN, 2010).

O termo reologia vem do grego *rheo* (fluxo) e *logos* (ciência), sugerido por Bingham e Crawford para descrever as deformações de sólidos e a fluidez de líquidos (CORRÊA et al., 2005).

Em linhas gerais, reologia é a ciência que estuda a viscosidade, plasticidade, elasticidade e o escoamento da matéria, ou seja, um estudo das mudanças na forma e no fluxo de um material englobando todas essas variantes. Pode-se então concluir que é a ciência responsável pelos estudos do fluxo e deformações decorrentes deste fluxo, envolvendo a fricção do fluido. Esta fricção ocorre internamente no material, em que uma camada de fluido possui certa resistência ao se deslocar sobre outra. Tudo isto envolvendo uma complexidade de fatores (UNIVEN, 2010).

A viscosidade cinemática é uma propriedade que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade. Os viscosímetros capilares de vidro têm sido largamente usados na determinação da viscosidade dos vários fluidos; neles o peso da coluna do próprio fluido é a força que causa o escoamento no interior do capilar.

Tem-se verificado um aumento acentuado na demanda de mercado em relação a óleos vegetais das mais diversas fontes naturais, destacando-se as aplicações em derivados alimentícios que cobrem desde a formulação de produtos, em que a viscosidade para alimentos líquidos é parâmetro fundamental para caracterização e avaliação de textura, até a transformação e obtenção de ésteres a partir de triacilglicerídeos, ou ainda, o emprego dos óleos vegetais diretamente na formulação de combustíveis minerais (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Segundo CASTRO et al., 2002, o estudo das propriedades reológicas de produtos alimentícios é fundamental para ciência e tecnologia desses alimentos, uma vez que referidas propriedades estão intimamente relacionadas com a composição e estrutura dos mesmos.

Para CAVALALLIERI (2003) a consistência dos alimentos pode variar de um “estado” líquido (bebidas), a sólido (pães, queijos) podendo, ainda, se mostrar-se como um semilíquido, ou mesmo um semissólido (manteigas, iogurtes, sorvetes).

A consistência dos alimentos pode ser verificada através de diversas técnicas, em que a sua grande maioria, tal como os modelos matemáticos utilizados para a representação de resultados obtidos, foi formulada inicialmente, para descrição de comportamento de produtos não alimentícios, como tintas e polímeros sintéticos. A aplicação desses modelos e técnicas para alimentos possui algumas limitações que devem ser consideradas uma vez que são formados por estruturas frágeis, como as redes de proteínas.

Segundo MORETTO e FETT (1998) a viscosidade aumenta com o comprimento das cadeias dos ácidos graxos dos triglicerídeos e diminui quando a insaturação aumenta, é portanto, função das dimensões da molécula e de sua orientação, ou seja, aumenta com a hidrogenação. Os óleos que contêm ácidos graxos de baixo peso molecular são ligeiramente menos viscosos que os com alto peso molecular mas, como em outros líquidos, nos óleos a viscosidade também diminui com o aumento da temperatura havendo uma relação linear entre o logaritmo da viscosidade e o da temperatura.

Óleos são misturas de TAG, sendo a viscosidade dependente da natureza dos TAG presentes no óleo. A viscosidade pode mudar devido aos diferentes arranjos dos ácidos graxos na molécula de glicerol. Portanto, a viscosidade está relacionada às propriedades químicas dos óleos, tais como comprimento da cadeia e grau de saturação/insaturação. Por exemplo, o óleo de palma apresenta maior viscosidade que os óleos de soja, girassol e canola. Um recurso para se obter um óleo com viscosidade adequada, é misturá-lo com outros óleos permitindo que este permaneça sem aditivos para correção da viscosidade (CARVALHO, 2011).

2.9 Estabilidade de óleos vegetais

Para PIANOVSKI et al. (2008) a estabilidade é definida como a amplitude na qual um produto mantém, dentro de limites especificados, as mesmas propriedades e características que possuía quando de sua fabricação durante o período de armazenamento e uso. ANTONIASSI (2001) define a estabilidade oxidativa como a resistência da amostra à oxidação e é expressa pelo período de indução – tempo entre o início da medição e o momento em que ocorre um aumento brusco na formação de produtos da oxidação.

De acordo com CORSINI e JORGE (2006) a perda da estabilidade oxidativa de um óleo se deve às reações de oxidação dos lipídios. A oxidação é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio atmosférico ou aquele que está dissolvido no óleo, reage com ácidos graxos insaturados presentes. As reações químicas envolvidas no processo de oxidação dos óleos são muito complexas e geram, em seus estágios mais avançados, produtos sensorialmente inaceitáveis. O processo de oxidação pode ser favorecido e intensificado pela incidência de luz, que atua como catalisador. Os ácidos graxos insaturados são mais sensíveis à oxidação do que os saturados. As gorduras que tenham sofrido processo de oxidação tendem a escurecer, aumentar a viscosidade, incrementar a formação de espumas e desenvolver sabor e aromas indesejáveis.

LIMA et al. (2004) confirmaram a boa estabilidade (48 h) do óleo da amêndoa de castanha de caju devido à predominância de ácidos graxos saturados. Embora houvesse uma elevada percentagem de ácidos graxos insaturados (82,74%), predominaram o ácido oleico (60,30%) e o linoleico (21,53%). Esses ácidos graxos apresentam maior estabilidade à oxidação quando comparados com o ácido linolênico. Tal fato pode explicar a alta estabilidade do óleo da amêndoa de castanha de caju obtido.

2.9.1 Teste de oxidação acelerada

Os métodos de determinação da estabilidade oxidativa surgiram na tentativa de se avaliar o tempo de vida útil dos óleos e gorduras. Para avaliar a sua susceptibilidade à oxidação, o óleo ou gordura é submetido a testes de oxidação acelerada em condições padronizadas e controladas. Com o intuito de acelerar a oxidação o óleo, ou gordura, é submetido à: catalisadores metálicos ou enzimas, ao aumento da pressão de oxigênio, exposição à luz e agitação. Contudo, o fator temperatura é o mais aplicado e eficiente (HENRIQUES, 2011).

Para se avaliar a estabilidade oxidativa ou sua suscetibilidade à oxidação, o óleo é submetido a teste de oxidação acelerada. A estabilidade à oxidação é um parâmetro de grande importância na qualidade do óleo cuja determinação se baseia na metodologia de ensaio acelerado, originalmente proposta por Hadorn e Zurcher, também conhecido como método Rancimat (SANTOS, 2008).

De acordo com BARRETO (2009) este método de teste consiste na determinação da estabilidade de oxidação de óleos e gorduras, através de uma oxidação acelerada em temperaturas elevadas com exposição a um fluxo de ar. Neste teste ocorre a auto-oxidação do produto em poucas horas, ao invés de semanas ou meses determinando, com isto o tempo de indução do óleo por meio da condutividade dos ácidos carboxílicos voláteis gerados pela reação de oxidação da amostra.

Uma das dificuldades detectadas reside na seleção do momento mais adequado para efetuar a determinação do nível de oxidação. De modo geral, pretende-se avaliar, em determinadas condições padronizadas, o índice de estabilidade oxidativa ou o período de indução da reação, ou seja, o tempo decorrido até que se atinja um ponto crítico de oxidação (alteração do aroma e do sabor, detecção do ranço, aceleração brusca da velocidade de oxidação). A determinação deve ser efetuada ao longo do tempo para que seja representativa do tempo de vida útil.

Segundo *American Oil Chemists' Society* - AOCS (2009) a determinação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras segue a metodologia Cd 12b-92. De acordo com esta metodologia pode-se utilizar, na determinação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras, os equipamentos Rancimat ou OSI (ANTONIASSI, 2001) que medem o período de indução (PI), possível de ser estabelecido como o tempo necessário para a formação de uma concentração de radicais reativos, detectáveis pelo equipamento.

Para ALBUQUERQUE (2006) a medida do Rancimat não expressa diretamente a estabilidade à oxidação (resistência à etapa de iniciação) mas sim a susceptibilidade à rancificação (formação de produtos secundários de oxidação como aldeídos e cetonas, responsáveis por alterar as propriedades organolépticas do material).

2.9.2 Análise Térmica

A Análise Térmica consiste em um conjunto de técnicas, na qual uma propriedade física e/ou química de uma substância e/ou seus produtos de reação é medida enquanto a amostra é submetida a uma programação de temperatura controlada.

A aplicabilidade da análise térmica ocorre em diversas áreas: alimentícia, catálise, cerâmica, engenharia civil, farmacêutica, inorgânica, combustíveis, polímeros, vidros e outras. Dentre as vantagens desta técnica se destacam o uso de pequenas quantidades de amostra, a variedade de resultados em um único gráfico e não requer preparo prévio da amostra para o ensaio a ser realizado (MELO, 2010).

De acordo com FARIA et al. (2002) a análise térmica possibilita uma ampla faixa de aplicação para medidas de propriedades físicas, estudo de reações químicas, avaliação da estabilidade térmica, determinação da composição de materiais e desenvolvimento de metodologia analítica. As técnicas TG/DTG dinâmicas podem, por sua vez, ser usadas para estimular o patamar de estabilidade destes óleos e gorduras.

A Termogravimetria (TG) é uma técnica na qual a variação de massa da substância é medida em função da temperatura (FARIAS, 2011).

A análise térmica diferencial (DTA) é uma técnica térmica de medição contínua das temperaturas da amostra e de um material de referência termicamente inerte, à medida em que ambos vão sendo aquecidos ou resfriados em um forno. Essas medições de temperatura são diferenciais pois se registra a diferença entre a temperatura da referência e a da amostra, em função da temperatura ou do tempo. A análise térmica diferencial (DTA) é utilizada para acompanhar as transições de fase, através do calor absorvido (endotérmico) ou liberado (exotérmico) (GONDIM, 2009)

A estabilidade oxidativa não depende apenas da composição química mas reflete também a qualidade da matéria-prima, as condições a que foi submetido o óleo durante o processamento e as condições de transporte e armazenamento. Os principais fatores que afetam ou catalisam a oxidação lipídica, são: a presença de insaturações nos ácidos graxos, a luz, a temperatura, a presença de antioxidantes e pró-oxidantes, as enzimas e os microrganismos (HENRIQUES, 2011).

De acordo com COMANDINI et al., (2009) muitos estudos têm sido realizados com o intuito de se conhecer melhor a estabilidade oxidativa do óleo, através de estudos sistemáticos sobre os efeitos dos diversos fatores. No entanto, esses fatores influenciam, de

forma interativa, o processo de oxidação dificultando a diferenciação das consequências individuais de cada fator. Neste sentido, torna-se impossível avaliar a extensão da oxidação recorrendo a uma única investigação e análise, sendo conveniente conciliar diferentes métodos para se obter respostas conclusivas.

Segundo DEL RÉ e JORGE (2006) é crescente a preocupação em se conhecer os compostos alterados formados durante o processo de fritura, definir os óleos e/ou gorduras mais adequados para frituras e estabelecer o momento em que esses devem ser descartados. Esses pontos geram impacto econômico podendo implicar em redução final dos custos e melhor qualidade do alimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, localizado na Universidade Federal de Campina Grande e no Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Campus Currais Novos. Na Figura 9 encontra-se o fluxograma das etapas executadas nesta pesquisa.

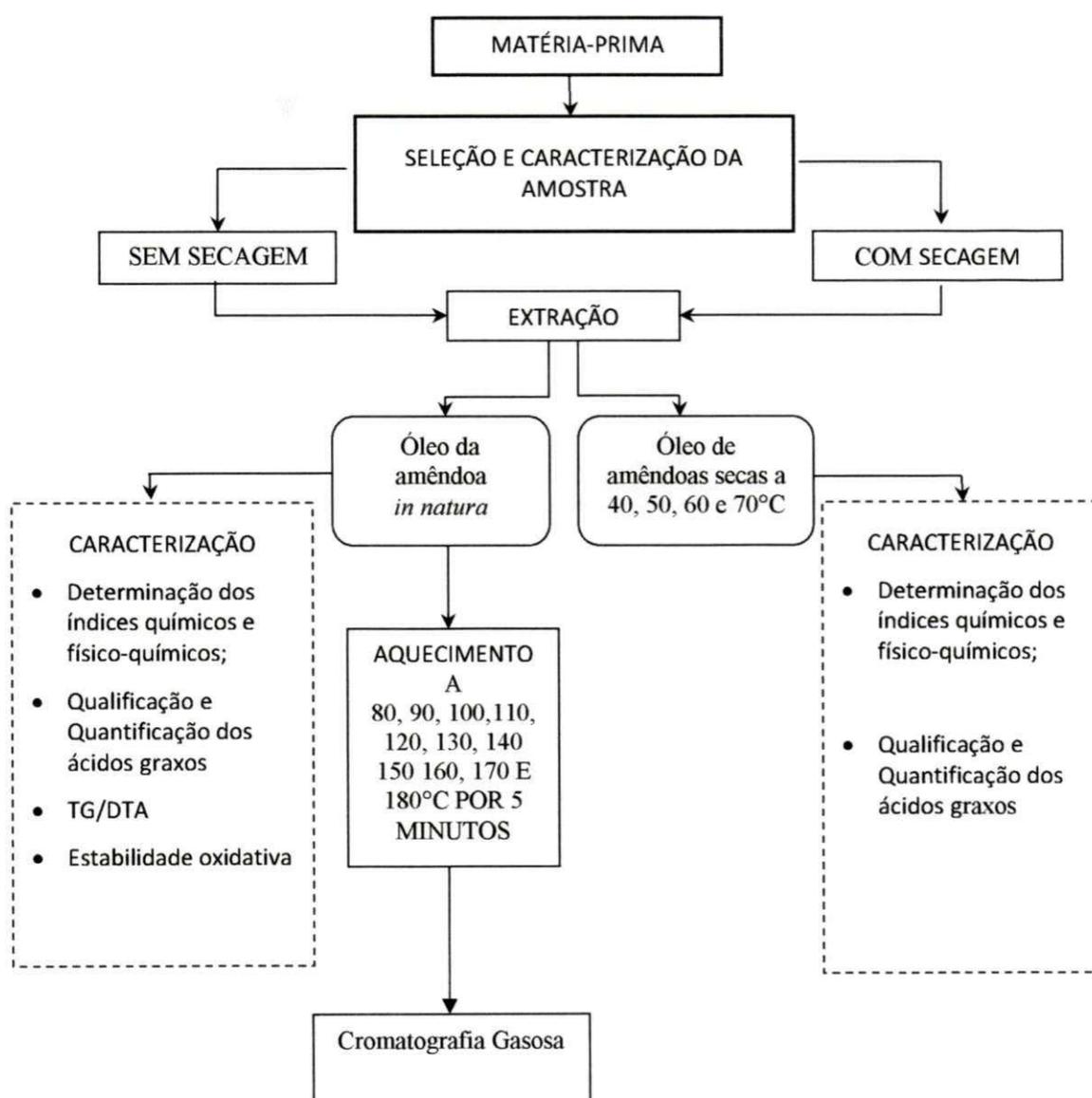


Figura 9: Fluxograma das etapas de processamento da amêndoa do coco catolé

3.1 Matéria-Prima

Os cocos catolé foram adquiridos nos estados da Paraíba e Pernambuco. Foram obtidas amostras nos cachos e as que estavam no chão. Toda matéria-prima foi transportada em sacos de juta, os quais foram armazenados em temperatura ambiente até o momento de quebra da amêndoa.

3.2 Seleção

As amostras de coco catolé foram selecionadas manualmente. O critério utilizado nesta seleção foi amostras maduras e sem furos. Inicialmente, as amostras foram lavadas com uma Lavadora de alta pressão K 3.81 M 1450 Libras - Karcher, o que facilitou sua higienização; em seguida, foi realizada uma pressecagem dos cocos em estufa a 30 °C, para facilitar o seu descasque.

O descascamento do coco foi realizado utilizando-se um equipamento produzido pelos próprios produtores do coco catolé, que consiste em um sistema contendo uma barra de metal, a qual pressiona o coco e faz a sua quebra (Figura 10).



Figura 10: Equipamento utilizado para extração do coco catolé

As amêndoas de coco catolé (Figura 11) foram lavadas e sanitizadas em uma solução de hipoclorito de sódio na concentração de 20 ppm, no tempo de 15 min; em seguida, foi realizada uma nova lavagem em água corrente para retirada do excesso da solução.



Figura 11: Amêndoa de coco catolé após a extração

As amostras foram armazenadas em embalagens metalizadas (Figura 12) e sem a presença de ar. Essas amostras foram armazenadas em freezer, a temperatura de -22°C , até o momento de se iniciar o processo de secagem.



Figura 12: Amostras de coco catolé em embalagens metalizadas

3.3 Composição Centesimal

Na composição centesimal das amêndoas de coco catolé todos os procedimentos seguiram as recomendações segundo IAL (2008).

3.3.1 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada pelo método gravimétrico de volatilização, usando-se a estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, até peso constante.

3.3.2 Cinzas

As cinzas foram obtidas por incineração de uma quantidade conhecida da amostra, em mufla a 550°C, até peso constante, em que os resultados foram expressos em percentagem em relação ao peso da amostra inicial.

3.3.3 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método Kjeldahl, que consistiu na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta foi utilizado o fator 6,25. Os resultados foram expressos em percentagem em relação ao peso da amostra inicial ou seca.

3.3.4 Lipídios (extrato etéreo)

O teor de lipídios foi determinado com três repetições utilizando-se o método Soxhlet; os resultados foram expressos em percentagem.

3.3.5 Carboidratos

Os teores dos carboidratos totais na amêndoa foram obtidos pela diferença de 100% da amostra com o somatório dos teores de água, cinzas, lipídios e proteína (CREPALDI et al., 2001).

$$C(\%) = 100 - [\text{teor de água} + \text{cinzas} + \text{lipídios} + \text{proteína}] \quad (17)$$

3.3.6 Valor calórico das amêndoas

O valor calórico das amêndoas foi calculado através da equação 18 (JOHANNESSEN; KOZIO; PEDERSEN citado por CREPALDI et al., 2001)

$$E \text{ (kcal } 100 \text{ g}^{-1}) = [4 (\text{proteína} + \text{carboidrato}) + 9 (\text{lipídeos})] \quad (18)$$

3.4 Secagem

Antes do início da secagem o teor de água inicial da amêndoa do coco catolé foi determinado seguindo-se as recomendações de IAL (2008), que consiste em submeter as amostras a uma temperatura de $105 \pm 2^\circ\text{C}$, em estufa, até peso constante, para permitir a retirada total da água.

As amêndoas foram secas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C , em estufa com velocidade de ar controlada a 2,3 m/s até atingir o teor de água de equilíbrio; as análises foram realizadas em três repetições.

Conhecendo o teor de água inicial das amostras acompanhou-se a perda de massa das amostras de amêndoas do coco catolé, utilizando-se uma balança semianalítica; para determinar o teor de água utilizou-se a Equação 19:

$$\%X(\text{b.u.}) = \frac{M_i - M_t}{M_i} 100 \quad (19)$$

em que:

$\%X$ b.u. - teor de água em base úmida (%);

M_i - massa de água inicial (g);

M_t - massa de água evaporada no tempo t (g);

Para determinar a razão de teor de água adimensional usou-se a seguinte relação:

$$RX = \frac{X_t - X_e}{X_i - X_e} \quad (20)$$

em que:

RX - razão do teor de água (adimensional);

X_t - teor de água no tempo t em base úmida (%);

X_e - teor de água de equilíbrio em base úmida (%);

X_i - teor de água inicial em base úmida (%)

3.4.1 Cinética de secagem

Foram testadas, com os dados experimentais de secagem das amêndoas de coco catolé em camada fina, as equações de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang & Singh e Midilli et al.. As constantes de secagem dessas equações foram obtidas por análises de regressão não linear utilizando-se o método de estimação Quasi-Newton, contido no software Statsoft Statistica 7.0.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) calculado pela Equação 19.

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pre} - RX_{exp})^2} \quad (21)$$

em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pre} - razão de teor de água de predito;

RX_{exp} - razão de teor de água experimental;

N - número de dados experimentais.

3.5 Seleção de amostras para extração do óleo

As amostras escolhidas para a extração do óleo foram aquelas que apresentaram cor e aspectos característicos para se obter, dele, um aproveitamento melhor.

Os diversos tipos de óleo do coco catolé extraídos foram submetidos a secagem, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da mesma forma que o “*in natura*” para, em seguida, serem analisados quanto ao rendimento, às características físico-químicas e cromatográficas.

Entre as amêndoas submetidas a secagem foram selecionadas, para extração do óleo, aquelas que sofreram secagem a temperatura de 70 °C. Visto que não houve diferenças

entre seus componentes, as amostras secas a 70 °C apresentaram vantagens em relação às outras, devido ao menor teor de água.

3.5.1 Extração do óleo e rendimento

A extração do óleo das amêndoas de coco catolé foi realizada por prensagem a frio. Este método foi escolhido apesar do baixo rendimento, em virtude da inexistência da utilização de solvente o qual impossibilita a extração de óleos comestíveis.

A prensa utilizada foi a mesma que COSTA (2009) usou para obtenção e caracterização de azeite de amêndoa de castanha de caju, em função do nível de tosta. Segundo COSTA (2009) é um protótipo eficiente para extração do óleo em pequena escala (100 gramas por batelada) (Figura 13). O material do reservatório (Figura 14) para prensagem do óleo foi confeccionado em aço inoxidável por se tratar de um material resistente e propício para o uso em alimentos.

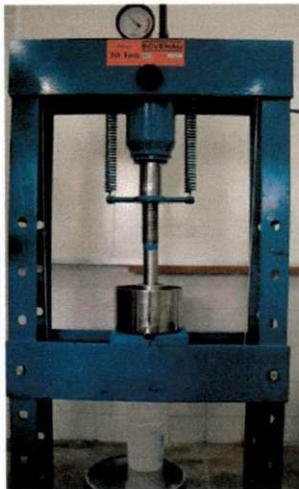


Figura 13: Prensa utilizada para a extração do óleo de coco catolé



Figura 14 Reservatório de aço inoxidável utilizado na prensagem do óleo de coco catolé

O cálculo do rendimento foi obtido pela relação entre a quantidade de sementes que entraram na prensa, em grama, pela quantidade de óleo obtido por prensagem.

3.5.2 Filtragem do óleo

Após sua obtenção, o óleo foi submetido a um processo de filtragem, que consiste na utilização de filtros de papel. Este processo é importante para a retirada de sólidos que tenham sido arrastados no processo de prensagem. Após a filtração as amostras foram centrifugadas para que ocorresse separação das fases (sólido/líquido), caso houvesse a presença de resíduos de água.

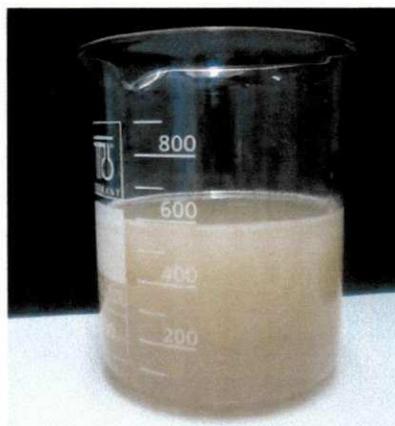


Figura 15: Óleo de coco catolé obtido após extração

3.6 Caracterização físico-química do óleo

As análises de caracterização físico-química do óleo de amêndoas de coco catolé (índice de acidez, índice de peróxido, índice de saponificação e índice de iodo) foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Currais Novos.

3.6.1 Índice de acidez

O índice de acidez foi determinado pelo método que utiliza, como solução titulante, o hidróxido de sódio 0,1N e fenoftaleína como indicador, de acordo com a metodologia descrita pelo AOCS (2009).

3.6.2 Índice de peróxido

Para determinação do índice de peróxido foi empregado o método titulométrico, tendo como solução titulante o tiosulfato de sódio 0,1 N, obedecendo-se à metodologia descrita pela AOCS (2009).

3.6.3 Índice de saponificação

Visando à determinação do índice de saponificação, utilizou-se o método titulométrico, através da fenoftaleína como indicador e a solução de ácido clorídrico a 0,5 N, como titulante, conforme metodologia descrita pela AOCS (2009).

3.6.4 Índice de iodo

A determinação do índice de iodo foi realizada pelo método de Hubil, que utiliza a solução de iodo e cloreto de mercúrio, método descrito pela AOCS (2009).

3.7 Viscosidade cinemática a 40°C

A viscosidade cinemática dos óleos foi determinada utilizando-se um viscosímetro cinemático manual, marca Julabo, modelo ME 18V, na temperatura de 40° C. A medida da viscosidade cinemática é obtida fazendo-se escoar, sob gravidade, uma quantidade controlada da amostra através de um viscosímetro de tubo capilar de vidro, em temperatura previamente fixada e mantida sob controle. O tempo necessário ao escoamento é corrigido posteriormente, conforme o fator do tubo.

A viscosidade das amostras foi obtida usando-se a Equação 22:

$$V = K \times t \quad (22)$$

em que:

V = viscosidade cinemática ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$);

K = constante capilar do viscosímetro ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^2$);

t = tempo (s).

3.8 Perfil de ácidos graxos no óleo do coco catolé

Os óleos do coco catolé foram submetidos a cromatografia gasosa, visando comparar o perfil lipídico das amostras a fim de identificar prováveis diferenças na qualidade lipídica dos óleos, dependendo do processamento (com ou sem torrefação) a que foram submetidas as sementes antes do processo de extração do óleo.

3.8.1 Preparação dos ésteres metílicos

Os ésteres metílicos do óleo do coco catolé foram obtidos de acordo com a metodologia por HARTMAN & LAGO (1982).

3.8.2 Identificação e quantificação dos ácidos graxos

A identificação e a quantificação dos ácidos graxos foram realizadas por Cromatografia Gasosa (CG). O aparelho utilizado foi o Cromatógrafo GC-MS QP 2010, marca Shimadzu, de coluna capilar Durabond, com fase estacionária DB-5HT (30 m de comprimento, 0,319 mm de diâmetro interno e 0,10 μ m de espessura de filme, com intervalo de temperatura de -60 a 400 °C) conforme a Figura 16.



Figura 16 - Cromatógrafo GC-MS QP 2010

Foi injetado 1 μ L das amostras com temperatura do injetor de 290 °C, no modo split 1:50. A temperatura inicial da coluna foi de 150 °C com a programação descrita na Tabela 9.

Tabela 9: Programação do Cromatógrafo a Gás

Taxa de aquecimento (°C/min)	Temperatura final (°C)	Temperatura Isoterma (min)
0	150	1
2	170	1
1	185	1
20	300	2
5	240	2

As análises foram realizadas com o gás de arraste hélio com vazão de 42,3 cm³.s⁻¹. As temperaturas do detector de massa e da interface foram de 250 °C, com o início e o final da relação m/z de 40 e 1000, respectivamente. A caracterização dos perfis dos ácidos graxos ocorreu por comparação do espectro de massas com os padrões existentes na biblioteca do software (Mass Spectral Database NIST/EPA/NIH).

Foram identificados e quantificados os seguintes ácidos graxos: ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolênico, ácido araquídico e o ácido lignocérico.

3.9 Teste de oxidação acelerada

Na simulação do processo de fritura e dos estudos dos compostos originados durante o estresse térmico de óleos foi utilizado a termoxidação, um método que consiste em submeter óleos e gorduras a altas temperaturas, sem a presença do alimento, ou seja, sem água e demais componentes que provêm do alimento. Sendo assim, a temperatura e o oxigênio proveniente do ar são as principais variáveis que devem ser levadas em consideração.

As amostras do óleo de coco catolé foram aquecidas em estufa com circulação de ar de 2,3 m/s, submetidas às temperaturas de 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 e 180 °C. A temperatura foi controlada por um termostato. Cada amostra foi colocada em um cadinho de porcelana e aquecida durante cinco minutos.

3.9.1 Estabilidade térmica por TG/DTG/DTA

A análise térmica foi realizada em uma termobalança, modelo DTG 60H da marca Shimadzu, com sistema de registro de curvas TG/DTG/DTA simultâneos. Utilizou-se cadinho de alumina, como porta-amostra e a análise foi realizada sob atmosfera dinâmica de ar sintético, à razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹, da temperatura ambiente até 750° C; em fluxo de gás de 50 mL/min e massa da amostra de 5.334 mg.

3.9.2 Estabilidade oxidativa por Rancimat

Para a medida da estabilidade oxidativa foi utilizado o método proposto pela AOCS Cd 12 b 92 (2009). O equipamento Rancimat, marca Metrohm, modelo 743, foi utilizado para realização das análises, nas seguintes condições: 3 g de óleo, temperatura da análise em 100°C e fluxo de ar em 20 L/h. Uma curva de condutividade elétrica x tempo é automaticamente plotada com o decorrer da reação e do teste e o período de indução é determinado em horas.



Figura 17: Equipamento Rancimat

3.10 Tratamento estatístico

No tratamento estatístico foi utilizado o software Assitat 7.5 beta (SILVA & AZEVEDO, 2006) para realizar a análise estatística.

Os parâmetros dos modelos propostos foram obtidos por análises de regressão não linear, através utilizando-se o programa computacional Statistica, versão 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Composição centesimal da amêndoa do coco catolé

Na Tabela 10 se encontra a composição química da amêndoa do coco catolé.

Tabela 10: Valores das médias e desvio padrão da composição centesimal da amêndoa do coco catolé

Parâmetros analisados	Valores
	Média ± DP
Teor de água (%)*	14,9 ± 0,8
Cinzas (%)*	0,99 ± 0,01
Lípidios (%)*	53,66 ± 1,06
Proteínas (%)* (N x 6,3)	5,50 ± 0,11
Carboidratos(%)**	24,93 ± 1,12
Valor Calórico Total (Kcal/100 g)***	604,72 ± 7,50

*Média de cinco repetições; ** Calculado por diferença; *** Valor teórico; DP= Desvio Padrão

O valor de teor de água encontrado para o coco catolé, foi de 14,9%. CREPALDI et al. (2001) encontraram valores superiores (23,6%) ao do coco catolé, em pesquisa realizada com o licuri (*Syngnathus oenanthifolius* (L.) DC.). SOARES et al. (2006) e LIMA et al. (2007) obtiveram valores de teor de água inferiores nas amêndoas de butiá (5%) e bocadoia (6,5%), respectivamente.

A quantidade de resíduo mineral fino (cinzas) encontrada para a amêndoa do coco catolé foi de 0,99%, que é considerada baixa quando comparada com diferentes espécies de oleaginosas como licuri (1,2%), butiá (1,77%) e pecqui (1,01%) citadas por CREPALDI et al. (2001), SOARES et al. (2006) e LIMA et al. (2007), respectivamente.

Considerando a análise de gordura da amêndoa em base seca obteve-se, como resultado, um teor lipídico superior a 50% (53,66%), sendo um indicativo da possibilidade de extração de óleo da amêndoa do coco catolé, visto que este percentual se apresenta na média quando comparado com outras amêndoas de palmeiras, como a bocaiúva (*Acrocomiaaculeata* (JACQ.) LODD) e bacurí (*Scheelea phalerata* Mart.) as quais possuem valores médios de 51,7% (HIANE et al, 2006) e 53, 74%, (MIYAHIRA et al., 2010) respectivamente. Alguns autores obtiveram valores inferiores de lipídios quando comparados com as amêndoas citadas acima, como é o caso de MOTTA e FRANÇA (2007) que encontraram valores médios de 38% ao estudar as características do Inajá (*Maximiliana regia*) com vistas à produção de biodiesel, e DESSIMONI-PINTO et al. (2010) que encontraram valores de 29,73% de lipídeos estudando as características físico-químicas da amêndoa de macaúba com vistas à elaboração de barras de cereais.

Quando comparadas com outras oleaginosas, as amêndoas do coco catolé indicam um percentual de proteínas (5,50%) superior a amêndoa ao da macaúba (TACO, 2006), e inferior ao da amêndoa de pequi (OLIVEIRA et al., 2010), que foram respectivamente 2,1% e 24,60%.

Os teores estimados de carboidratos totais da amêndoa analisada neste trabalho são superiores ao encontrado na amêndoa do licuri (9,7%) e butiá (20,1 %) (CREPALDI et al., 2001; SGANZERLA et al., 2006). Valores superiores foram encontrados por DESSIMONI-PINTO et al. (2010) ao estudar as características físico-químicas da amêndoa de macaúba para ser aproveitada na elaboração de barras de cereais (75,43%).

O valor calórico total (VCT) encontrado no presente estudo (604,72 kcal/100g) foi maior que o da amêndoa de macaúba (524,19 kcal/100g), citado por DESSIMONI-PINTO et al. (2010).

OLIVEIRA et al. (2010) afirmaram, ao estudar as características químicas e físico-químicas de pequis da chapada do Aaripe - Ceará, que existe uma relação entre o teor de lipídio na amêndoa e seu valor calórico, ou seja, quanto mais elevado o índice de lipídio maior será seu valor calórico total. O teor lipídico, proteico e de carboidratos da polpa do coco catolé, fornecem cerca de 30,23% das necessidades calóricas de uma dieta de 2.000 Kcal de um indivíduo adulto.

4.2 Secagem

Os resultados referentes aos tempos de secagem das amêndoas do coco catolé, em função da temperatura e da velocidade do ar de secagem estão, indicados na Tabela 11.

Tabela 11: Tempo total de secagem das amêndoas do coco catolé, em minutos

Vazão de ar (m/s)	Temperaturas (°C)			
	40	50	60	70
2,3	680 min	560 min	440 min	380 min

O tempo de secagem da amêndoa do coco catolé a 40 °C foi superior ao gasto nas demais secagens evidenciando que o aumento da temperatura reduz o tempo gasto no processo.

O incremento de 10 °C nas temperaturas de secagem acarretou reduções de tempo de 18% entre 40 e 50 °C, 21% entre 50 e 60 °C e de 14% entre 60 e 70 °C; comportamento semelhante foi observado por MADUREIRA et al. (2011) ao estudar a cinética de secagem da polpa do figo-da-índia nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

4.2.1 Cinética de secagem

Na Figura 18 se encontram as curvas de secagem da amêndoa do coco catolé, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Essas curvas são uma relação entre a razão do teor de água (adimensional) e o tempo (minutos). Pode-se observar que a temperatura teve influência sobre a secagem das amostras com as curvas em posições distantes umas das outras, havendo, no entanto, diferenças no tempo final de secagem, até que o equilíbrio fosse alcançado. Em concordância com esta observação se encontram estudos realizados por LAHSASNI et al. (2004) e AMARAL (2011), para a secagem da pera e do coco da bahia.

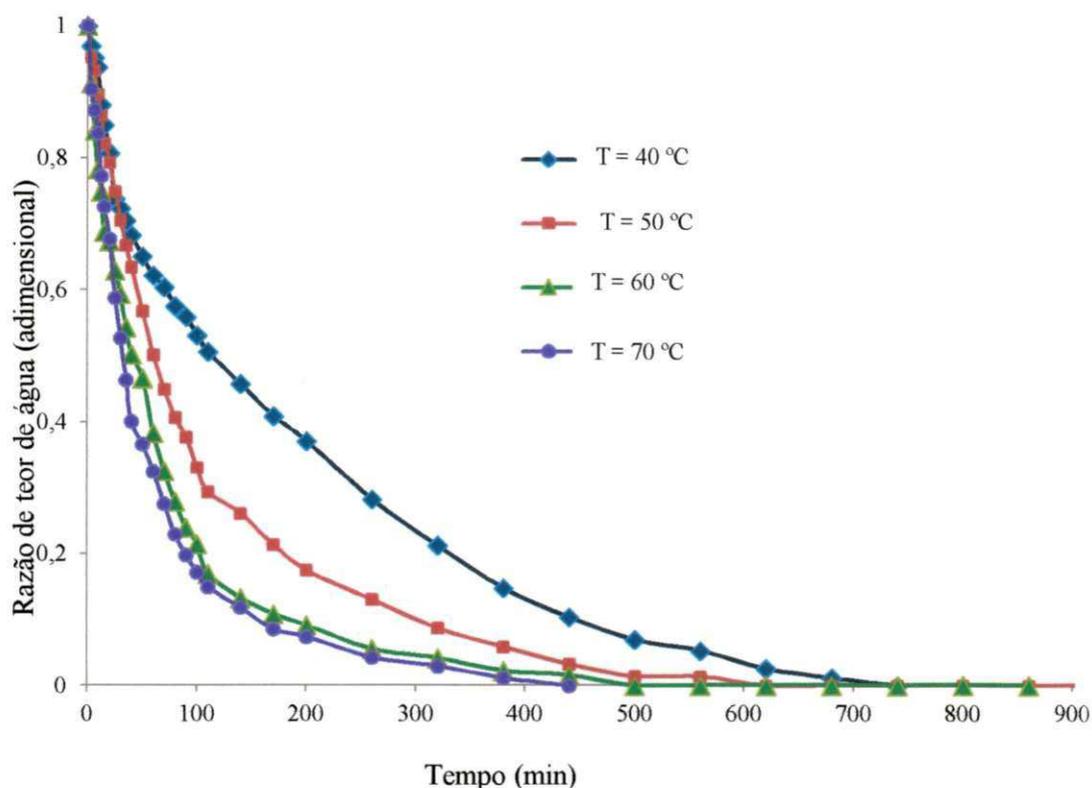


Figura 18: Curvas da cinética de secagem da amêndoa do coco catolé nas temperaturas estudadas

Nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C a razão de teor de água tornou-se constante em 680, 560, 440 e 380 minutos, respectivamente, sinalizando um aumento da velocidade de secagem com o aumento da temperatura, resultado semelhante aos obtidos por outros autores, como LIMA et al. (2007) ao avaliar a cinética de secagem de polpa de facheiro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, e FERREIRA et al. (2012) ao determinar a modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C.

De acordo com SILVA et al. (2009) o incremento na variável temperatura acarreta no aumento da taxa de secagem; e que, além disto, o processo de secagem ocorre na ausência do período da taxa constante de secagem, o que sugere o processo de difusão de água, do interior do produto para a superfície do mesmo, como o mecanismo físico predominante ao longo do processo.

Nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23 se encontram os dados experimentais e preditos com ajustes pelos modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang e Singh e Midilli, et al., das amêndoas do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Verifica-se, visualmente, que a curva gerada a partir do modelo de Midilli et al. se aproxima mais dos pontos experimentais que os demais modelos.

Essas curvas expressam uma relação entre a razão do teor de água (adimensional) e o tempo (minutos). Pode-se observar que o aumento da temperatura do ar de secagem provoca redução no tempo de secagem, até que o equilíbrio seja atingido. Altas perdas de água são percebidas em temperaturas mais elevadas e no início da secagem pois neste momento o teor de água nas amostras é mais elevado.

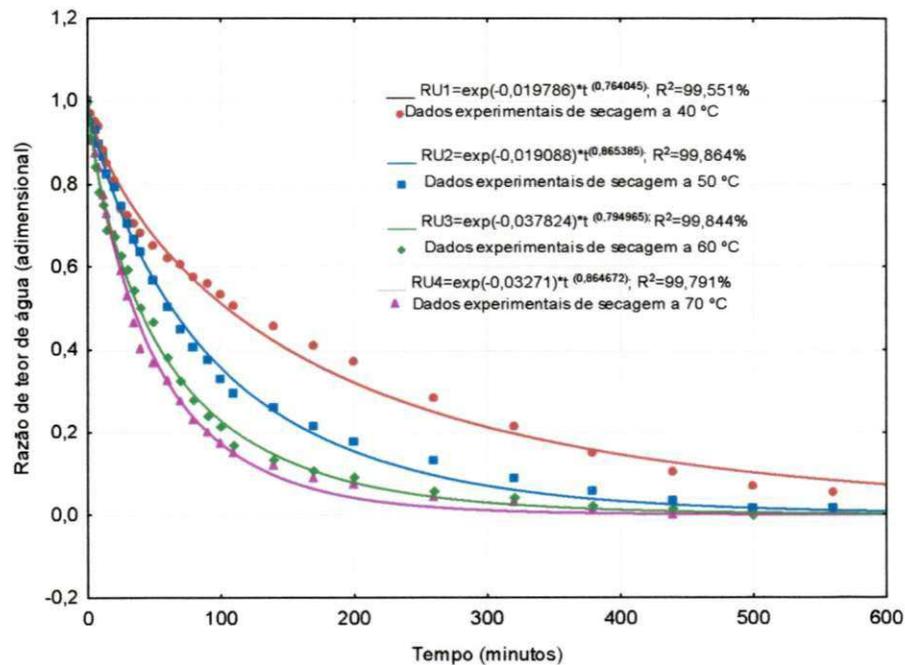


Figura 19: Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Page

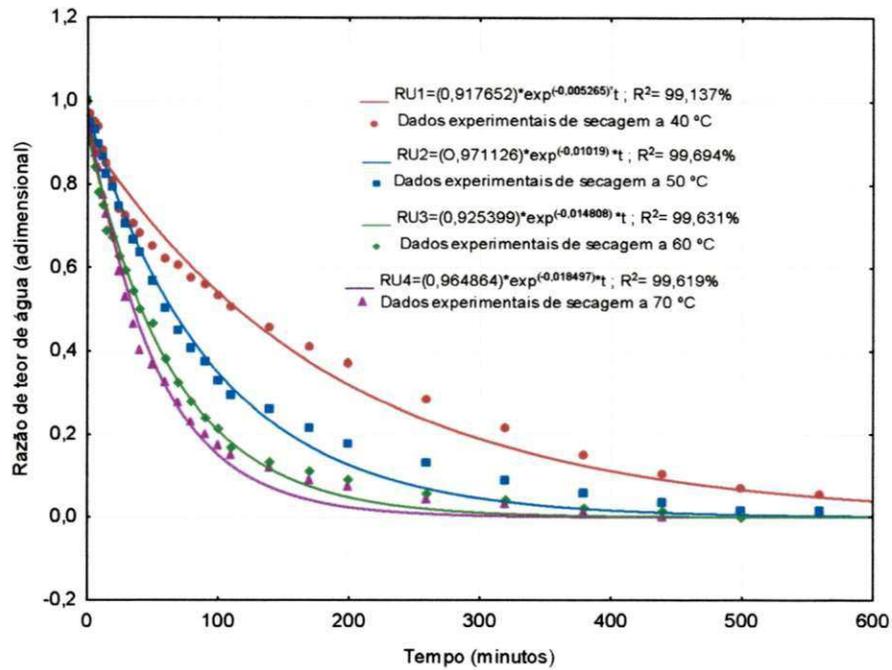


Figura 20: Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Henderson & Pabis

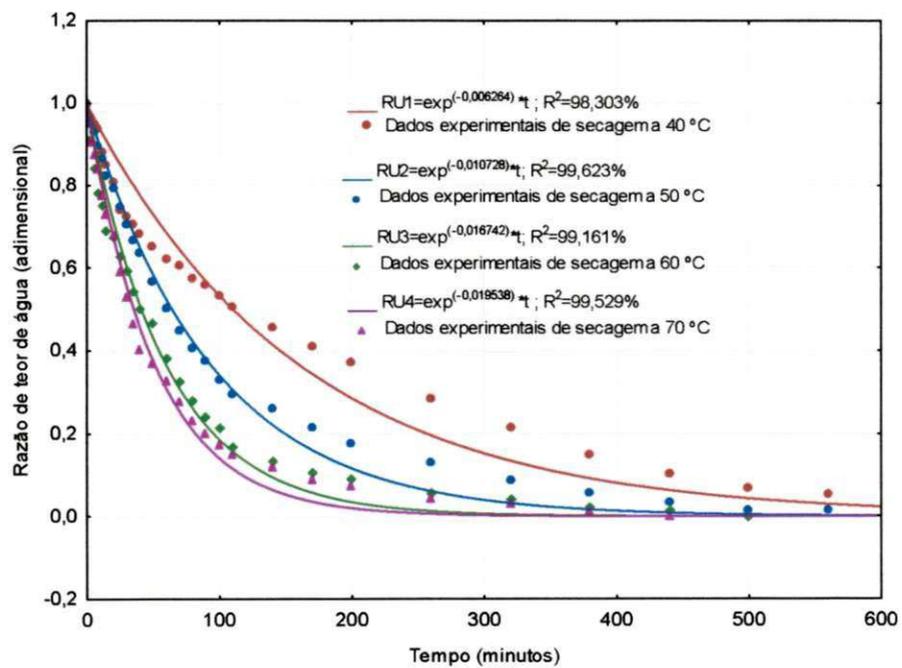


Figura 21: Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Lewis.

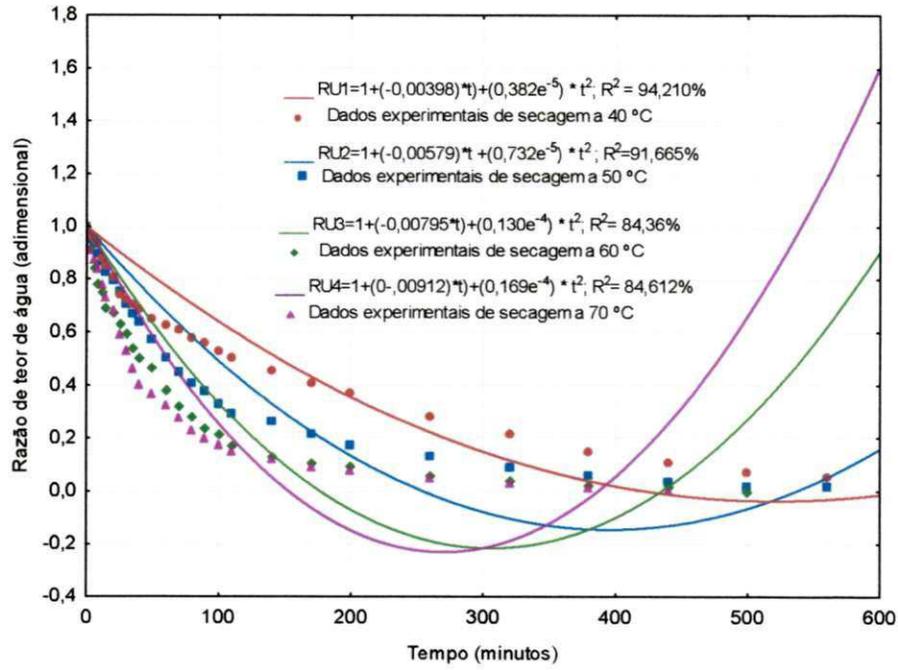


Figura 22: Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Wang e Singh

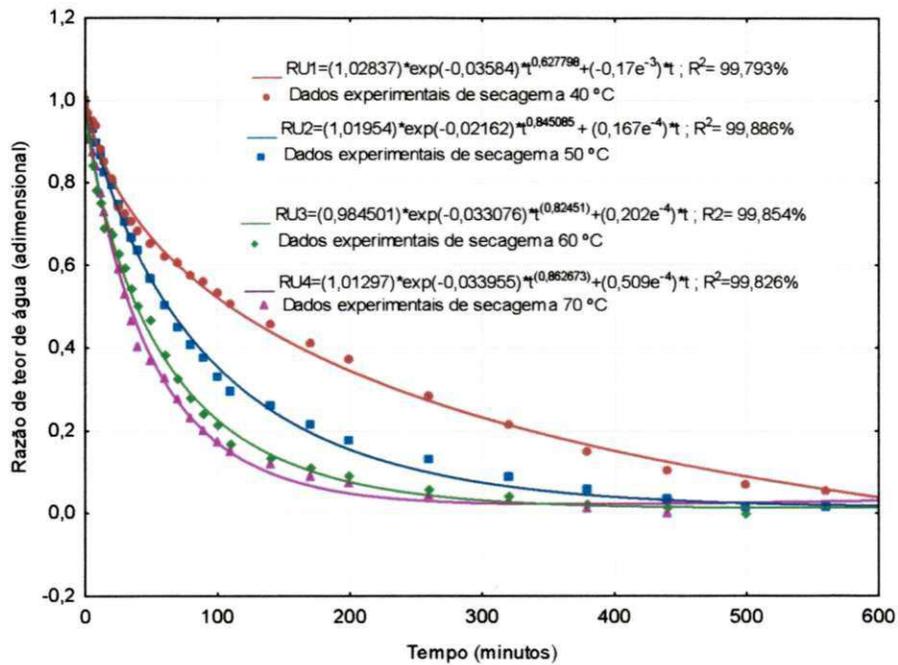


Figura 23: Curvas de secagem do coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60, 70°C, com ajuste dos dados experimentais pelo modelo matemático de Midilli et al.

Na Tabela 12 se encontram os valores estimados dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Wang e Singh e Midilli et al., ajustados aos dados experimentais, nas cinéticas de secagem das amêndoas de coco catolé nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Tabela 12: Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem do coco catolé, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Modelo	T °C	Parâmetros				R^2	DQM
		k	n	a	b		
PAGE	40	0,019786	0,764045	-	-	99,55	0,0287
	50	0,019088	0,865385	-	-	99,86	0,0171
	60	0,037824	0,794965	-	-	99,84	0,0172
	70	0,03271	0,864672	-	-	99,79	0,0199
HEDERSON & PABIS	40	0,005265	-	0,917652	-	99,13	0,0412
	50	0,01019	-	0,971126	-	99,69	0,0257
	60	0,014808	-	0,925399	-	99,63	0,0264
	70	0,018497	-	0,964864	-	99,61	0,0269
LEWIS	40	0,006264	-	-	-	98,3	0,0579
	50	0,010728	-	-	-	99,62	0,0285
	60	0,016742	-	-	-	99,16	0,0397
	70	0,019538	-	-	-	99,52	0,0299
WANG E SINGH	40	-	-	0,003976	0,000004	94,21	0,1024
	50	-	-	0,005789	0,000007	91,66	0,1313
	60	-	-	0,007947	0,000013	84,36	0,1649
	70	-	-	0,009116	0,000017	84,61	0,1644
MIDILI et al.	40	0,03584	0,627798	1,028373	0,00017	99,79	0,02
	50	0,02162	0,845085	1,019543	0,000017	99,88	0,0156
	60	0,033076	0,82451	0,984501	0,00002	99,85	0,0166
	70	0,033955	0,862673	1,012969	0,000051	99,82	0,0185

Verifica-se que os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Midilli et al., podem ser utilizados para representar o processo de secagem do coco catolé, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,05.

Dentre os modelos testados o de Midilli et al. com quatro parâmetros, apresentou os maiores valores de R^2 e os menores valores de DQM para todas as temperaturas, ajustando-se melhor aos dados observados, resultado este semelhante aos obtidos por outros autores, como PESSOA et al. (2011) ao avaliar a secagem convectiva de grãos de sorgo em camada fina por secador de leito fixo, e LIMA et al. (2007), estudando a cinética de secagem de polpa de facheiro.

Para os modelos de dois parâmetros, o de Page se ajustou melhor em relação aos modelos de Henderson & Pabis e Wang e Singh. O modelo de Page apresentou coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99 e valores de DQM menor que 0,02. Os parâmetros “k” e “n” apresentaram comportamento aleatório em função da variação da temperatura.

Um fato importante a ser observado nos resultados constantes na Tabela 12, é o aumento da constante de secagem “k” em função do aumento da temperatura. No entanto, os modelos de Page e Midilli et al. são os únicos a apresentar uma oscilação nos valores desta constante. SILVA et al. (2009), verificaram ao estudar a cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo, o mesmo comportamento no modelo de Page e concluíram que essa característica pode ser intrínseca ao modelo não sendo observadas, na literatura, informações referentes a este comportamento. O parâmetro “n” também apresentou oscilação dos valores nos modelos já citados.

Para o modelo de Wang e Singh constatou-se que houve comportamento padrão do parâmetro “a” do modelo com o aumento da temperatura, tal comportamento não foi observado para os modelos de Henderson & Pabis e Midilli et al. LIMA et al. (2007) observaram o mesmo comportamento quando estudaram a cinética de secagem da polpa de facheiro, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C; o parâmetro “b” tende a zero em todas as temperaturas avaliadas para os modelos de Midilli et al. e Wang e Singh.

4.3 Extração e rendimento do óleo

Os resultados referentes ao rendimento do óleo do coco catolé, em função da temperatura de secagem, estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13: Rendimento do óleo do coco catolé em função da temperatura de secagem.

	Temperatura (°C)				
	<i>in natura</i>	40	50	60	70
Rendimento do óleo (%)	7,55	33,39	36,36	37,83	43,33

Observa-se de acordo com os resultados, que os maiores teores de óleos foram obtidos nas condições de maior tempo de secagem para as temperaturas estudadas, devido à redução do teor de água (AQUINO et al., 2009).

A diminuição do teor de água na amêndoa também favoreceu a eficiência do processo. A amêndoa prensada úmida (*in natura*) apresentou menor rendimento que as amêndoas prensadas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C. MARIANO (2008) verificou ao estudar a extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) por processos convencionais combinados com tecnologia enzimática, que o fruto prensado úmido fornece, ainda, uma mistura óleo/água na forma emulsionada resultando em um fator negativo na etapa de separação, o que não acontece quando os frutos são submetidos a processos de secagem prévio seguidos da extração, caso em que, a temperatura reduz a estabilidade da emulsão resultando, conseqüentemente, no aumento do rendimento do óleo.

A secagem das amêndoas favoreceu também a separação do óleo do produto da extração, originando apenas duas fases, uma sólida, composta basicamente por fibras e água, e outra oleosa. O rendimento da extração por prensagem das amêndoas secas aumentou bastante quando comparado com a prensagem dos frutos frescos. Portanto, o maior impacto da inclusão da secagem no pré-tratamento da amêndoa está associado ao maior rendimento do óleo.

Tendência similar foi observada por TURATTI (2011) na extração de óleo de café. Além disso, a secagem promove o rompimento da estrutura celular do tecido liberando, com maior facilidade, os compostos intracelulares (LEWICKI e PAWLAK, 2003).

AQUINO et al. (2009), observaram, ao estudar a influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído utilizando a secagem ao sol por 4 e 12 horas e nas temperaturas de 40 e 60 °C em estufa, que maiores teores de óleos foram obtidos nas condições de maior tempo de secagem para quaisquer temperaturas, devido ao reduzido teor de água, o qual aumenta o poder de extração dos solventes apolares.

Para SANTOS et al. (2009) a seleção das condições de operação (tipo de secagem e tempo) que minimizam essas alterações é importante para obtenção de produtos de qualidade. Portanto, a secagem ou tostagem constitui uma etapa prévia para aumentar a recuperação do óleo e sua qualidade, sendo objeto de otimização na extração de óleos de oleaginosas, pois pode provocar efeitos adversos sobre sua qualidade.

ANDRADE et al. (2009), verificaram, estudando retirada do óleo da moringa por extração mecânica utilizando prensagem que, ao utilizar esta técnica, foi obtida uma quantidade maior de óleo nas sementes descascadas, que foram prensadas a temperatura ambiente.

LIMA et al. (2004) aqueceram a amêndoa da castanha de caju a uma temperatura de 60 °C em forno micro-ondas doméstico. O óleo foi extraído com uma prensa hidráulica de 50 toneladas; os autores obtiveram um rendimento de 45,7% do óleo.

4.4 Caracterização físico-química do óleo

As principais análises físico-químicas que determinam a qualidade de um óleo envolvem a determinação do índice de acidez, índice de saponificação, índice de peróxido e índice de iodo. Esses parâmetros foram comparados entre os diferentes tipos de temperatura. Para o controle, utilizou-se o óleo *in natura*, extraído por prensagem a frio.

De acordo com FERREIRA et al. (2008) o índice de acidez e o índice de peróxido são descritos como parâmetros referenciais para determinar a qualidade da conservação de óleos. O índice de saponificação está relacionado apenas com as características específicas de cada óleo vegetal, como comprimento de cadeias e número de insaturações.

Os resultados das propriedades físico-químicas dos óleos da amêndoa do coco catolé, estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Propriedades físico-químicas do óleo de catolé a diferentes temperaturas

	Índice de acidez (% de ácido oleico)	Índice de Saponificação (mg KOH/100g)	Índice de peróxido (mEq/kg)	Índice de iodo (Wijs)
In natura	0,828a± 0,03	283,054a ± 1,36	-	1,227b ± 0,00
40 °C	0,823a ± 0,00	272,961b ± 0,90	-	1,304b ± 0,32
50 °C	0,822a ± 0,00	271,599b ± 0,44	-	1,369b ± 0,17
60 °C	0,820a ± 0,00	250,368c ± 0,39	-	1,465a ± 0,10
70°C	0,824a ± 0,00	245,548d ± 0,63	-	1,474a ± 0,00

Médias comparadas entre colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05)

As amostras analisadas nas diferentes temperaturas tiveram o índice de acidez abaixo de 1%, índice determinado para o óleo de coco (BRASIL, 1999). Conforme SANTOS et al. (2009) o óleo com acidez inferior a 1% é classificado, comercialmente, como óleo industrial do tipo 1. Esta classificação pode ser aplicada ao óleo proveniente da amêndoa do coco catolé, por apresentar valor máximo de índice de acidez igual a 0,822%. Observou-se, ainda, que o processo de aquecimento não ocasionou diferença significativa (p < 0,05) do índice de acidez nos óleos nas diferentes concentrações de temperaturas. Os índices reduzidos de acidez também evidenciam a potencialidade do óleo na indústria de cosméticos.

O índice de acidez do óleo expressa a existência de ácidos graxos livres. Valores elevados deste índice indicam qualidade inferior do óleo que, por sua vez revela baixa

qualidade da matéria-prima, manejo inadequado ou falta de controle durante o processamento (FARONI et al, 2009).

De acordo com MORETTO e FETT (1998) quando as condições de armazenagem não são adequadas, pode ocorrer o aumento na temperatura dos produtos, aumentando a acidez do óleo e, em contrapartida, deterioração, como escurecimento, alterações no sabor e odor e alterações estruturais. A análise de acidez e do peróxido é um parâmetro muito importante para avaliar as alterações sofridas pelo óleo em consequência de processos industriais ou de inadequada conservação (ALMEIDA, 2009).

O índice de saponificação do óleo obtido da amêndoa do coco catolé variou de 283,05 a 245,55% para as amostras *in natura* e secas a 70 °C, ou seja, este índice diminuiu com o aumento da temperatura. Segundo RIBEIRO e SERAVALLI (2004) a reação de saponificação pode estabelecer o grau de deterioração e a estabilidade, verificar se as propriedades dos óleos estão de acordo com as especificações e identificar possíveis fraudes e adulterações. Em termos alimentares, quanto mais alto for o índice de saponificação melhor será o óleo para alimentação (MORETTO e FETT, 1998). Observou-se ainda que o efeito da temperatura não ocasionou diferença significativa ($p < 0,05$) do índice de saponificação nos óleos nas temperaturas de 40 e 50 °C, o que não ocorreu nas outras temperaturas.

Quanto ao índice de peróxidos, valores elevados indicam ocorrência de oxidações indesejáveis (CARDOSO et al., 2010). Nas amostras *in natura* e com tratamento térmico, não houve variação do valor do índice de peróxido no óleo da amêndoa de coco catolé. Esses valores indicam que tais óleos podem apresentar a possibilidade de não ter havido deterioração oxidativa. Segundo o CODEX ALIMENTARIUS (2003) e RDC 270 da BRASIL (2005) o índice de peróxidos para óleos prensados a frio deve ser no máximo 15meq/kg.

Na análise do índice de iodo pode-se verificar um aumento deste índice com o aumento da temperatura. As amêndoas submetidas a secagem (60 e 70 °C) não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey porém o mesmo não ocorreu com relação às demais. O índice de iodo é uma medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura. De acordo com o CODEX ALIMENTARIUS (2003) -

RDC 270 da BRASIL (2005) o índice de iodo cria possibilidades de identificação de adulterações grosseiras em diversos tipos de óleos, tornando-os facilmente detectáveis, haja vista que mede, em parâmetros, o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes no material lipídico analisado.

4.5 Viscosidade cinemática a 40°C

Os resultados referentes à viscosidade cinemática do óleo do coco catolé estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15: Viscosidade cinemática do óleo de coco catolé

Óleos Vegetais	Tempo de escoamento (seg)	Viscosidade Cinemática (mm².S⁻¹)
Óleo de coco catolé	89,2	29,4

A viscosidade do óleo da amêndoa do coco catolé ainda não foi reportada na literatura e o valor determinado neste estudo é comparável com os outros óleos vegetais. O óleo de coco catolé apresentou valores próximos de viscosidade cinemática aos dos óleos de macaúba (28,0 mm².S⁻¹) e linhaça (27,42 mm².S⁻¹) estudados por CASTRO (2010) e ARAÚJO et al.(2009) respectivamente. Comparando a viscosidade do óleo de coco catolé com a dos óleos citados verifica-se que o mesmo apresenta baixo valor de viscosidade, decorrente de sua composição ser majoritariamente formada de ácidos graxos de cadeia média promovendo uma interação intermolecular menos efetiva entre as cadeias dos triacilglicerídeos (MELO et al., 2010).

Relato semelhante foi reportado por GARCIA (2006) quando estudou transesterificação de óleos vegetais. Segundo o autor, as amostras de óleo de babaçu e macaúba apresentaram valores intermediários de viscosidade, de 31,41 e 31,92 mm²/s.

ARAÚJO et al. (2009) encontraram ao avaliarem as propriedades físico-químicas do óleo de coco, valores de viscosidade cinemática (24,68 mm²/S) próximos ao encontrados para o coco catolé, de 29,4 mm²/S.

4.6 Composição de ácidos graxos do óleo de coco catolé

O óleo do coco catolé é constituído por ácidos graxos saturados e insaturados, conforme ilustra a Tabela 16.

Tabela 16: Composição percentual de ácidos graxos no óleo das amêndoas do coco catolé a diferentes condições de temperatura

Ácidos	In natura	40°C	50°C	60°C	70°C
C12:0	53,54	53,61	52,27	53,46	52,75
C14:0	19,98	19,97	19,59	19,27	20,25
C16:0	8,90	7,98	9,20	8,58	8,14
C18:0	3,29	4,29	4,32	4,22	4,10
C18:1	11,20	11,01	11,99	11,42	12,57
C18:2	3,09	3,15	2,62	3,04	2,20
TOTAL DE SATURADOS	85,71	85,84	85,39	85,54	85,23
TOTAL DE INSATURADOS	14,29	14,16	14,61	14,46	14,77

AGS: Láurico (C 12:0), Mirístico (C14:0), Palmítico (C 16:0), Esteárico (C 18:0).
 AGI = MUFAS: Oleico (C 18:1); PUFAS: Linoleico (C 18:2)

De acordo COZZOLINO (2009) os ácidos graxos são os constituintes mais importantes da fração lipídica dos alimentos. Os ácidos saturados mais comumente identificados são o láurico, o palmítico e o esteárico (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

O ácido graxo saturado encontrado em maior quantidade no óleo de coco catolé foi o láurico (C 12:0) na faixa entre 52 e 53% nas amostras analisadas. De acordo com MORETTO e FETT (1998) os óleos e gorduras que contêm o grupo químico acila do ácido láurico também se caracterizam por apresentar índice de saponificação superior a 200 (IS= 240 a 250). O ácido láurico (C 12:0) é encontrado em grande quantidade em frutos de certas palmeiras como *Cocos nucifera* (coco), *Orbygnia martiana* (babaçu), *Astrocaryum tucuma* (tucum). Menores percentuais de ácido láurico foram reportados em frutos oleaginosos, como o coquinho azedo, com 42,1% (FARIA et al., 2008), óleo de coco

(*cocos nucifera*), com 50% (LAURELES et al., 2002) e óleo de licuri, com 41% (MIRANDA, 2011).

Os ácidos graxos saturados encontrados na maioria dos óleos e gorduras são: láurico (C 12:0), mirístico (C 14:0), palmítico (C 16:0) e esteárico (C 18:0). No óleo de coco catolé os valores encontrados para esses ácidos estão de acordo com BRASIL (1999) para o óleo de coco ou gordura de coco. Segundo MACHADO et al., (2006) o óleo de babaçu e a amêndoa de palma são ricos em ácido láurico (C 12:0) (45-50%) e mirístico (C 14:0) (15-18%).

A composição em ácidos graxos revelou que o óleo da amêndoa do coco catolé apresenta elevado teor de saturação; no entanto, com saturação total inferior ao óleo de coquinho azedo (78,9%) e de babaçu, descritos por FARIA et al. (2012) e ALAMU et al. (2008). Óleos com ácidos graxos saturados são mais estáveis que os insaturados (REDA e CARNEIRO, 2007).

De acordo com MORETTO e FETT (1998) o fator genético e ambiental podem determinar as proporções dos ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos óleos vegetais. Os óleos que possuem altos valores de ácidos graxos saturados e alto ponto de fusão sofrem, quando submetidos ao processamento, menores efeitos quando comparados com o óleo de soja (MACHADO et al., 2006).

A fração minoritária no óleo de amêndoa do coco catolé é corresponde ao ácido oleico e linoleico, assim como nas amêndoas do babaçu, palmiste (BRASIL, 1999) e jerivá (MOREIRA et al., 2011). De acordo com REDA e CARNEIRO (2007) nos óleos vegetais as insaturações presentes na cadeia carbônica são um alvo de ataque importante de agentes oxidantes como radicais livres, enzimas e metais que atuam como catalisadores de processos oxidativos e da foto-oxidação.

Verifica-se que não houve alteração na composição do óleo nas diferentes temperaturas de extração. Observa-se ainda que apenas na extração a 70°C ocorreu uma redução significativa no C18:2 (ácido linoleico) que, provavelmente, foi convertido em C 18:1 (ácido linolênico). Apesar desta composição, o óleo do coco catolé apresenta-se líquido a temperatura ambiente devido à quantidade de ácidos graxos de cadeia (média).

Os cromatogramas obtidos dos óleos de coco catolé em diferentes níveis de temperatura estão dispostos no Apêndice A, Figuras 26 a 31.

4.7 Teste de oxidação acelerada

4.7.1 Estabilidade oxidativa por TG/DTG/DTA

A estabilidade térmica dos óleos foi analisada por Termogravimetria (TG/DTG) e Análise Térmica Diferencial (DTA) com o propósito de investigar a resistência à decomposição térmica na atmosfera de ar.

A curva de TG/DTG apresentada na Figura 24 representa o comportamento térmico do óleo de coco catolé em condições dinâmicas. Observa-se, pela curva TG, um patamar de estabilidade térmica do óleo a uma temperatura de até 203,1°C. NASCIMENTO et al. (2006) encontraram, estudando a avaliação da estabilidade térmica do óleo de junça (*Cyperus esculentus*) sem condições de atmosfera de ar, numa razão de aquecimento de 10 °C/min, resultado semelhante (221,54 °C).

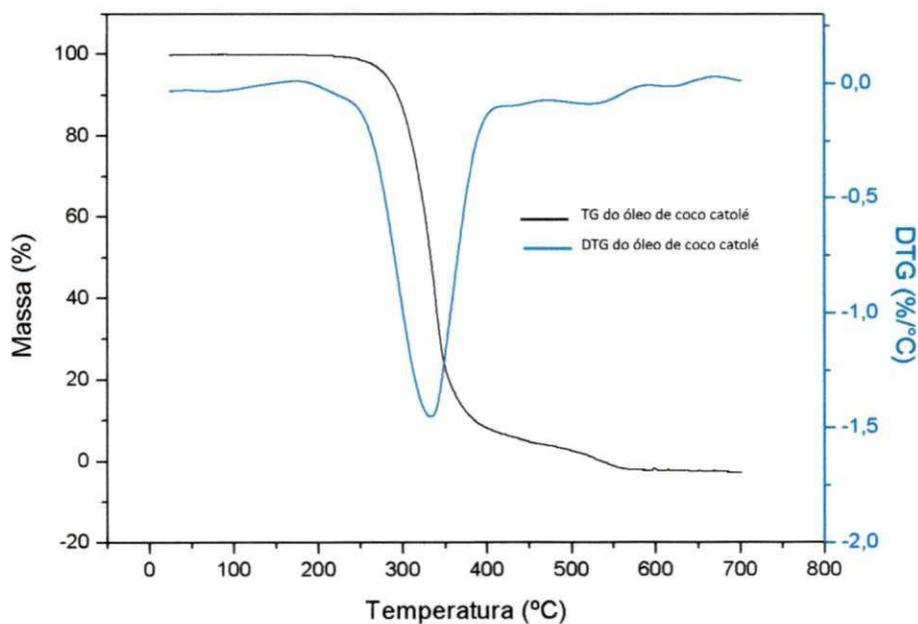


Figura 24: Curva TG/DTG para o óleo de coco catolé

CARVALHO (2011) verificou, ao estudar a estabilidade termo-oxidativa do óleo das sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) que o óleo apresentou boa estabilidade térmica com início de degradação em 195 °C, valor este próximo à temperatura usada em frituras de alimentos.

FARIAS (2011) estudou a estabilidade do óleo de coco babaçu e verificou que o mesmo apresentou estabilidade térmica até 232,7 °C. De acordo com o autor, este resultado pode ser atribuído à maior composição de ácidos graxos saturados no óleo de coco babaçu, já que a ação do oxigênio é mais efetiva em ácidos graxos insaturados, ou seja, quanto maior o teor de insaturação de um material graxo mais facilmente ocorrerá seu processo oxidativo. Além disso, os componentes saturados apresentam Ponto de Ebulição superior aos compostos insaturados.

REDA et al.(2005) estudando a caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limon*) utilizando o equipamento TG/DSC/DTG com razão de aquecimento de 20°C.min⁻¹, em atmosfera de ar e vazão de 50 mL.min⁻¹ verificaram que os dois óleos apresentaram estabilidade térmica até 250 °C, temperatura maior que a usualmente utilizada para fritura de alimentos.

As curvas TG/DTG, Figura 25, indicaram duas etapas de decomposição térmica nos intervalos de 203,1 a 469,9 °C e 469,9 a 586,1 °C, com respectivas perdas de massa de 95,9 e 4,1 %. A primeira etapa é devida, provavelmente, à combustão parcial dos ácidos graxos e a segunda etapa, à combustão da goma formada no primeiro processo de combustão. A combustão dos ácidos graxos é confirmada pela curva de DTA.

As aplicações da Análise Térmica Diferencial (DTA) se baseiam na interpretação adequada das transições endo e exotérmicas que aparecem nas curvas DTA. O número, a forma e a posição desses picos permitem interpretações qualitativas. Na análise em questão foram observadas duas transições exotérmicas com temperaturas de pico de 335,8 e 523,1 °C, como se verifica na Figura 21. Referidos eventos térmicos estão associados à combustão de ácidos graxos que formam as moléculas de triacilglicerídeos presentes no óleo (SANTOS, 2008).

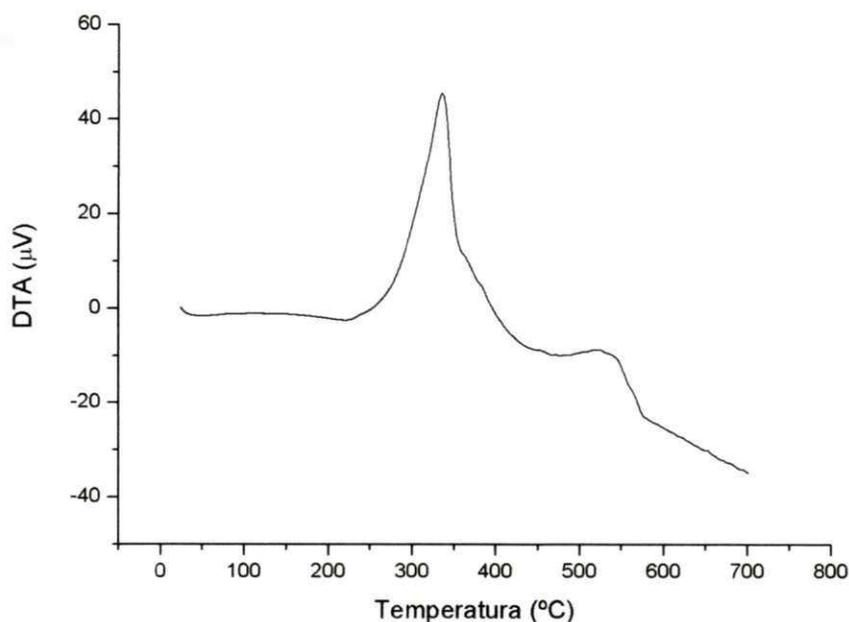


Figura 25: Curva de DTA para o óleo de coco catolé

4.7.2 Estabilidade oxidativa por Rancimat

Os resultados referentes à estabilidade oxidativa do óleo do coco catolé utilizando o Rancimat, estão descritos na Tabela 17.

Tabela 17: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé utilizando o Rancimat

ÓLEO VEGETAL	RANCIMAT PI (h)
Coco catolé	> 48

Verificou-se, avaliando a estabilidade oxidativa pelo Rancimat, que o óleo de coco catolé não apresentou Ponto de Indução (PI) detectável, sinalizando sua alta estabilidade oxidativa, visto não ter havido, no período de 48 horas, variação súbita na condutividade da água.

MELO et al., (2012) constataram, avaliando a estabilidade oxidativa por Rancimat para os óleos de babaçu, andiroba e uva que os óleos de babaçu e andiroba não apresentaram PI detectável (>30 horas) e que o óleo da semente de uva apresentou PI

detectável (1,11 horas). De acordo com o autor, esses resultados corroboram com os tipos de ácidos graxos que os compõe, pois compostos insaturados são significativamente mais susceptíveis à oxidação que os saturados.

Resultado semelhante foi encontrado por CORSINI e JORGE (2006) ao avaliar a estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. Os autores constataram que a estabilidade oxidativa do óleo de palma mais saturado (AGS= 48%), foi bem superior à dos óleos de algodão e girassol, mais insaturados.

A estabilidade oxidativa está intimamente relacionada com o grau de insaturação do óleo. Como a autoxidação é um processo que ocorre entre o oxigênio molecular e os ácidos graxos insaturados, é de se esperar que o período de indução do óleo saturado seja alto (CORSINI e JORGE, 2006).

4.7.3 Estabilidade oxidativa por cromatografia

Na Tabela 18 se encontra a estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia, nas diferentes temperaturas.

Tabela 18: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a diferentes condições de temperaturas

Ácidos	80 °C	90 °C	100 °C	110 °C	120 °C	130 °C	140 °C	150 °C	160 °C	170 °C	180 °C
C 6:0	0,4	0,5	0,7	0,3	0,5	0,4	0,9	0,4	0,4	0,5	0,4
C 8:0	10,8	11,6	15,0	9,9	12,4	0,4	10,4	11,1	10,4	11,5	11,4
C 10:0	6,1	6,7	8,0	6,0	7,0	6,2	6,4	6,2	6,3	6,7	6,3
C 12:0	44,2	47,3	48,8	47,4	50,3	44,9	45,7	45,2	46,7	45,8	46,4
C 14:0	15,5	15,6	12,4	16,3	15,9	15,4	16,4	15,4	16,4	15,8	15,9
C 16:0	6,9	6,2	4,2	6,0	5,1	6,4	6,3	6,5	6,3	6,2	6,0
C 18:0	13,1	9,8	1,5	2,2	7,1	2,8	2,7	2,7	2,7	2,5	2,4
TOTAL DE SATURADOS	97,0	97,7	90,6	88,2	98,3	86,6	88,7	87,4	89,2	88,9	88,7
C 18:1 c	0,0	0,0	7,5	9,8	0,0	10,0	9,1	10,2	8,8	9,0	8,8
C 18:2 c	3,0	2,3	1,9	2,0	1,7	2,5	2,2	2,4	2,1	2,1	2,5
C 18 :3	0,0	00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL DE INSATURADOS	3,0	2,3	9,4	11,8	1,7	12,5	11,3	12,6	10,8	11,1	11,3

Verifica-se que não houve variações relevantes no percentual do perfil de ácidos graxos no principal componente (C 12:0) do óleo de coco catolé com o aumento da temperatura. Observa-se, ainda, um acréscimo percentual na composição dos ácidos graxos saturados e diminuição percentual nos ácidos graxos insaturados após o óleo ter sido submetido a um processo de aquecimento não contínuo, em diferentes temperaturas. CORSINE e JORGE (2008) demonstraram, estudando o perfil de ácidos graxos do óleo de palma, que o aquecimento deste óleo em processo descontínuo implicou na diminuição das concentrações dos ácidos graxos essenciais, ácido linoleico e linolênico, além de um consequente aumento proporcional na concentração dos ácidos graxos saturados.

LOPES et al. (2004) verificaram, avaliando o perfil dos ácidos graxos em amostras de óleo de soja utilizados em frituras que o processo de fritura leva à diminuição na concentração dos ácidos graxos poli-insaturados e, por consequência, a um aumento proporcional dos ácidos graxos saturados. Quando utilizados indiscriminadamente, a combinação dos fatores tempo e temperatura de fritura pode comprometer a qualidade do óleo.

De acordo com SANIBAL e MANCINI-FILHO (2002) os óleos ou gorduras mais apropriados para o processo de fritura são selecionados através de estudos experimentais que mostram que a alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados comprometem a estabilidade oxidativa.

Para alguns países como Chile, França e Bélgica, existe restrição para o teor de ácido linolênico (C18:3), ou seja, óleos vegetais com mais de 2% não são permitidos em frituras pois mostram uma rápida formação de monômeros cíclicos, os quais são considerados compostos de risco do ponto de vista fisiológico. Como observado na Tabela 18, o óleo de coco catolé apresenta quantidade de ácido linolênico dentro do padrão estabelecido por esses países; portanto, quanto a este aspecto não há impedimento para seu uso em frituras (CORSINE e JORGE, 2008).

A estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a diferentes condições de temperaturas está disposta no Apêndice B, Figuras 32 a 42.

5. CONCLUSÕES

Características físico-químicas da amêndoa:

- ✓ A amêndoa de coco catolé apresentou teor de água de 14,9% e teor de lipídeo maior que 50%, caracterizando-a como produto propício à extração de óleo;
- ✓ O valor calórico total do óleo de coco catolé foi de 604,72 Kcal/100g; é altamente influenciado pelo elevado teor lipídico;
- ✓ O teor lipídico, proteico e de carboidratos do coco catolé fornece cerca de 30,23% das necessidades calóricas de uma dieta de 2.000 Kcal de um indivíduo adulto.

Secagem/extração

- ✓ O tempo gasto para a secagem da amêndoa do coco catolé a 40, 50, 60 e 70°C foi, respectivamente, de 680, 560, 440 e 380 minutos.
- ✓ Amêndoas com maiores teores de água oferecem maior facilidade de extração do óleo, porém amêndoas mais secas fornecem o maior rendimento na extração.

Cinética de secagem

- ✓ Os modelos de Lewis, Page, Henderson & Pabis e Midilli et al., podem ser utilizados para representar o processo de secagem do coco catolé, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,05;
- ✓ Dentre os modelos testados o de Midilli et al. apresentou os maiores valores de R^2 e os menores valores de DQM, para todas as temperaturas, ajustando-se melhor aos dados observados;

- ✓ Para os modelos de dois parâmetros o de Page se ajustou melhor em relação aos modelos de Henderson & Pabis e Wang e Singh. O modelo de Page apresentou coeficiente de determinação (R^2) superior a 99,55% e valores de DQM menor que 0,0287. Os parâmetros “k” e “n” apresentaram comportamento aleatório em função da variação da temperatura.

Análise físico-química do óleo de coco catolé em função da temperatura de secagem (in natura, 40, 50, 60 e 70 °C)

- ✓ A acidez não foi influenciada pelo aumento da temperatura;
- ✓ O índice de acidez do óleo foi inferior a 1%, evidenciando a potencialidade de seu uso na indústria de cosméticos;
- ✓ O índice de saponificação diminuiu com o aumento da temperatura;
- ✓ O índice de peróxido do óleo em todas as temperatura, foi zero, indicando que o óleo apresenta baixa possibilidade de deterioração oxidativa.
- ✓ O índice de iodo aumentou de 1,30 para 1,47 % com o aumento da temperatura de 40 °C para 70 °C.

Viscosidade cinemática a 40 °C

- ✓ O óleo de coco catolé possui viscosidade a 40°C de $29,4 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$, devido a composição ser majoritariamente formada por ácidos graxos de cadeia média

Composição em ácidos graxos

- ✓ O ácido graxo presente em maior concentração no óleo de coco catolé, foi o ácido láurico (C12:0) com 53,54%;
- ✓ A composição dos ácidos graxos o classifica como óleo de cadeia média e saturado;
- ✓ A temperatura não ocasionou alteração na composição do óleo in natura nem nas temperaturas de 40 a 60 °C;
- ✓ Na temperatura de 70 °C ocorre uma redução significativa no ácido linoléico (C 18:2) que, provavelmente, foi convertido em ácido linolênico (C 18:1)

Estabilidade oxidativa

Por TG/DTG/DTA

- ✓ O óleo de coco catolé apresentou boa estabilidade térmica com início de degradação em 203,1 °C, sendo este valor maior que a temperatura usada em fritura de alimentos;
- ✓ Pela análise das curvas TG/DTG constatou-se a existência de duas etapas de decomposição térmica nos intervalos de 203,1 a 469,9 °C e 469,9 a 586,1 °C, com respectivas perdas de massa de 95,9 e 4,1 %.
- ✓ Pela análise de DTA observaram-se duas transições exotérmicas com temperaturas de pico em 335,8 e 523,1 °C.

Por Rancimat

- ✓ O óleo de coco catolé não apresentou ponto de indução (PI) detectável, indicando alta estabilidade oxidativa;

Por cromatografia

- ✓ Não houve variações relevantes com o aumento da temperatura no percentual do perfil de ácidos graxos do constituinte ácido láurico) (C 12:0) presente em maior quantidade no óleo;
- ✓ Houve acréscimo percentual na composição dos ácidos graxos saturados e uma diminuição percentual nos ácidos graxos insaturados após o óleo ter sido submetido a um processo de aquecimento não contínuo, a diferentes temperaturas.

6. SUGESTÕES

Sugere-se, na continuação deste trabalho:

- Estudar a utilização do óleo de coco catolé na fabricação de novos produtos alimentícios (margarina, pães, bolos etc.) e os efeitos que o mesmo pode trazer para a população.
- Estudar a atividade antimicrobiana do óleo de coco catolé;
- Utilização da amêndoa para fabricação de barras de cereais;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA. Óleos vegetais. Disponível em: <<http://www.aboissa.com.br>> acessado em 25/03/2010.

ALAMU, O. J.; WAHEED, M. A.; JEKAINFA, S. O. Effect of ethanol–palm kernel oil ratio on alkali-catalyzed biodiesel yield. **Fuel**, n. 87, p.1529-1533, 2008.

ALBUQUERQUE, G. A., **Obtenção e caracterização físico-química do biodiesel de canola (*Brassica napus*).** 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química)– Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ALMEIDA, C. A. P. **Avaliação dos principais fitosteróis em óleos vegetais e azeites.** 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 145-151, jan./jun. 2006. ISSN 1519-5228.

ALMEIDA, E. C.; BORA, P. S.; BARBOSA, E. C. A. Caracterização físico-química de óleo de sementes de dois cultivares de algodão colorido (*Gossypium hirsutum* L.). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, I, 2006, Bananeiras, PB. **Resumo...** Bananeiras: UFPB, 2006. p.12-17.

ALMEIDA, F.; ARRUDAS, S. R.; RIBEIRO, L. M.; NASCIMENTO, J. e S.; BARBOSA, A. R. Caracterização das propriedades físico-químicas do óleo da polpa e da semente da macaúba, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Martius (Arecaceae). SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, 2010, Montes Claros, MG. **Anais...** Montes Claros: UFMG. CD Rom.

AMARAL, D. S. DO. **Técnicas para obtenção de coco da bahia desidratado.** 2011. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia

Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande.

ANDRADE, A. G.; JUNIOR L. A. R.; SANTOS, R. B.; SOLETTI J. I.; CARVALHO, S. H. V. Estudo do processo de extração do óleo da Moringa Oleifera. In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 1, 2009, Aracaju Sergipe. Disponível em: <<http://linux.alfamaweb.com.br/encontromoringa.com.br/site/trabalhos/02-07-ENAM2009.pdf>> Acesso em: 12/05/2010.

ANTONIASS, R.I Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba v.19, n. 2, p. 353- 380, jul./dez. 2001. ISSN:19839774.

AOCS – American Oil Chemists Society, AOCS 2009.

AQUINO, L.P.; FERRUA, F.Q.; BORGES, S.V.; ANTONIASSI, R. ; CORREA, J.L.G.; CIRILLO, M. A. Influence of pequi drying (*Caryocarbrasiliense* Camb.) on the quality of the oil extracted. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 29, n. 2, p. 354-357, abr.-jun. 2009. ISSN 0101-2061.

ARAÚJO, G. S.; CARVALHO R. H. R.; SOUSA, E. M. B. D. de. Produção de Biodiesel a partir de Óleo de Coco (*Cocos nucifera* L.) Bruto - Advances in Cleaner Production São Paulo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP, 2, 2009, Brazil, **Proceedings...Brazil** : São Paulo, OU, 2009. Brazil – May 20th-22nd – 2009 . p. 1-10.

ARAÚJO, W. M.; MONTEBELLO, N. D. P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos alimentos**. 2. Ed. Distrito Federal: Senac DF, 2011. 496 p. ISBN: 978-85-62564-10-9.

ARRUDA V. M. Colheita, pós-colheita e comercialização de plantas medicinais. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, MG, p.21-23, maio/jun., 2004.

AZEREDO, H. M. C. de. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

BARBOSA, B. Z. **Óleos Vegetais para Alimentos ou para Biodiesel?** 2011. v. 6, n. 6. 6 p. Análises e Indicadores do Agronegócio. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br> > Acesso em: 10 ago. 2012.

BARRETO, C. C. K., **Avaliação da estabilidade de bio-óleo obtido a partir do óleo de soja durante o armazenamento.** 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Brasília.

BENÍCIO, D. A.; QUEROGA NETO, V.; SOUSA, J. G. Avaliação das propriedades físico-químicas e da composição química parcial do óleo de sementes de Nim Indiano (*Azadirachta indica A. Juss*), cultivado no município de Patos – Paraíba. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 2, p. 22-33, 2010. ISSN 1983-4209.

BERBET, P. A.; CARLESSO, V. de O.; SILVA, R. F. da; MOLINA, M. B.; QUEIROZ, D. M. de; OLIVEIRA, M.T.; MARTINAZZO, A. P. Secagem em camada espessa de sementes de mamão *Carica papaya* L. do Híbrido UENF-CALIMAN 01. In: SIMPÓSIO DA PAPAYA BRASILEIRA, 2, 2005. Vitória - ES. **Anais ...** Vitória: Papaya Brasil: Mercado e Inovações Tecnológicas para o Mamão, 2005. v.1. p.265-269.

BEZERRA, R. T. R. **Extração do óleo de babaçu (*Orbignia martiana*) por prensagem contínua.** 2000. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

BIODIESEL no Brasil. **Distribuição de oleoginosas por região.** Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/brasil/biodiesel-brasil.htm>> Acesso em: 09/01/2012.

BOBBIO, P. A., BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos.** 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 222p.

BOCK, P. M.; PERALTA, J. dos S. Alterações estruturais e nutricionais em lipídeos submetidos a processamento químico ou aquecimento. **La Salle - Revista de Educação**,

Ciência e Cultura v. 14, n. 2, jul./dez. 2009.

BONTEMPO, A. **O que você precisa saber sobre nutrição** - Noções Básicas. 7 ed.: Editora Ground, 1984, 128 p. ISBN: 8571870535, 9788571870536

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 482 de 23 de setembro de 1999**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm>. Acesso em: 02 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 140p.

BRASIL. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270, de 22 setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1

CARDOSO, L. G. V.; BARCELOS, M. F. P.; OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, J. A. R.; ABREU, W. C.; PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, M. C. A. Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos de azeites obtidos de diferentes variedades de oliveiras introduzidas no Sul de Minas Gerais – Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 31, n. 1, p. 127-136, 2010.

CARLESSO, V. de O. ; BERBERT, P. A., SILVA, R. F. da; VIANNA, A. P.; DETMANN, E.; DIONELLO, R. G. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 3, p. 444-448, Dez. 2005. ISSN 0100-2945

CARVALHO, C. O. de. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L.f. (ARECACEAE - buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) - Escola Superior da Ciência da Saúde, Universidade do Estado do Amazônia- UEA, Manaus.

CARVALHO, M. L. B. de. **Avaliação da estabilidade termo-oxidativa do óleo das sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)**. 2011. 87 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba.

CASTRO, A. A.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C. Comportamento reológico do azeite de coco babaçu em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira ol. Fibros.**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 457-463, jan-abr. 2002. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/rbof/artigos/612002002_rbof,6\(1\),457-63,2002.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/rbof/artigos/612002002_rbof,6(1),457-63,2002.pdf). <Acesso em: 14/08/2010.

CASTRO, H. F.; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 146-156, jan./fev. 2004. ISSN 0100-4042.

CAVALLIERI, A. L. F.; **Influência da desnaturação térmica e do pH sobre as propriedades reológicas de proteínas do soro e sua compatibilidade termodinâmica com a xantana**. 2003, 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2010 (revisada).

CHAVES, M. H.; BARBOSA, A. S.; MOITA NETO, J. M. Caracterização química do óleo da amêndoa de *Sterculia striata* St. Hil. Naud. **Química Nova**, São Paulo, SP, v. 27, n.3, p. 404-408, jun. 2004. ISSN 0100-4042.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral Paranaense**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento –

LACTEC, Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba.

COMANDINI, P., VERARDO, V., MAIOCCHI, P., CABONI, M. F. Accelerated oxidation: Comparative study of a new reactor with oxidation stability instrument. **European Journal of Lipid Science and Technology**. 2009. v. 111, n. 9, p. 933 – 940. Online Library. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejlt.200900009/abstract>. Acesso em: 14 de Marco de 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em:< www.conab.gov.br.> Acesso em: 22/06/2011.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J. SOLEDADE, L. E. B.; FERNANDES, V. J.; SOUZA, A. G. Rheological Behavior of Castor Oil Biodiesel. **Energy & Fuels**, v. 19, n. 5, p. 2185-2188, 2005.

CORDOBILHA, E. F. Prevenção de doenças cardiovasculares. **Einstein: Educ. Contin. Saúde**. v. 6, n. 3, p. 137-9, 2008. Disponível em: <<http://apps.einstein.br/revista/arquivos/PDF/962-EC%20v6n3%20p137-9.pdf>> Acesso, 20/02/2012.

CORRÊA, N. M.; CAMARGO JÚNIOR, F. B.; IGNÁCIO, R. F.; LEONARDI, G. R. Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, SP, v. 41, n. 1, p. 73-75, jan./mar. 2005. ISSN 1516-9332.

CORRÊA, P. C.; ARAÚJO, E. F.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Determinação dos parâmetros de secagem em camada delgada de sementes de milho doce (*Zea mays* L.). **Revista brasileira de milho e sorgo**, v.2, v.2, p.110-119, 2003. ISSN 1980-6477.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2006. ISSN 0101-2061.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Revista Química Nova**, São Paulo, SP vol. 31, n. 5, p. 956-961, 2008. ISSN 0100-

4042

COSTA, P. B. S. **Obtenção e caracterização de azeite de amêndoa de castanha de caju em função do nível de tosta**. 2009.117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

COZZOLINO, S. M. F.; FISBERG, M.; BARROS, M. J. L. O papel do zinco no crescimento e desenvolvimento infantil. In: FISBERG, M.; BARROS, M. J. L. **O papel dos nutrientes no crescimento e desenvolvimento infantil**. São Paulo: Sarvier, 2008. Cap. 4, p-65-82.

CREPALDI, C. I.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. de; RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. de V. C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 24, n. 2, P. 155-159, jun. 2001. ISSN 0100-8404.

DANTAS, H. J. **Estudo termoanalítico, cinético e reológico de biodiesel derivado do óleo de algodão (*Gossypium hisutum*)**. 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N., Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 26, n.1, p. 56-63, jan.-mar. 2006. ISSN 0101-2061

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. M. ; BATISTA, V. M. ; VIEIRA, G.; SOUZA, C. R. ; DUMONT, P. V.; SANTOS, G., K., M. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 21, n. 1, p. 79-86, jan./mar. 2010. ISSN 0103-4235

EICHOL, E. D.; PERES W. B., Monitoramento da qualidade física de secagem de sementes de milho em secadores estacionários. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v. 30, n. 2, p. 057-064, 2008. ISSN 0101-3122.

FARIA, A. A.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M., ZUPPA, T. de O.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, p. 111-119, 2002. ISSN 0100-4670.

FARIA, D. U.; PEIXOTO, P.; MORAIS, P.; SOUZA, R. B. L. **A utilização de óleo vegetal refinado como combustível – Aspectos legais, técnicos, econômicos, Ambientais e Tributários.** (2010). Disponível em: <http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao/TD73anDutra_MarcusPeixoto_PaulodeMorais_RaphaelBorges.pdf> Acesso em: 08/01/2012.

FARIA, J. P.; ARELLANO, D. B.; GRIMALDI, R.; SILVA, C. R. Da; VIEIRA, R. F. ; SILVA, D. B. Da; AGOSTINI-COSTA, T. Da S. Caracterização química da amêndoa de coquinho-azedo (*Butia capitata var capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 549-552, Junho 2008.

FARIA, R. Q. de; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. ; DIEASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, CG, v. 16, n. 5, p.573–583, 2012. INSS. 1415-4366

FARIAS, A. F. F.; **Avaliação da estabilidade do biodiesel de soja obtido da mistura de óleos e gorduras em diferentes formulações.** 2011.109 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

FARIAS, T. M. Produção do óleo de pequi no Norte de Minas Gerais e na Chapada do Araripe, sul do Ceará, In: CONGRESSO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2007. CD Rom

FARONI, L. R. A.; ALENCAR R. de; PAES, J. L.; COSTA, A. R. da; ROMA, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.29, n.1, p.91-100, jan./mar. 2009.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed, Porto Alegre: Artmed, p. 342. 2006.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2ª ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258p

FERNANDES, J. B.; DAVID, V.; FACCHINI, P. H.; SILVA, M. F. G. F. ; RODRIGUES FILHO, R.; VIEIRA, P. C. Extrações de óleos de sementes de citros e suas atividades sobre a formiga cortadeira *Atta Sexdens* seu fungo simbionte. **Revista Química Nova**, São Paulo, SP, v. 25, n. 6B, p. 1091-1095, nov./dez. 2002. ISSN0100-4042

FERREIRA, E. de S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. da S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Revista Alimentos e Nutrição/ Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, SP, v.19, n.4, p. 427-433, out./dez. 2008. ISSN 0103-4235

FERREIRA, L. F. D.; PIROZI, M. R.; RAMOS, A. M.; PEREIRA, J. A. M. P. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.47, n.6, p.855-862, jun. 2012. INSS 0100-204-X.

FIGUEROA, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: UFPB, 2004.

FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C. de; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 27(supl.), p. 14-17, ago. 2007. ISSN 0101-2061

GAMBARRA NETO, F. F. **Classificação de óleos vegetais utilizando voltametria de onda quadrada e métodos quimiométricos**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

GARCIA, C. M. **Transesterificação de óleos vegetais Campinas**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química)- Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química SP.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 603 – 608, 2004.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo-SP: Nobel. 2008. 511p. ISBN 9788521313823.

GONDIM, A. D. **Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão e do efeito da adição de antioxidantes (α -tocoferol e BHT)**. 2009. 247 f. Tese (Doutorado em Química). Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C. A rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p. 474-477, 1982.

HENRIQUES, L. B.; **Estabelecimento de uma metodologia de determinação do tempo de vida útil de alguns óleos vegetais**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa.

HIANE, P. A.; BALDASSO, P. A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R.. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos [online]**, Campinas, SP, vol.26, n.3, p. 683-689. 2006. ISSN 1678-457X.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. Digital, 2008. 1020 p.

KIRCHHOF, S. C.; CRIZEL, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. A. Influência da água na conservação dos alimentos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17, 2008. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2008. CD Rom

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 29,

n. 5, p. 1008-1014, set./out., 2005

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; JAOUHARI, J.T. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, London, n.61, p.173-179, 2004.1

LAURELES, L.R.; RODRIGUEZ, F. M.; REAÑO, C. E.; SANTOS, G. A.; LAURENA, A. C.; MENDONZA, E. M. T. Viability in fatty acid and triacylglycerol composition of the oil of coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrids and their parentals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 50, p. 1581-1586, 2002.

LEHNINGER, A.; NIELSON, D.L.; COX, M. M. **Bioquímica**, 3.ed. New York: Worth Publisher, 1995. 1152p

LEWICKI, P. P.; PAWLAK, G. Effect of drying on microstructure of plant tissue. **Drying Technology**, v. 21, n. 4, p. 657-683, 2003.

LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. Curitiba, PR: **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. Curitiba, 2004, n.1, v.22, p.133-144. Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1993.pdf > Acesso em: 25 abril. 2010.

LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO J.; Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 695-698, Dezembro 2007.

LIMA, E. E. DE ; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; QUEIROZ, A. J. DE M. Cinética de secagem de polpa de facheiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, CG, v.9, n.1, p.17-28, 2007. ISSN 1517-8595.

LOPES, M. R. V.; AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M. S. F.; JORGE, N.; RUVIERI, V.; **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, p. 168, 2004.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos de babaçu. **Revista Ceres**, MG. v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006.

MADUREIRA, I. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE ; QUEIROZ, A. J. DE M.; SILVA FILHO, E. D. DA . Cinética de secagem da polpa do figo-da-india. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, CG, v.13, n. Especial, p.345-354, 2011. ISSN 1517-8595

MANZKE, N. E.; PEREIRA, L. de M.; BECKER, S. ; SILVA, A. E. F. da; SILIVA, A. S. da; XAVIER, E. G. Substituição do éter de petróleo por hexano na extração de gordura em grãos e pastagens. IN: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 16, 2008, Blumenal, SC. **Anais...** Blumenal: FURB, 2008. CD rom

MARIANO, R.G. de B. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) por processos convencionais combinados com tecnologia enzimática**. 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Instituto de Tecnologia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MARQUES, L. F. **Processamento do pedúnculo do caju em avançado estágio de maturação pela desidratação osmótica e secagem para elaboração de passas de caju**. 2006.105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande.

MARTINAZZO A. P.; MELO E. C.; CORRÊA P. C.; SANTOS R. H. S. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v.12, n.4, p.488-498, 2010. ISSN 1516-0572. ISSN on line 1983-084X

MARTINS, J. N.; SANTOS, D. C.; ALEXANDRINO, S. P. S.; OLIVEIRA, E. N. A. de; CASTELLÓN, R.E.R. Obtenção e caracterização físico-química do extrato oleoso de alho roxo (*Allium sativum*). **Revista Tecnologia e Ciências Agropecuárias**. João Pessoa, PB,

PIANOVSKI, A.R.; VILELA, A.F.G.; SILVA, A.A.S.; LIMA, C.G.; SILVA, K.K.; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R.; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. Uso do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) em emulsões cosméticas: desenvolvimento e avaliação da estabilidade física. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. [online], São Paulo, SP, v. 44, n. 2, p. 249-259, abr./jun., 2008. ISSN 1516-9332.

PIMENTA, T. V.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. de; ANDRADE, M. H. C. de. Parâmetros de qualidade, estrutura lipídica e características de fusão dos óleos do fruto da palmeira Macaúba. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 4.; Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 7., 2010, Belo Horizonte. Biodiesel: inovação tecnológica e qualidade: **Anais...** Trabalhos científicos. Lavras: UFLA, 2010. v. 2, p. 1155-1156.

PREVIERO, C. A.; MARANHAO, N. P.; SANTOS, D. L. Determinação de teor de umidade da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) durante o processo de secagem ao sol e a sombra, no município de Palmas, Tocantins. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 63^a, 2011. Goiânia, GO. **Resumo...** Goiânia: SBPC, 2011.

RABELO, A. R.; FERREIRA, M. O. **Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial**. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, p. 1-19, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/COLETA%20SELETIVA%20DE%20%C3%93LEO%20RESIDUAL%20DE%20FRITUR A%20PARA%20AP%20E%2080%A6.pdf>> Acesso em: 14/10/2010.

REDA, S. Y. ; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, n.27, p. 60-67, fev./mar. 2007.

REDA, S. Y.; LEAL, E. S.; BATISTA, E. A. C.; BARANA,, SCHNITZEL, E.; CARNEIRO, P. I. B. Caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limon*), um resíduo agroindustrial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25(4): 672-676, out.-dez. 2005.

RIBEIRO, E. P. ; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 1. ed. , Editora Edgard Blucher LTDA: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p. ISBN 85-212-0326-8

RICCI, F, dos S. .; NEVES, M. C. P; NANNETTI, A. N.; MOREIRA, C. F.; AGUIAR-MENEZES, E. de L.; SILVA, E.; CAIXETA I. F; ARAÚJO, J. B. S.; LEAL, M. A. de A.; FERNANDE, M. do C.; ALMEIDA, P. S. de; PEDINI, S. Cultivo do café orgânico. Revista Embrapa Agrobiologia, Sistemas de Produção, 2 – 2ª ed., dez. 2006. ISSN 1806-2830 Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/poscolheita.htm>. Acesso em: 15/01/2012

RODRIGUES, V. **Desenvolvimento de nova metodologia para a produção de biodiesel em meio ácido com indução por micro-ondas**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

ROSA, J. G. **Secagem de cenoura (Daucus carota L.) em microondas**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. **Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura**, 2009. Disponível em: < <http://hygeia.fsp.usp.br/~eatorres/gradu/frituras.pdf>>Acessado em dez de 2009.

SANTOS, C. J. R. dos. **Secagem de sementes de girassol via radiação infravermelho e convecção forçada de ar aquecido**. 2009. 75 f. Dissertação (Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracajú.

SANTOS, J. R. de J. **Biodiesel de babaçu: Avaliação térmica, oxidativa e misturas binárias**. 2008. 103 f. Tese (Doutorado em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SANTOS, M. A. S. dos; D'ÁVILA, J. L.; COSTA, R. M. Q. da; COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; LOPES, M. L. B. **O comportamento do mercado do óleo de palma no Brasil e na Amazônia**. Disponível em:

<<http://www.basa.com.br/bancoamazonia2/includes/institucional/arquivos/biblioteca/artigo/s/agronegocios/EstSetorial11.pdf>> Acesso em: 20/10/2011.

SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. Extração aquosa enzimática de óleo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 25, n.1, p. 132-138, jan./mar. 2005. ISSN 0101-2061

SGANZERLA, M.; ZAMBIAZI, R.C.; BORGES, G. Caracterização química da amêndoa e avaliação do óleo extraído de frutos de butiá (*Butia capitata*). CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15 e ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8, Pelotas, MG. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006.

SILVA, K. F. N. L.; SANTOS, D. da C.; SILVA, C. T. S. da; QUEIROZ, A. J. de M.; LIMA, A. O. N. Aspectos reológicos de amostras de méis de *Apis mellifera* do município de limoeiro do Norte-Ce. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, RN, v.4, n.4, p. 90 - 95 out/dez. 2009. ISSN 1981-8203.

SILVA, A. SANT'ANA, MELO, K. DOS S., ALVES, N. M. C. A.; FERNANDES, T. K. DA S.; FARIAS, P. DE A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, CG, v.11, n.2, p.129-136, 2009. ISSN 1517-8595

SILVA, F. de A. S. & AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, F.; PARK, K. J. ; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de dessorção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.1, p.21-28, 2007. ISSN 1516-0572.

SILVA, I. C. C. da. **Uso de processos combinados para aumento do rendimento da**

extração e da qualidade do óleo de macaúba. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVEIRA, C. S.; PESSANHA, C. M.; LOURENÇO, M. C. S.; NEVES JUNIOR, I.; MENEZES, F. S., KAPLA, M. A. C. Atividade antimicrobiana dos frutos de *Syagrus oleracea* e *Mauritia vinifera*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, PB, v.15, n. 2, p. 143-148, Abr./Jun. 2005. ISSN 0102-695X.

SOUZA, A. D. V.; FAVARO, S. P.; ITAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa agropecuária brasileira** [online], Brasília, DF, v. 44, n.10, p. 1328-1335, 2009, ISSN 0100-204X

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. **TACO**, Versão 2 Campinas . SP 2006. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. NEPA, Universidade Estadual de Campinas . UNICAMP.

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

TOMAZIN JUNIOR, C. **Extração do óleo de soja com etanol e transesterificação etílica na miscela.** 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Química – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TONON, M. F. Levantamento Florístico- **Relatório De Flora E Fauna – Pró Ambiente, 2007**

TURATTI, J. M. **Extração e caracterização do óleo de café.** Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br/index.php/view-details/ii-simposio-de-pesquisa-dos-cafes-o-brasil/678-extracao-e-caracterizacao-de-oleo-de-cafe>> Acesso em: 26/11/2011.

UNIVERSO DO PETRÓLEO E GÁS, UNIVEN: Nova Venécia, v. 1, n. 2, Jan./Jun. 2010. Semestral. ISSN 2176-7947. Disponível em: <http://www.univen.edu.br/revista/universo_petroleo_02.pdf> Acesso em: 13/01/2012

VASCONCELOS, A. F. F.; GODINHO, O. E. S. Uso de métodos analíticos convencionados no estudo da autenticidade do óleo de copaíba. **Revista Química Nova**, São Paulo, SP v. 25, n. 6b, nov./dec. 2002. ISSN 0100-4042.

VENTURINI, T. ; BENCHIMOL, L.R.; ERTUOL, D.A; ROSA, M.B.; MEILI, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica Papaya L.*). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, RS, v. 5, n. 5, p. 950 – 959. 2012. ISSN: 2236-1170). Edição Especial – II Congresso Internacional de Educação Ambiental.

WUST, E. **Estudo da Viabilidade Técnico-Científica da Produção de Biodiesel a Partir de Resíduos Gordurosos**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina.

APÊNDICE A

Cromatograma do óleo de coco catolé em diferentes níveis de secagem

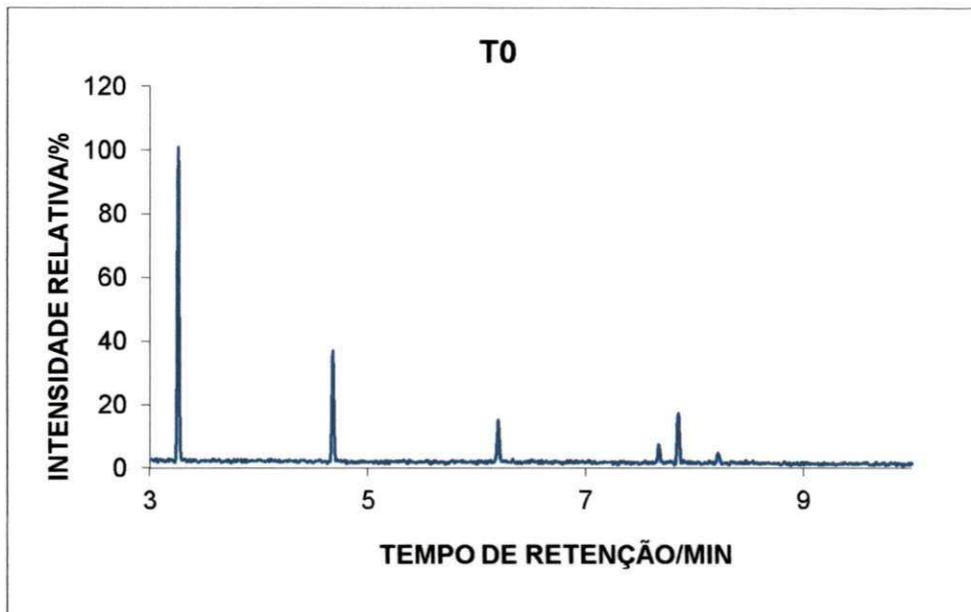


Figura 26 : Cromatografia do óleo de coco catolé in natura

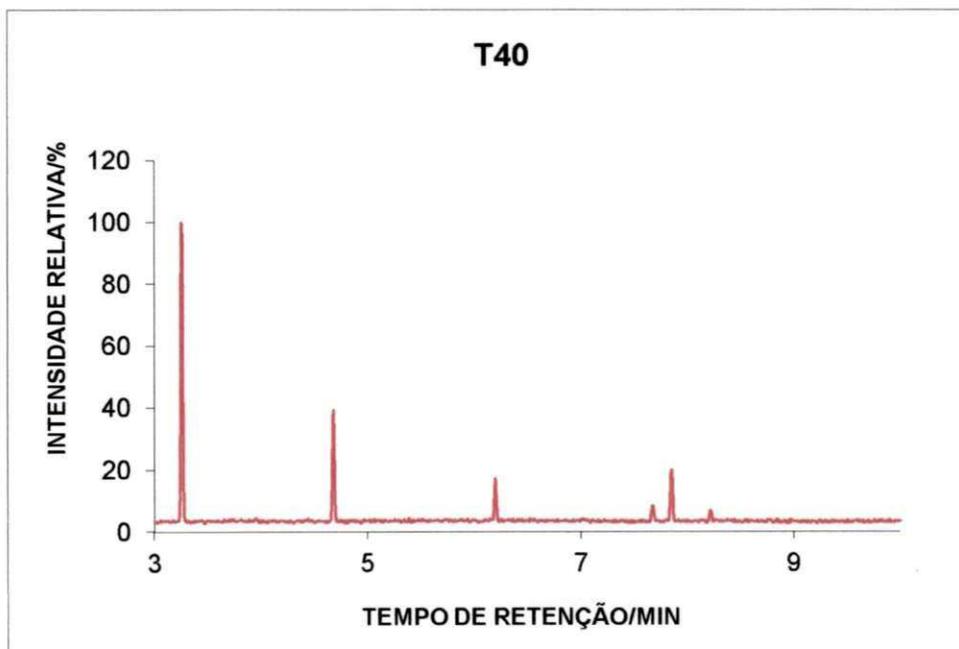


Figura 27 : Cromatografia do óleo de coco catolé submetido a temperatura de 40°C

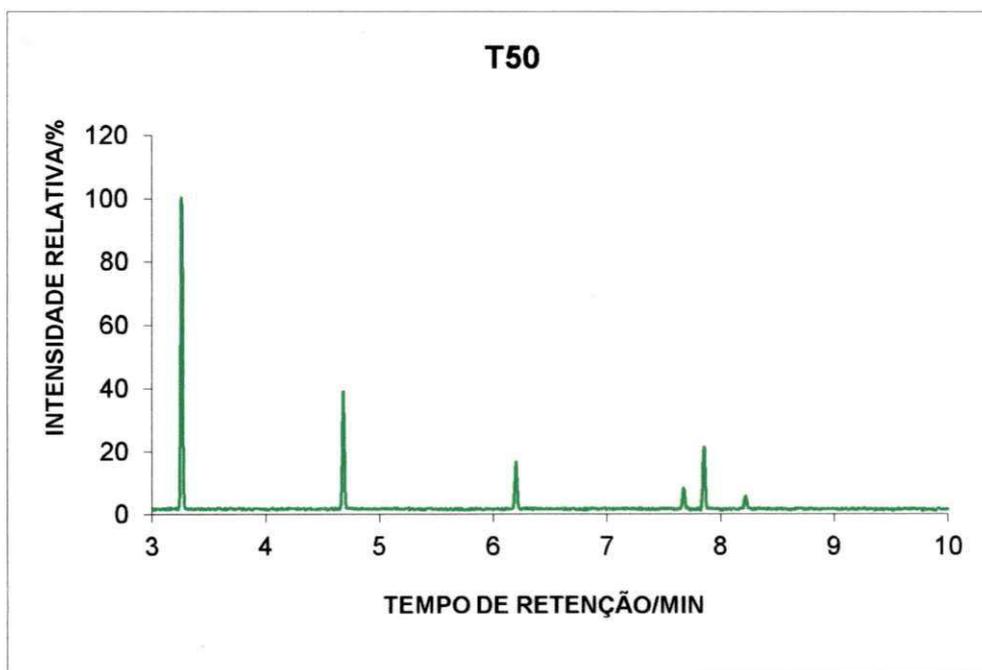


Figura 28 : Cromatografia do óleo de coco catolé submetido a temperatura de 50°C

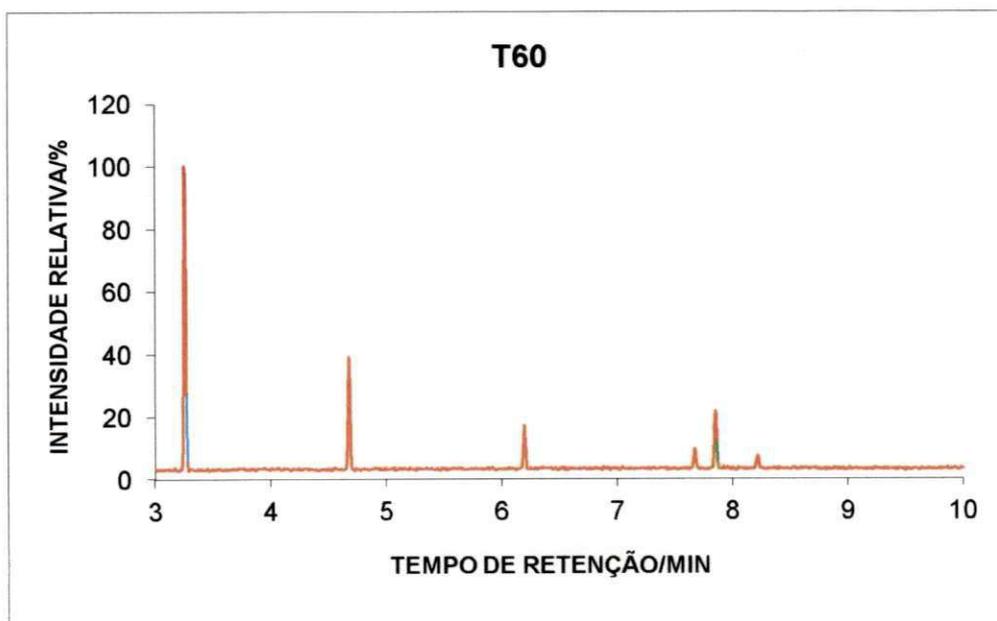


Figura 29 : Cromatografia do óleo de coco catolé submetido a temperatura de 60°C

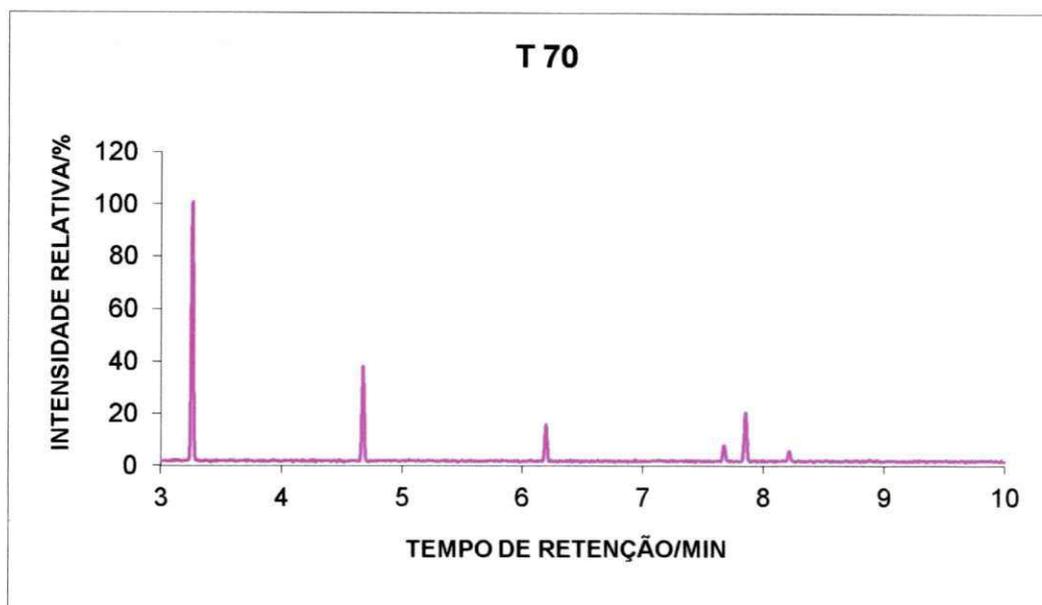


Figura 30 : Cromatografia do óleo de coco catolé submetido a temperatura de 70°C

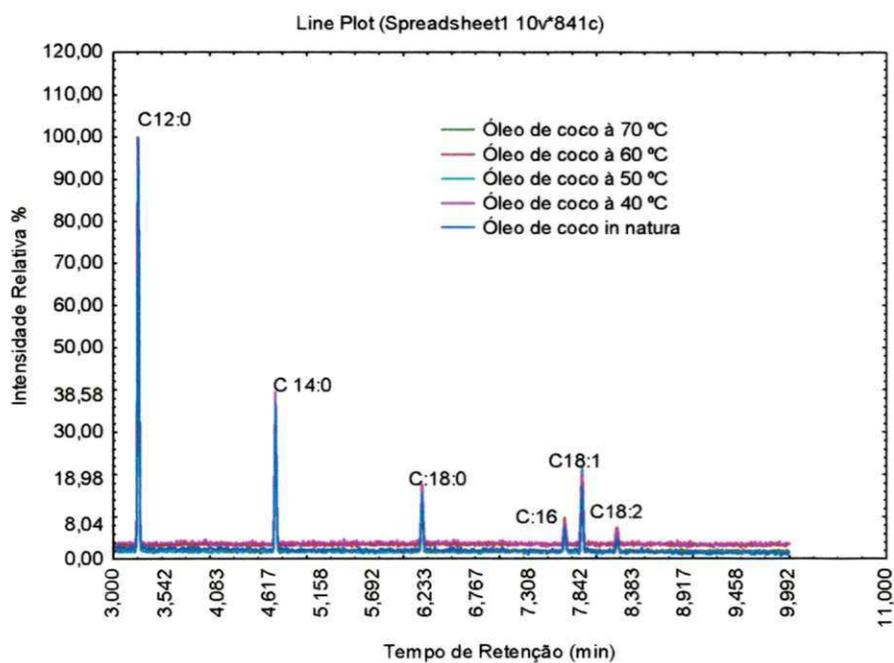


Figura 31: Interpolação das cromatografias do óleo de coco catolé submetidos as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C

APÊNDICE B

Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a diferentes condições de temperaturas

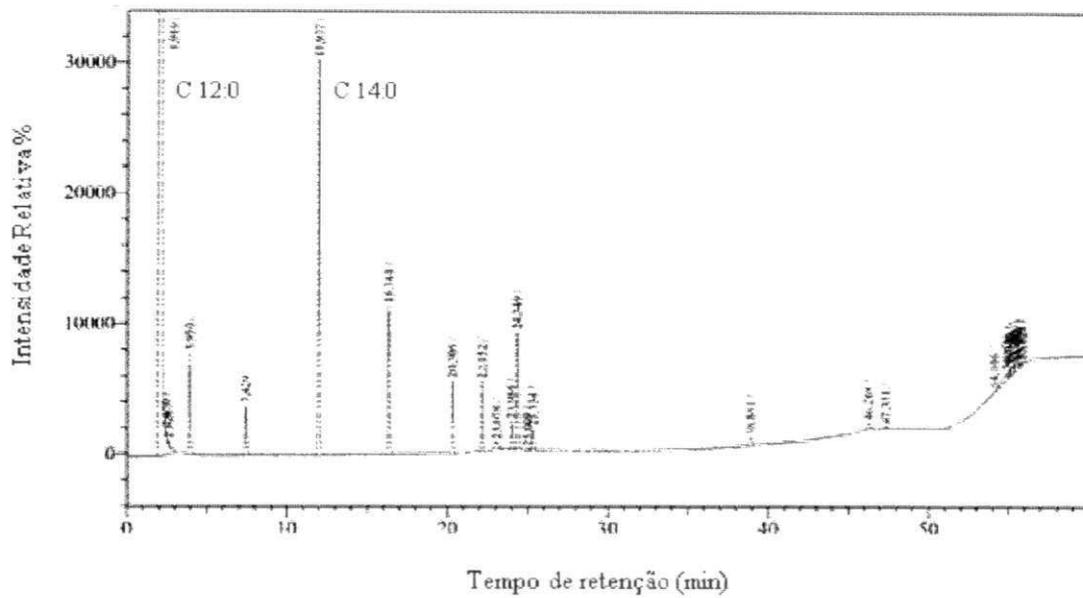


Figura 32: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 80 °C

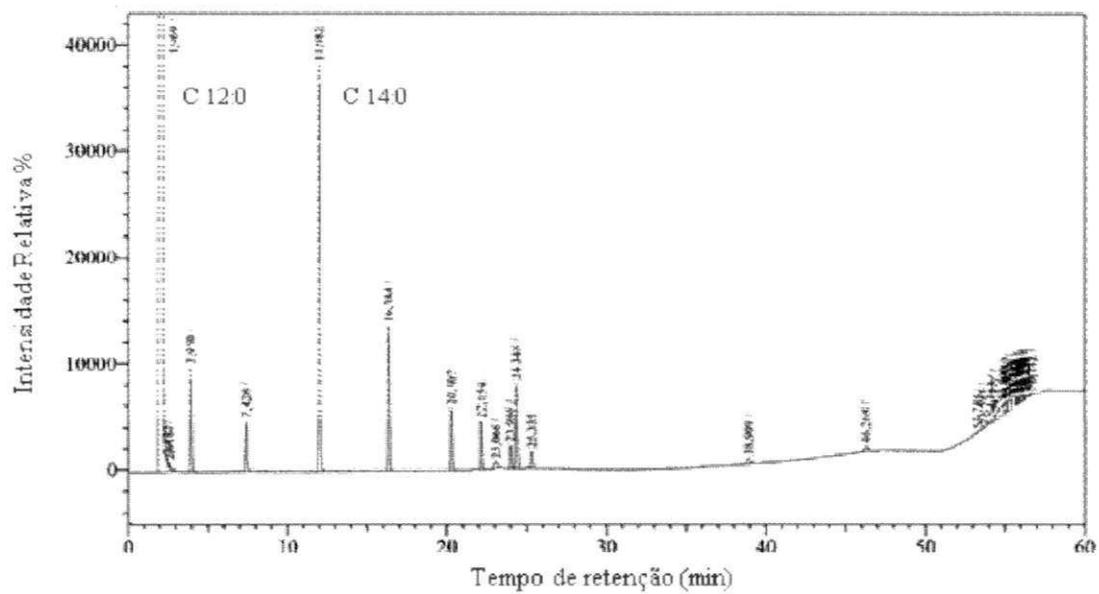


Figura 33: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 90 °C

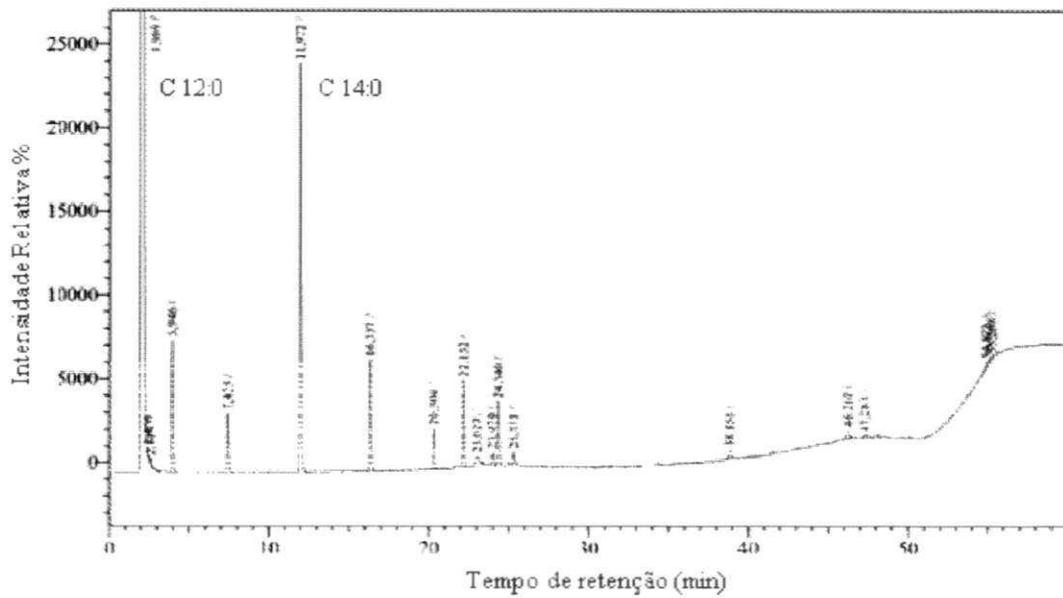


Figura 34: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 100 °C

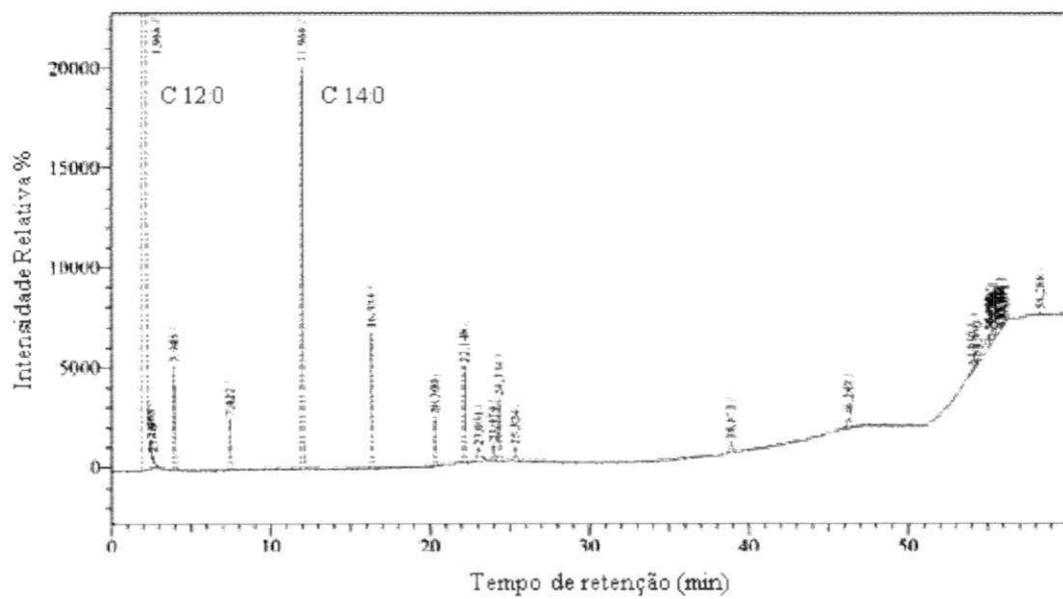


Figura 35: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 110 °C

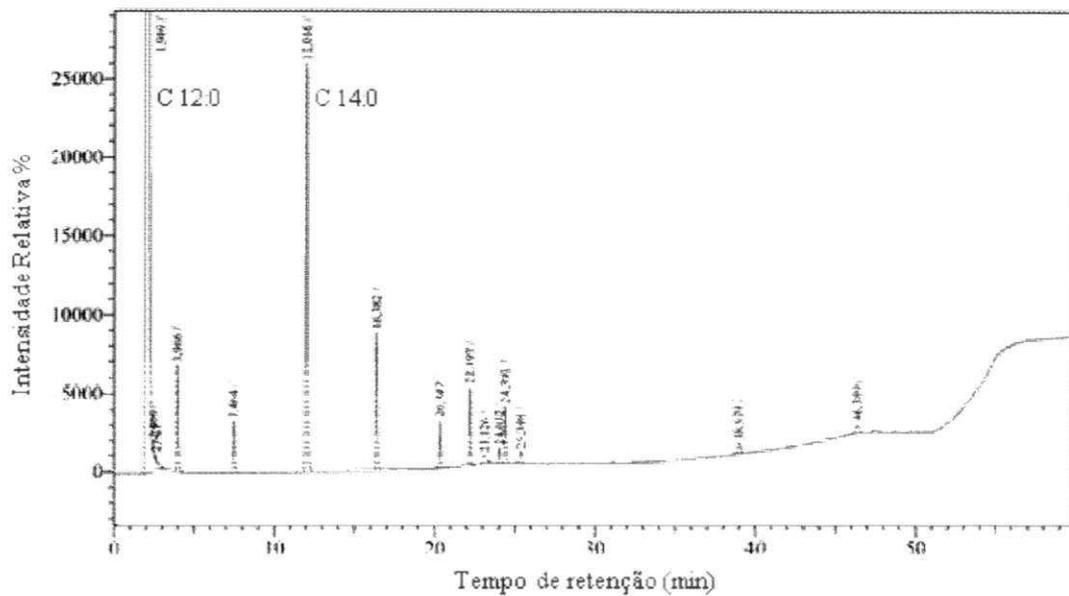


Figura 36: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 120 °C

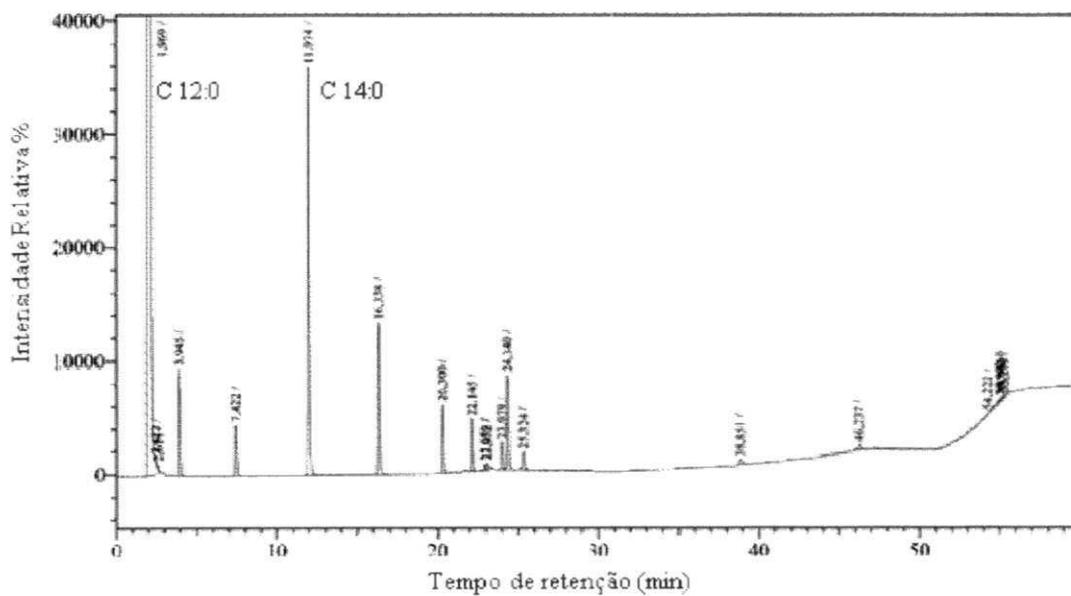


Figura 37: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 130 °C

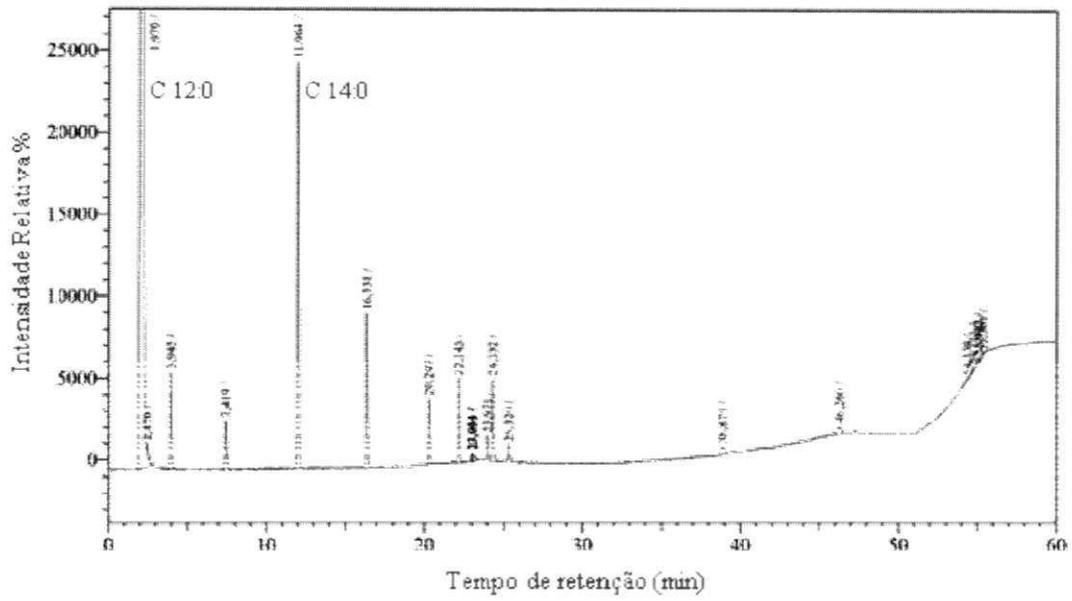


Figura 38: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 140 °C

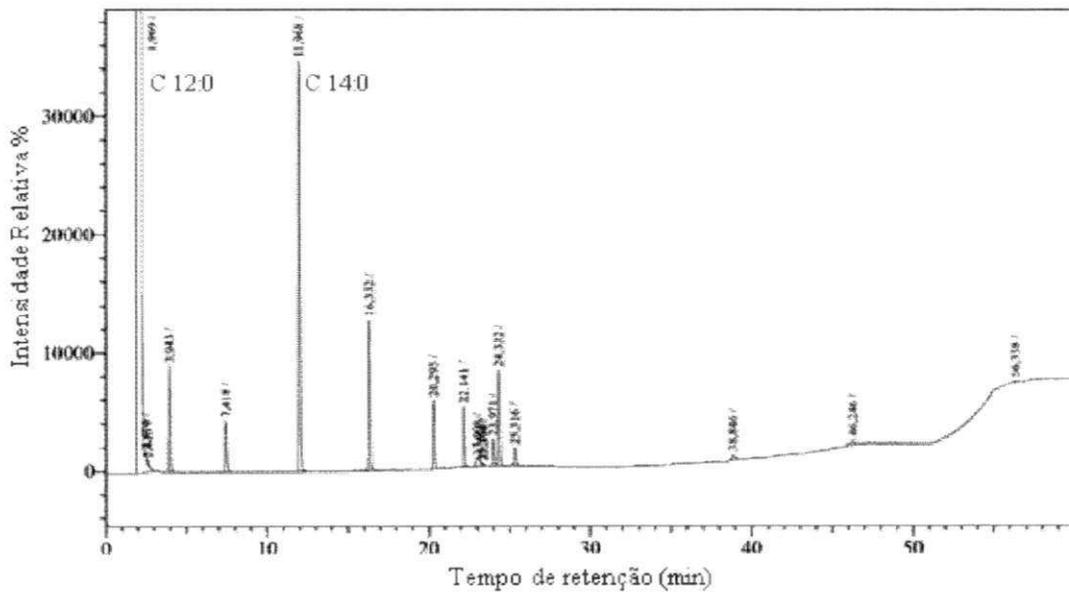


Figura 39: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 150 °C

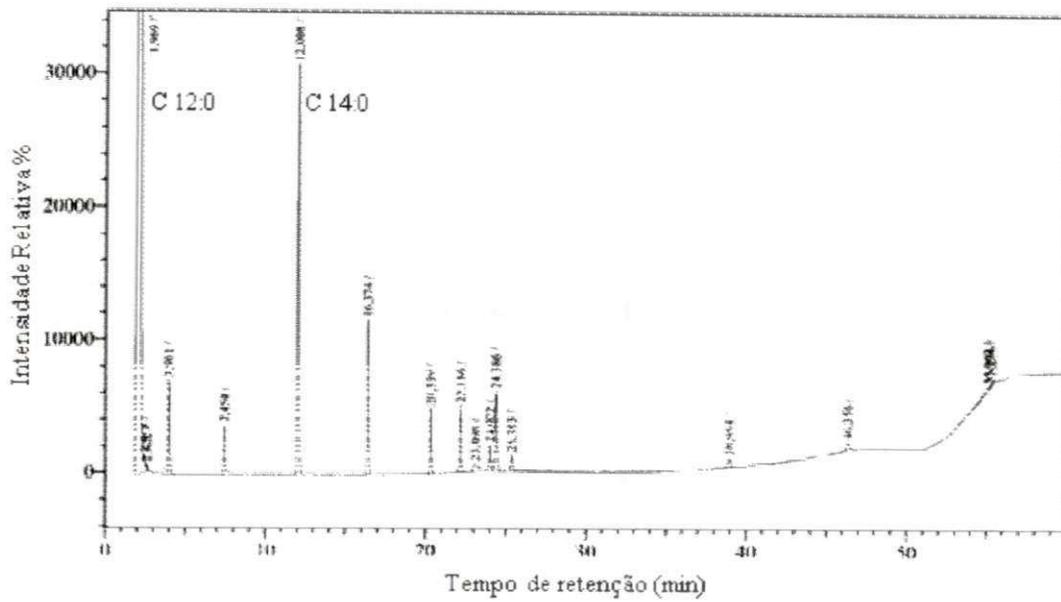


Figura 40: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 160 °C

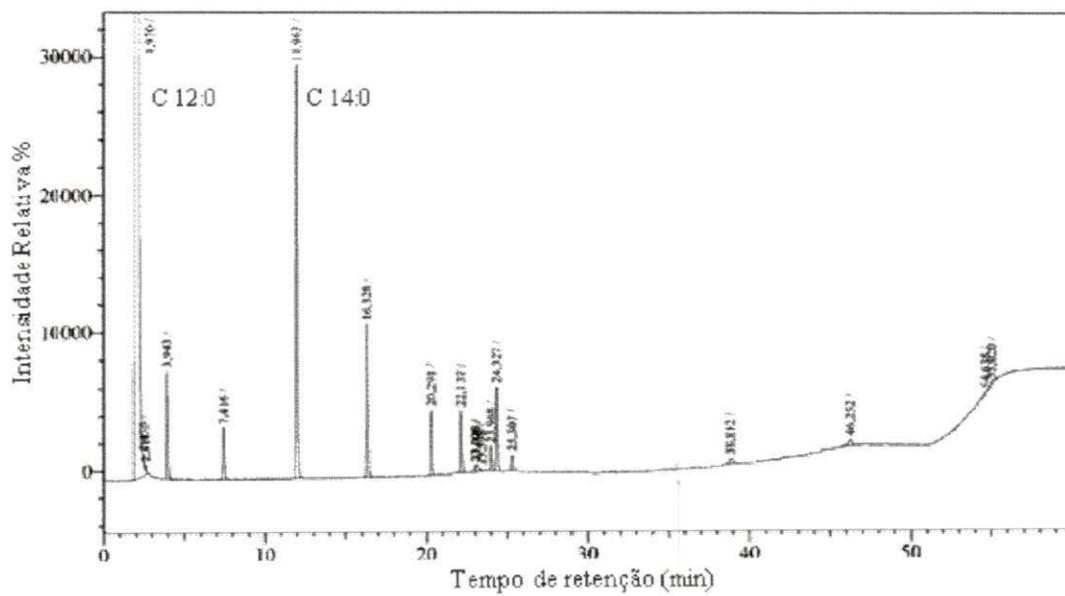


Figura 41: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 170 °C

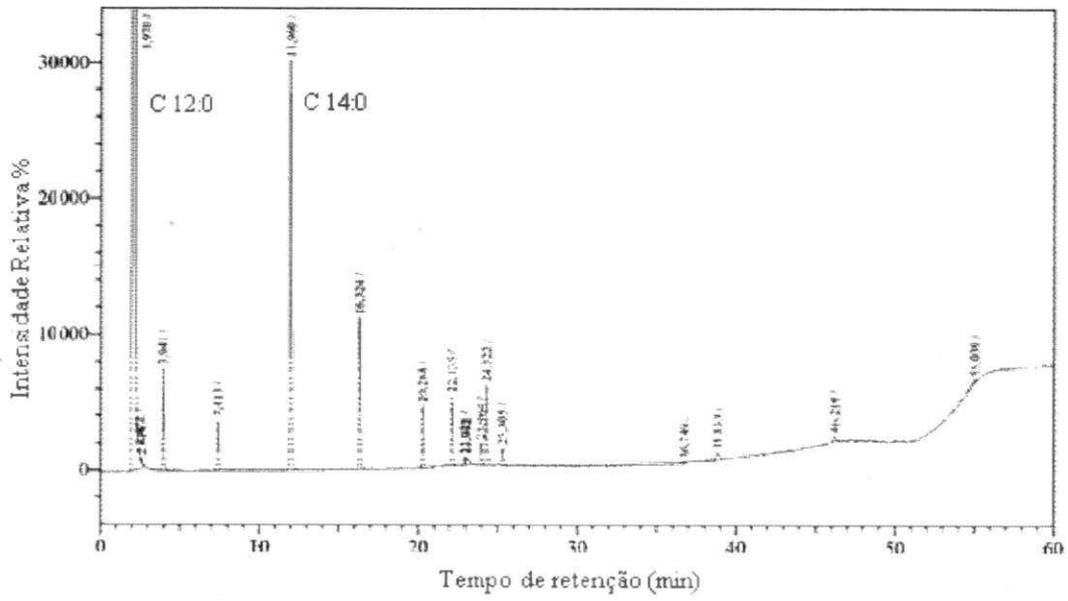


Figura42: Estabilidade oxidativa do óleo de coco catolé por cromatografia a 180 °C