



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA  
MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ANA CLÁUDIA FONSECA BAIA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*  
Mart.) EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**

BELÉM

2022

ANA CLÁUDIA FONSECA BAIA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*  
Mart.) EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – PPGEQ, do Instituto de Tecnologia – ITEC, da Universidade Federal do Pará – UFPA, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Júnior.

BELÉM

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

B152e Baia, Ana Cláudia Fonseca.  
ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇOS DE  
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) EM ESCALA PILOTO PARA A  
PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS / Ana Cláudia Fonseca  
Baia. — 2022.  
178 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Júnior  
Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Costa Santos  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Química, Belém, 2022.

1. Açaí (*Euterpe oleracea*). 2. Biocombustíveis. 3.  
Biomassa Lignocelulósica. 4. CG-MS. I. Título.

CDD 662.87

---

ANA CLÁUDIA FONSECA BAIA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*  
Mart.) EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Química.

Data de Avaliação: 27/06/2022

Conceito: Aprovada sem restrições

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Junior (Orientador)  
(PPGEQ/ITEC/UFPA)

---

Prof. Dr. Marcelo Costa Santos (Coorientador)  
(PPGEQ/ITEC/UFPA)

---

Prof. Dr. Nélio Teixeira Machado (Membro Interno)  
(ITEC/UFPA)

---

Prof. Dr. Douglas Alberto Rocha de Castro (Membro Externo)  
(CEULM/ULBRA)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Erika Milene Pinto de Sousa (Membro Externo)  
(UFRA)

**BELÉM**

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA QUIMICA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 128/2022 - PPEQ (11.41.20)

Nº do Protocolo: 23073.036814/2022-48

Belém-PA, 04 de julho de 2022.

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA QUÍMICA, NA ÁREA DE **DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS**, NA LINHA DE PESQUISA **ENGENHARIA DE PROCESSOS ORGÂNICOS**, REALIZADA EM 27 DE JUNHO DE 2022, TENDO INÍCIO ÀS 14:30 HORAS, APRESENTADA PELA CANDIDATA **ANA CLÁUDIA FONSECA BAI** DIANTE DA BANCA EXAMINADORA CONSTITUÍDA PELO PRESIDENTE **Prof. Dr. RAUL NUNES DE CARVALHO JÚNIOR** - ORIENTADOR; E PELOS MEMBROS: **Dr. MARCELO COSTA SANTOS** - COORIENTADOR, **Prof. Dr. DOUGLAS ALBERTO ROCHA DE CASTRO**, **Profa. Dra. ERIKA MILENE PINTO DE SOUSA** E **Prof. Dr. NÉLIO TEIXEIRA MACHADO**. A DISSERTAÇÃO INTITULADA "**ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*) EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**" FOI EXPOSTA EM SESSÃO PÚBLICA NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA - PPGEQ/UFPA, POR VIDEOCONFERÊNCIA, PELA CANDIDATA DURANTE 41 MINUTOS. EM SEGUIDA FOI ARGÜIDA ORALMENTE PELOS MEMBROS DA BANCA, DEMONSTRANDO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO NO TEMA ABORDADO. A BANCA EXAMINADORA OPINOU DE FORMA FAVORÁVEL À APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO, SEM RESTRIÇÕES. NA FORMA REGULAMENTAR FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, ASSINADA PELOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA E PELA CANDIDATA.

Belém, 27 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

PRESIDENTE: Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Júnior (PPGEQ/ITEC/UFPA)

M E M B R O S :

Prof. Dr. Marcelo Costa Santos (PPGEQ/ITEC/UFPA)

Prof. Dr. Douglas Alberto Rocha de Castro (CEULM/ULBRA)

Profa. Dra. Erika Milene Pinto de Sousa (UFRA)

Prof. Dr. Nélio Teixeira MACHADO (PRODERNA/UFPA)

CANDIDATA: Ana Cláudia Fonseca Baia

*(Assinado digitalmente em 04/07/2022 22:51)*  
NELIO TEIXEIRA MACHADO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
ITEC (11.41)  
Matricula: ###526#2

*(Assinado digitalmente em 05/07/2022 16:14)*  
RAUL NUNES DE CARVALHO JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
ITEC (11.41)  
Matricula: ###496#7

*(Assinado digitalmente em 04/07/2022 14:33)*  
MARCELO COSTA SANTOS  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.002-##

*(Assinado digitalmente em 05/07/2022 10:06)*  
ERIKA MILENE PINTO DE SOUSA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.902-##

*(Assinado digitalmente em 04/07/2022 16:35)*  
DOUGLAS ALBERTO ROCHA DE CASTRO  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.292-##

*(Assinado digitalmente em 04/07/2022 15:00)*  
ANA CLAUDIA FONSECA BAIA  
DISCENTE  
Matricula: 2019#####2

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpa.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número:  
**128**, ano: **2022**, tipo: **ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**, data de emissão: **04/07/2022** e o código de verificação:  
**32524d0461**

A minha mãe e aos meus irmãos que mais uma vez foram os meus alicerces para que eu pudesse completar mais essa etapa em minha vida, sem Deus e sem eles nada disso seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

# **ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**

ANA CLÁUDIA FONSECA BAIA

Orientador: Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Costa Santos

Área de concentração: Engenharia de Processos Orgânicos

Linha de concentração: Processos Orgânicos

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de produção do bio-óleo, através da pirólise do caroço de açaí *in natura* em escala piloto, atentando-se para o rendimento dos produtos obtidos nas temperaturas de 350°C, 400°C e 450°C à 1 atm. Além estudar os resultados obtidos via cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) dos bio-óleos produzidos. Para o procedimento experimental foi utilizado como matéria prima os caroços do açaí, um resíduo obtido após o processo de despulpamento do fruto. Esse material passou por etapas de secagem, cominuição e peneiramento para a retirada de resíduos indesejáveis para o processo. Esse material foi caracterizado por meio da determinação do teor de umidade, teor de voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo e poder calorífico superior. Depois do processo de caracterização os caroços foram submetidos ao processo de pirólise e, depois dos processos de separação devidos, o bio-óleo obtido foi submetido a teste para a determinação do seu índice de acidez, densidade absoluta, índice de refração e viscosidade dinâmica. Após essa etapa o bio-óleo foi submetido a análise no cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa. O teor de umidade encontrado nos caroços de açaí foi de aproximadamente 40% e o rendimento da etapa de pré-tratamento desses caroços foi de 46,84%. Na caracterização física das sementes os resultados encontrados mostraram-se dentro dos já existentes nas literaturas apresentando propriedades interessantes para o uso no processo de pirólise. Com o aumento da temperatura houve o favorecimento da produção do Bio-óleo e do biogás, já para a biocarvão houve a diminuição na sua massa produzida. As análises físico-químicas aplicadas ao Bio-óleo produzido mostraram-se dentro dos valores que estão disponíveis nas literaturas para este mesmo tipo de material, contudo ainda está fora dos padrões que a Agência Nacional de Petróleo estabelece para o diesel verde. O aumento da temperatura reduziu a acidez do bio-óleo e aumentou a viscosidade e a densidade. Com isso, teve-se uma redução 92,87 (Exp.1) para 70,26 (mg de NaOH/g de amostra) (Exp.3) e a menor viscosidade cinemática obtida de 77,62 mm<sup>2</sup>/s para o processo de pirólise com a temperatura programada até 350°C. A análise cromatográfica mostrou que o composto com maior percentual de área de picos foi o fenol, onde o tempo de retenção médio foi de 8.466 min<sup>-1</sup> independente da temperatura programada. O Exp.2 foi o qual apresentou o maior rendimento em termos de hidrocarbonetos aromáticos e o menor rendimento para fenóis, mostrando que não há um comportamento linear com a mudança de temperatura.

**Palavras-chave:** Açaí (*Euterpe oleracea*); Biocombustíveis; Biomassa Lignocelulósica; CG-MS.

## **STUDY OF THE PYROLYSIS PROCESS OF AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) SEEDS ON A PILOT SCALE FOR THE PRODUCTION OF BIOFUELS**

Advisors Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Júnior  
Prof. Dr. Marcelo Costa Santos

Research area: Engineering of organic processes

Line of concentration: Organic Processes

### **ABSTRACT**

The objective of this work was to study the process of bio-oil production through the pyrolysis of raw acai kernel on a pilot scale, focusing on the yield of products obtained at temperatures of 350°C, 400°C and 450°C at 1 atm. In addition to studying the results obtained via gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) of the bio-oils produced. For the experimental procedure, the raw material used was the açaí pits, a residue obtained after the process of pulping the fruit. This material went through stages of drying, comminution and sieving to remove unwanted residues for the process. This material was characterized by determining the moisture content, volatile content, ash content, fixed carbon content and higher calorific value. After the characterization process, the lumps were submitted to the pyrolysis process and, after the due separation processes, the bio-oil obtained was submitted to tests to determine its acidity index, absolute density, refractive index, and dynamic viscosity. After this step the bio-oil was subjected to analysis in a gas chromatograph coupled to a mass spectrometer. The moisture content found in the açaí seeds was approximately 40% and the yield of the pre-treatment step was 46.84%. In the physical characterization of the seeds the results found were within the existing literature showing interesting properties for use in the pyrolysis process. With the increase in temperature there was a favorable production of bio-oil and biogas, while for the biochar there was a decrease in its mass produced. The physical-chemical analyses applied to the Bio-Oil produced were within the values that are available in the literature for this same type of material, however, it is still outside the standards that the National Petroleum Agency establishes for green diesel. The increase in temperature reduced the acidity of the bio-oil and increased its viscosity and density. With this, there was a reduction 92.87 (Exp.1) to 70.26 (mg of NaOH/g of sample) (Exp.3) and the lowest kinematic viscosity obtained of 77.62 mm<sup>2</sup>/s for the pyrolysis process with the temperature set up to 350°C. The chromatographic analysis showed that the compound with the highest percentage of peak area was phenol, where the average retention time was 8,466 min<sup>-1</sup> independent of the programmed temperature. Exp.2 had the highest yield in terms of aromatic hydrocarbons and the lowest yield for phenols, showing that there is no linear behavior with temperature change.

**Keywords:** Açaí (*Euterpe oleracea*); Biofuels; Lignocellulosic Biomass; GC-MS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.a - Fontes de energias não-renováveis do Brasil em 2019.....	27
Figura 1.b Fontes de energias renováveis do Brasil em 2019.....	27
Figura 2 - Divisão da matriz energética brasileira do ano de 2019.....	28
Figura 3 - Estrutura da Lignocelulose.....	33
Figura 4 - Representação da estrutura da unidade da celobiose e da celulose.....	35
Figura 5 - Representação da Estrutura da Hemicelulose.....	36
Figura 6 - Representação da Estrutura da Lignina.....	37
Figura 7 – Diferentes formas de energia obtidas através de metodologias diferentes.....	39
Figura 8 - Plantação de açaí nativo.....	43
Figura 9 - Açaizeiro com frutos.....	44
Figura 10 - a) frutos do açaizeiro na planta. b) açaí obtidos após o processo de despulpamento.....	45
Figura 11 - Processo de despulpamento do açaí por ação mecânica.....	47
Figura 12 - Área de descarte irregular de caroços de açaí.....	47
Figura 13 - Representação da anatomia caroço do açaí em corte transversal.....	48
Figura 14 - Processo de decomposição da Celulose durante o processo de pirólise.....	49
Figura 15 - Liberação de gases durante a pirólise de uma biomassa.....	52
Figura 16 - Ponto de coleta dos caroços de açaí.....	57
Figura 17 - Estufa utilizada para a remoção do excesso de umidade do material.....	58
Figura 18 - Reator (a) e Sistema de aquecimento do reator (b).....	62
Figura 19 - Trocador de calor do reator.....	62
Figura 20 - Vaso de Coleta VC-02 (a) e Sistema de queima (Flare) (b).....	63
Figura 21 - Layout da Unidade Piloto.....	64
Figura 22 - Aparato Experimental, Unidade de Craqueamento em escala piloto.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Biocombustíveis.....	29
Tabela 2: Fontes de energia outorgadas no Brasil em 2017.....	34
Tabela 3: Fontes de biomassa outorgadas no Brasil em 2017.....	32
Tabela 4: Composição química, em termo de celulose, hemicelulose e lignina de biomassas comuns.....	29
Tabela 5: Usos para as partes do açáí ( <i>Euterpe oleracea</i> , Mart) .....	46
Tabela 6: Características para diversos tipos de pirólise.....	50
Tabela 7: Faixa de temperatura de decomposição dos constituintes da biomassa lignocelulósica.....	51
Tabela 8: Experimentos realizados na unidade piloto de pirólise.....	67
Tabela 9: Resultados do pré-tratamento da matéria-prima.....	72
Tabela 10: Caracterização física das sementes de açáí.....	73
Tabela 11: Dados dos Experimentos realizados na unidade Piloto.....	74
Tabela 12: Análises Físico-Químicas do Bio-óleo.....	75
Tabela 13: Grupos funcionais identificados pelo GC-MS para os Exp.1, Exp.2 e Exp.3.....	76
Tabela 14: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.1.....	78
Tabela 15: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.1.....	79
Tabela 16: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.2.....	83
Tabela 17: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.2.....	84
Tabela 18: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.3.....	87
Tabela 19: Ponto 4 do Exp.1, Exp.2 e Exp.3.....	88
Tabela 20: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.3.....	89
Tabela 21: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.3.....	102
Tabela 22: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.3.....	105
Tabela 23: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.3.....	106
Tabela 24: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.3.....	107
Tabela 25: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.3.....	109
Tabela 26: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.3.....	112
Tabela 27: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.3.....	114
Tabela 28: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.2.....	116
Tabela 29: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.2.....	119

Tabela 30: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.2.....	123
Tabela 31: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.2.....	127
Tabela 32: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.2.....	131
Tabela 33: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 7 do Exp.2.....	135
Tabela 34: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.2.....	138
Tabela 35: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.2.....	142
Tabela 36: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 10 do Exp.2.....	145
Tabela 37: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.1.....	149
Tabela 38: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.1.....	152
Tabela 39: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.1.....	155
Tabela 40: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.1.....	159
Tabela 41: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.1.....	161
Tabela 42: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 7 do Exp.1.....	164
Tabela 43: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.1.....	169
Tabela 44: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.1.....	173
Tabela 45: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 10 do Exp.1.....	177

## LISTA DE GRÁFICOS E FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: Processo realizado para a obtenção e caracterização do Bio-óleo.....	56
Gráfico 1: Grupos funcionais identificados para o Exp.1, Exp.2 e Exp.3 em porcentagem de área de pico.....	77
Gráfico 2: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.1.....	82
Gráfico 3: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.2.....	85
Gráfico 4: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.3.....	90
Gráfico 5: Grupos funcionais identificados para os pontos 4 dos Exp.1, Exp.2 e Exp.3.....	91

## **LISTA DE SIGLAS DE ABREVIACÕES**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo

AOCS – American Oil Chemists 'Society

ASTM – American Society for Testing and Materials

CQAT - Grupo de Pesquisa Química Aplicada e Tecnologia

CZ – Teor de Cinzas.

EXP.1 – Experimento 1 com temperatura final programada em 350°C

EXP.2 – Experimento 2 com temperatura final programada em 400°C

EXP.3 – Experimento 3 com temperatura final programada em 450°C

FAESA – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental

FAPESPA – Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas

FEQ – Faculdade de Engenharia Química

GC-MS – Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa

GEMA – Grupo de Estudo em Meio Ambiente

GLP – Gás liquefeito de petróleo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITEC – Instituto de Tecnologia

LABREO – Laboratório de Reologia

NIST – National Institute of Standards and Technology

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCS – Poder calorífico superior

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SEDEME – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia

TCF – Teor de Carbono Fixo;

THERMITEK – Laboratório de Separações Térmicas

TMV – Teor de Materiais Voláteis;

UFPA – Universidade Federal do Pará

USIMAT – Usina de Materiais da Faculdade

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	19
<b>2. OBJETIVOS</b>	22
<b>2.1 Objetivo Geral</b>	22
<b>2.2 Objetivos Específicos</b>	22
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	23
<b>3.1 Síntese do Trabalho</b>	23
<b>3.2 Fontes De Energia</b>	24
3.2.1 Energias Não-Renováveis	24
3.2.2 Energias Renováveis	26
<b>3.3 Biocombustíveis</b>	28
<b>3.4 Biomassa</b>	30
3.4.1 Biomassa Lignocelulósica	32
<b>3.5 Rotas Tecnológicas para a Decomposição da Biomassa</b>	37
<b>3.6 Resíduos Sólidos</b>	40
<b>3.7 Açaí (<i>Euterpe Oleracea</i>, Mart.)</b>	42
<b>3.8 Pirólise da Biomassa</b>	48
3.9.1 Efeito da Composição da Biomassa	50
3.9.2 Efeito da Temperatura de Pirólise	51
3.9.3 Efeito da taxa de aquecimento	52
<b>3.10 Análises Físico-Químicas Aplicadas aos Biocombustíveis</b>	53
3.10.1 Densidade	53
3.10.2 Índice de Acidez	53
3.10.3 Índice de Refração	53
3.10.4 Viscosidade Cinemática	54
3.11.1 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas	54
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	55
<b>4.1 Matéria-Prima</b>	57
<b>4.2 Pré Tratamento da Matéria Prima</b>	57

<b>4.2.1</b>	<b>Secagem</b> .....	57
4.2.2	Processo de Cominuição.....	59
<b>4.3</b>	<b>Caracterização Física dos Caroços de Açaí</b> .....	59
4.3.1	Teor de Umidade .....	59
4.3.2	Teor de Voláteis.....	60
4.3.3	Teor de Cinzas .....	60
4.3.4	Teor de Carbono Fixo.....	60
4.3.5	Poder Calorífico Superior .....	60
<b>4.4</b>	<b>Processo de Pirólise em Escala Piloto</b> .....	61
4.4.1	Descrição do Aparato Experimental.....	61
4.4.2	Processo de Pirólise .....	65
<b>4.5</b>	<b>Caracterização Físico-Química Do Bio-Óleo Produzido</b> .....	67
4.5.1	Densidade Absoluta.....	68
4.5.2	Índice de Acidez .....	68
4.5.3	Índice de Refração .....	69
4.5.4	Viscosidade Dinâmica .....	70
<b>4.6</b>	<b>Caracterização Composicional do Bio-Óleo Produzido</b> .....	70
4.6.1	Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas.....	70
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	72
<b>5.1</b>	<b>Pré Tratamento das Sementes de Açaí</b> .....	72
<b>5.2</b>	<b>Caracterização Física das Sementes de Açaí</b> .....	72
<b>5.3</b>	<b>Parâmetros do Processo de Pirólise em Escala Piloto</b> .....	73
<b>5.4</b>	<b>Análises Físico-Químicas Aplicadas ao Bio-Óleo</b> .....	75
<b>5.5</b>	<b>Cinética do Bio-Óleo Produzido – GC-MS</b> .....	76
<b>5.6</b>	<b>Cinética do Bio-óleo produzido a 350°C – GC-MS</b> .....	77
<b>5.7</b>	<b>Cinética do Bio-óleo produzido a 400°C – GC-MS</b> .....	82
<b>5.8</b>	<b>Cinética do Bio-óleo produzido a 450°C – GC-MS</b> .....	86
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	92
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	94

<b>APÊNDICE .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.3 .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE B: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.2 .....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE C: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.1 .....</b>	<b>149</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é fundamental para a sobrevivência e o bem-estar da humanidade, fator imprescindível para satisfação de suas inúmeras necessidades. A demanda energética cresce à medida da evolução tecnológica e das decorrentes mudanças de comportamento, hábitos de vida, padrões de consumo, mobilidade, industrialização, urbanização, expectativa de vida e crescimento populacional. (COSTA, 2017)

A matriz energética mundial, em 2016, tinha como principais fontes o petróleo, o gás natural e o carvão. O petróleo é a principal fonte de energia consumida no mundo desde o fim da Segunda Guerra Mundial. (GONZÁLEZ *et al.*, 2017; COSTA, 2017). O uso extensivo de combustíveis fósseis para satisfazer as necessidades energéticas da sociedade globalizada causa impactos negativos para o meio ambiente, devido aos altos níveis de gases tóxicos, compostos oxidantes catalisados por processos fotoquímicos, compostos de chumbo e particulados que são lançados na atmosfera, e contribui para aquecimento global. (ALMEIDA, 2015)

No Brasil e no mundo tem se discutido muito acerca de questões ambientais, em especial sobre a produção e o uso de combustíveis alternativos ao petróleo e a correta destinação dos resíduos sólidos urbanos. (EID, 2015). Para atender essas questões, referentes a produção de biocombustíveis e o destino dos resíduos, o poder público vem desenvolvendo estratégias como a criação de leis como o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (CORRÊA, 2015)

O PNPB foi lançado em dezembro de 2004 regularizando e estabelecendo as condições legais para a inserção do biodiesel na matriz energética do país. Possibilitando assim o uso de diferentes tipos de sementes oleaginosas, de acordo com as potencialidades de cada região. (COSTA, 2017). Fontes renováveis, que incluem os óleos vegetais e gorduras animais, que poderiam diminuir em partes, o uso dos combustíveis de origem fóssil, são uma alternativa não tóxica e biodegradável para a obtenção de biocombustíveis. (CARVALHO; FERREIRA, 2014)

Biomassa é o termo dado a qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica, assim, essa biomassa pode ser convertida em biocombustível. Dentre as rotas tecnológicas para a produção desses biocombustíveis, destacam-se os processos de transesterificação, gaseificação e a pirólise, que produzem produtos líquidos e gasosos, com propriedades que se assemelham as dos combustíveis de origem fóssil. (SANTOS; NASCIMENTO; ALVES, 2017; FERREIRA, 2016)

As reações de pirólises a altas temperaturas apresentam uma capacidade de geração de grande variedade de produtos líquidos, gasosos e sólidos. Por isso muitos pesquisadores têm estudado a pirólise, com diferentes condições reacionais e operacionais, de biomassas a fim de se obter produtos similares aos derivados do petróleo. As fontes de biomassas são divididas em dois grupos basicamente: biomassas lignocelulósicas e triglicéridicas. O produto obtido na pirólise de ambas é chamado de bio-óleo.

A pirólise é a decomposição térmica na ausência de oxigênio. É a primeira etapa dos processos de combustão e gaseificação. A pirólise recebe diferentes denominações dependendo das condições utilizadas. Na pirólise lenta, ou carbonização, são empregadas baixas temperaturas e longos tempos de residência favorecendo a produção de carvão vegetal. Altas temperaturas e longos tempos de residência favorecem a formação de gases. Temperaturas moderadas e baixo tempo de residência dos gases favorecem a produção do bio-óleo. (ALMEIDA, 2008)

A pirólise da biomassa produz uma fase gasosa, uma fase líquida e uma fase sólida. O gás é composto de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarbonetos leves. O líquido de coloração escura é chamado de bio-óleo e o sólido de carvão vegetal. As proporções dos produtos dependem do tipo de pirólise empregada que muda de acordo com as variáveis operacionais de processo empregadas tais como a temperatura de reação, taxa de aquecimento e o tempo de residência dos vapores dentro do reator (ALMEIDA, 2008; BRIDGWATER, 2012 *apud* CASTRO, 2019). O caroço de açaí é um material que apresenta potencial para ser utilizado neste tipo de processo, devido ao seu potencial energético.

O açaí batido é um dos produtos mais consumidos na região norte do país, em especial no Estado do Pará, contudo, a produção desse tipo de açaí gera um resíduo, os caroços do fruto, que se caracterizam como um passivo ambiental devido ao alto volume produzido, cerca de 840.000ton/ano, segundo dados de 2017 da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia (SEDEME). Assim, devido à grande oferta desse resíduo sólido, o estudo da produção de biocombustíveis oriundos do caroço de açaí surge como uma alternativa promissora, tendo em vista a quantidade de matéria prima disponível e o seu potencial energético, possibilitando a reutilização desses resíduos para a geração de energias renováveis. (CASTRO, 2019)

O caroço do açaí é uma semente oleaginosa, formada por um pequeno endosperma sólido ligado a um tegumento, que na maturidade é rico em celulose (53,20%), hemicelulose (12,26%), lignina (22,30%), lipídeos (7,22%) e proteínas (5,02%) (RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA *et*

*al.*, 2008 *apud* CASTRO, 2019), o que gera o interesse para processos de conversão de biomassa lignocelulósica em biocombustível.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a composição do bio-óleo produzido, através da pirólise do caroço de açaí *in natura* em escala piloto, atentando-se para o rendimento dos produtos obtidos nas temperaturas de 350°C, 400°C e 450°C à 1 atm. Além estudar os resultados obtidos via cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) dos bio-óleos produzidos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Estudar a composição do bio-óleo obtido pelo processo de pirólise em escala piloto a partir de caroços de açaí *in natura* a 350 °C, 400°C e 450°C.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a caracterização físico-química dos caroços de açaí após as etapas de tratamento;
- Investigar o processo de craqueamento térmico em escala piloto dos caroços de açaí *in natura* nas temperaturas de 350 °C, 400°C e 450°C;
- Investigar o rendimento do processo de craqueamento para as temperaturas de estudo;
- Estudar a caracterização físico-química dos bio-óleos obtidos nas temperaturas de trabalho;
- Investigar a análise composicional dos bio-óleos obtidos via cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS);
- Realizar o estudo composicional dos bio-óleo obtido por meio do GC-MS considerando o tempo de coleta de cada ponto.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Síntese do Trabalho**

A motivação para a realização deste trabalho foi a percepção da forma como os caroços de açaí são despejados no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento prévio e sem uma destinação adequada. A geração desse passivo ambiental é alta, em especial no estado Pará, e possui uma composição que permite o seu uso para a produção de biocombustíveis via pirólise. A dissertação está organizada em tópicos, na seguinte ordem:

1. Introdução: são apresentadas as informações iniciais sobre o problema motivador para a criação do trabalho, sobre a técnica utilizada para o procedimento experimental e o objetivo geral do trabalho;

2. Objetivos: nesse tópico encontram-se descritos o objetivo geral da dissertação e os objetivos específicos;

3. Revisão bibliográfica: nessa parte será apresentada um levantamento teórico acerca da problemática geradora do trabalho, sobre a importância desse estudo para a sociedade, sobre a fonte da matéria prima, sobre a técnica utilizada para a obtenção do biocombustível e as sobre as técnicas de caracterização que foram utilizadas na matéria-prima e no bio-óleo obtido.

4. Materiais e Métodos: traz as informações sobre como o procedimento foi realizado desde a etapa de obtenção da matéria prima até as técnicas de caracterização utilizadas para a identificação dos compostos presentes no biocombustível produzido.

5. Resultados e Discussões: nesse tópico estão dispostos todos os resultados obtidos e suas discussões e comparações com outros resultados já disponíveis nas literaturas.

6. Conclusões: nesse tópico são apresentadas as considerações finais e conclusões obtidas com os experimentos.

Referências: aqui estão dispostas todas as referências que foram consultadas para a elaboração desse documento.

Apêndices e Anexos: nessa parte do trabalho encontram-se os materiais adicionais, como gráficos, Tabelas etc., produzidos pelo autor ou que foram consultados de outras literaturas.

## 3.2 Fontes De Energia

A inovação tecnológica na produção e utilização de energia está entrelaçada com a história do desenvolvimento humano. Existem inúmeras tecnologias e indústrias para a produção e conversão de diversas fontes de energia, como por exemplo o petróleo, o carvão, o gás natural e os biocombustíveis, sendo este setor extraordinariamente grande, diverso e complexo. (CASTRO; DANTAS, 2016)

O homem, na idade média já utilizava dos recursos energéticos na natureza para satisfazer as suas necessidades. A introdução da máquina a vapor intensificou o uso de carvão mineral, e isso gerou um grande consumo de energia e impactos ambientais associados. No Século XX ocorreu o processo de descobrimento de novas redes energéticas como as fosseis, e a eletricidade. (NASCIMENTO; NASCIMENTO; MARQUES, 2020)

Para o avanço da humanidade o homem desenvolveu inúmeras maneiras de gerar energia para facilitar as suas atividades cotidianas. Dentre elas o uso de combustíveis para a locomoção por meio de automóveis ou para a iluminação nas residências. As fontes de energia estão ligadas diretamente ou indiretamente aos elementos da natureza.

Na produção de energia faz-se necessário levar em consideração o quão prejudicial o processo será para o meio ambiente, contudo ainda não há um método que seja completamente ecológico. Existem, porém, procedimentos que afetam muito mais o ecossistema do que outros. (BUSSADORI, 2019)

As fontes de energia podem ser classificadas em fontes renováveis e não renováveis. As fontes não renováveis são aquelas que precisam de uma série de fatores específicos para serem criadas e a sua velocidade de consumo é maior que a sua velocidade de formação, como é o caso do gás natural, do petróleo e os combustíveis de origem radioativa tais como urânio, plutônio, entre outros. Já as fontes renováveis são aquelas cuja velocidade de produção, pela natureza, é maior do que a de consumo, ou que o manejo pode ser efetuado de uma forma sustentável e não destrutiva, como as águas dos rios, marés, ventos, sol, biomassas e resíduos animais, humanos e/ou industriais.

### 3.2.1 Energias Não-Renováveis

Bussadori (2019) traz a seguinte definição para combustíveis fosseis: são aqueles formados a partir da decomposição de matéria orgânica, de forma extremamente lenta e em condições muito específicas; portanto é possível afirmar que esses recursos não são renováveis,

assim a energia proveniente desses combustíveis também não é renovável. Outro problema é a emissão de gases poluentes na atmosfera provinda da combustão dos combustíveis fósseis e, por esse motivo, esse não pode ser considerado uma fonte de energia limpa.

Os combustíveis fósseis constituem-se nos recursos naturais mais utilizados para a produção de energia, destacando-se, o carvão mineral, o gás natural e o petróleo. O uso dessas fontes de energia só foi necessário a partir do início da Revolução Industrial. A Primeira Revolução Industrial (séculos XVIII – XIX), é marcada pela descoberta da capacidade energética do carvão mineral, contribuindo para o desenvolvimento das máquinas a vapor, muito utilizadas pela indústria têxtil e pelas locomotivas, nos meios de transporte. (WIGGERS, 2007; BUSSADORI, 2019)

A Segunda Revolução Industrial, que ocorreu durante o século XIX, foi marcada pela descoberta de novas fontes energéticas com maior foco no petróleo e no carvão mineral. A Terceira Revolução Industrial agrega os avanços tecnológicos do século XX e XXI. Esse período tem como característica as diversas medidas para tentar diminuir o uso de fontes de energia poluentes, pois, além dessas fontes de energias estarem se esgotando de maneira extremamente rápida, elas causam danos irreversível à atmosfera terrestre. (BUSSADORI, 2019)

Entre as energias não renováveis destaca-se o carvão mineral que é uma rocha contendo matéria combustível, cujos teores de carbono variam de 50 a 95% e é formada pela fossilização de biomassa devido à compactação, variação de temperatura e pressão em um longo processo geológico. Porém, o carvão mineral contém altos teores de enxofre, silício, ferro e alumínio e outros, em menores teores. Sua combustão produz resíduos que material particulado que vai para a atmosfera como o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) que reagem com o ar e a água, formando ácidos causadores da chuva ácida. (WIGGERS, 2007)

O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos cujas estruturas moleculares incorporam de 1 até 100 átomos de carbono e origina-se da decomposição da fauna marinha por bactérias, aliado a altas temperaturas e pressões. O petróleo depois de extraído é processado, utilizando-se operações unitárias apropriadas, de forma a se obter, como produtos, diesel, gasolina, nafta, entre outros. (WIGGERS, 2007)

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves, composto por metano (principal componente), etano, propano, butano, entre outros. Possui contaminantes como o dióxido de carbono e gás sulfídrico, que são removidos antes de sua utilização. Assim como o petróleo, o gás natural forma-se a partir da decomposição de matéria orgânica, e é associado ao petróleo

ou não associado em reservatórios. É um combustível de baixo custo, alta disponibilidade e usado, atualmente, como substituto do petróleo. A dificuldade na sua utilização decorre dos altos investimentos para construção da malha de gasodutos necessária para sua distribuição. O gás natural tem grande participação na matriz energética mundial, sendo utilizado, principalmente, para aquecimento, geração de energia elétrica, como combustível industrial, para transporte automotivo e como matéria prima para a indústria química. (WIGGERS, 2007)

A energia nuclear tem como princípio o uso da capacidade energética decorrente da fissão nuclear de isótopos de urânio, plutônio e tório, que liberam grande quantidade de energia térmica. A utilização da energia nuclear é controversa, não somente pelos elevados custos, como também pelo "lixo radiativo" e pela segurança do processo. Grandes esforços têm sido investidos na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, nessa área, de forma a garantir a segurança de tais usinas, colocando-as como um dos sistemas mais rigorosamente projetados. (WIGGERS, 2007)

### 3.2.2 Energias Renováveis

As energias renováveis são aquelas provenientes dos ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível na terra e, por isso, são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta e as conFiguram como um conjunto de fontes de energia que podem ser chamadas de não-convencionais, ou seja, aquelas não baseadas nos combustíveis fósseis e grandes hidroelétricas. (PACHECO, 2006)

A utilização de uma fonte renovável de energia contribui na redução da emissão dos gases do efeito estufa, como o CO<sub>2</sub>. As atuais mudanças climáticas atribuídas aos gases causadores do efeito estufa provocam o surgimento de fenômenos naturais em escalas nunca registradas. Essas mudanças climáticas e as pressões da comunidade internacional para a substituição dos combustíveis fósseis têm proporcionado o desenvolvimento de processos capazes de implementar tecnologias que visam o crescimento do uso de energias renováveis. (WIGGERS, 2007; CASTRO, 2019)

A matriz energética brasileira é composta por fontes não-renováveis: petróleo, gás natural, carvão mineral e urânio, e renováveis: energia hidráulica, lenha, carvão vegetal, derivados de cana-de-açúcar, energia eólica, biodiesel e resíduos de biomassa. Em termos de presença de fontes renováveis na matriz de energia, é notável a vantagem do Brasil, registrando 46,1% de participação em 2019, contra 10,8% da Organização para a Cooperação e

Desenvolvimento Econômico (OCDE) e 16% dos outros países. O mundo fica com um indicador médio de 14,2%, segundo dados da resenha energética brasileira do Ministério de Minas e Energia de 2019.

A Figuras 1.a e 1.b trazem o panorama sobre a distribuição percentual para as fontes de energias renováveis e não renováveis no Brasil no ano de 2019. O Mtep é uma unidade de medida de energia, a tonelada equivalente de petróleo, que pode ser definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 GJ.

Figura 1.a - Fontes de energias não-renováveis do Brasil em 2019.

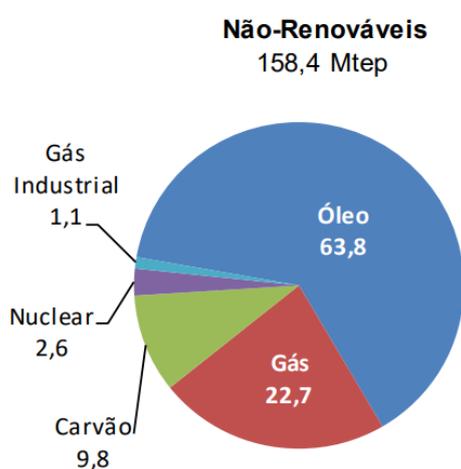
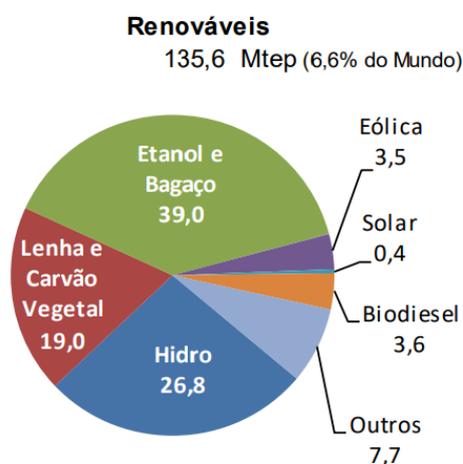


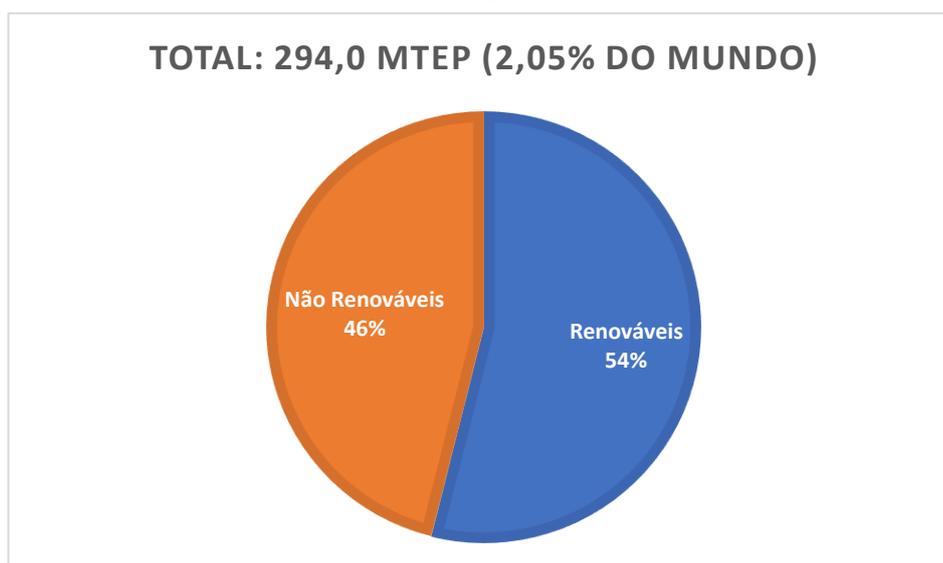
Figura 1.b Fontes de energias renováveis do Brasil em 2019.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

De 2018 para 2019, aumentaram a participação nas renováveis: etanol e bagaço 0,6 ponto percentual; eólica 0,3; biodiesel 0,3; solar 0,2 e lenha/carvão vegetal 0,5. O agregado “Outros” recuou 0,7 ponto percentual (reco na lixívia de celulose), e hidráulica recuou 1,1. A Figura 2 mostra como está dividida a matriz energética do Brasil em termos de fontes renováveis e não renováveis.

Figura 2 - Divisão da matriz energética brasileira do ano de 2019.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

A porcentagem referente as fontes de energias renováveis na matriz energética brasileira são expressivas e cerca de 3,2 vezes maiores que as percentual mundial que é de 14,2%, segundo os dados do Ministério de Minas e Energias de 2019.

### 3.3 Biocombustíveis

No inciso XXIV do artigo 4º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro 2005, diz que biocombustível é um combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP) biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol, extraído da cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais sendo adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis. Os biocombustíveis são renováveis, uma vez que são produzidos a partir de produtos agrícolas, tais como a cana-de-açúcar, plantas oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. (PEREIRA, 2017)

Os Biocombustíveis podem ser classificados de acordo com as suas tecnologias de produção, podendo ser de primeira geração de biocombustíveis; segunda geração de biocombustíveis; terceira geração de biocombustíveis, e quarta geração de biocombustíveis. A Tabela a seguir mostra alguns exemplos para cada tipo:

Tabela 1: Classificação dos Biocombustíveis.

<b>Geração</b>	<b>Matéria Prima</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Primeira geração de Biocombustíveis</b>	Açúcar, amido, óleos vegetais ou gorduras animais.	Bioálcool, óleo vegetal, biodiesel, bio-syngás, biogás
<b>Segunda geração de Biocombustíveis</b>	Culturas não alimentares, palha de trigo, milho, madeira, resíduos sólidos.	Bioálcoois, bio-óleo, bio-DMF, biohidrogênio.
<b>Terceira geração de Biocombustíveis</b>	Algas	Diesel Fischer-Tropch, óleo vegetal, biodiesel
<b>Quarta geração de Biocombustíveis</b>	Árvores modificadas que armazenam mais gás carbônico	Biogasolina

Fonte: Dermibas (2011)

Os biocombustíveis de primeira geração são aqueles produzidos a partir de culturas alimentares, produzidas especificamente para essa finalidade, como açúcares, amidos ou óleos vegetais. Quando produzidos a partir de grãos como milho, soja ou canola podem impactar negativamente no preço de alimentos derivados dessas culturas, podem ameaçar a biodiversidade, já que se utiliza do modelo monocultor para a sua produção e não apresentam uma redução significativa na emissão de gases do efeito estufa, podendo até atrapalhar nessa redução.

Os biocombustíveis de segunda geração são feitos a partir de biomassa lignocelulósicas ou lenhosas, resíduos agrícolas ou resíduos de plantas (de culturas destinadas a alimentos, mas já cumpriram a sua finalidade alimentar), mas também podem incluir materiais de origem animal. Esta forma de geração de combustível tem a vantagens que nenhuma terra arável é usada apenas para a produção de combustível. Sua desvantagem é que pode ser bastante difícil extrair o combustível, podendo exigir uma série de tratamentos físicos e químicos para fazer a conversão dessa biomassa em combustíveis líquidos adequados. Os biocombustíveis de segunda geração podem reduzir em 90% as emissões de gás carbônico na atmosfera quando comparados aos combustíveis fósseis.

Os biocombustíveis de terceira geração utilizam plantas aquáticas como as algas. Essas algas podem ser removidas do sistema e transformadas em biocombustíveis e o seu resíduo seco

é reprocessado para a produção de etanol. Além de seu alto rendimento, segundo estimativas, já que o seu uso em escala industrial ainda não foi estudado, o uso de algas não interfere na produção de alimentos, já que não utiliza terras agrícolas ou a água doce.

Os biocombustíveis de quarta geração são produzidos em terras não aráveis e não exigem a destruição da biomassa. Os biocombustíveis de quarta geração têm foco na retirada de gás carbônico da atmosfera, armazenando-o em seus troncos, galhos e folhas. Além de serem combustíveis e gases renováveis, são considerados carbono-negativo, pois retiram gás carbônico da atmosfera.

### **3.4 Biomassa**

Biomassa, pode ser definida como a quantidade total de matéria orgânica viva presente no nosso sistema ecológico; o material das plantas produzido constantemente pela fotossíntese; a massa das células de plantas, animais e microrganismos usados como matérias-primas em processos microbiológicos. Recentemente surgiu o termo “biomassa industrial”, que significa qualquer matéria orgânica que está disponível em base recorrente ou renovável, incluindo plantas, resíduos agrícolas, plantas aquáticas, madeira e resíduos de madeira, dejetos de animais, resíduos urbanos e outros resíduos usados para produção industrial de energia, combustíveis, químicos e materiais. (ALMEIDA, 2008)

Dentre as fontes de energia sustentável, a biomassa, que pode ser descrita como qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica, é utilizada desde os primórdios da civilização humana. Nos últimos anos, a biomassa passou a ser considerada uma alternativa para a diversificação da matriz energética mundial e consequente redução da dependência de combustíveis fósseis. (SANTOS; NASCIMENTO; ALVES, 2017)

A biomassa pode ser oriunda de florestas, culturas e resíduos agrícolas, dejetos animais e da matéria orgânica que é contida nos rejeitos industriais e urbanos. É uma fonte de combustível proveniente da energia solar, que através da fotossíntese converte o calor recebido em energia química, que pode ser liberada através de processos de combustão. (CASTRO, 2019). O processo de fotossíntese produz entre 5 e 8 vezes mais energia em biomassa do que a soma de todas as fontes de energia utilizadas pelo homem. Na reação de fotossíntese as plantas convertem o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) em carboidratos  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  e oxigênio ( $\text{O}_2$ ) usando a energia solar. Os açúcares são armazenados na forma de um polímero como celulose, hemicelulose ou amido. (WIGGERS, 2007; ALMEIDA, 2008)

Como recurso energético, a biomassa é classificada nas seguintes categorias: biomassa energética florestal, com seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética agrícola, englobando as culturas agro energéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos. A expressiva oferta de biomassa como recurso energético no Brasil está essencialmente vinculada a sistemas integrados de produção agrícola, agroindustrial e silvicultural. O Brasil é um país que apresenta uma produção de biomassa com enorme potencial de aproveitamento energético. (SANTOS; NASCIMENTO; ALVES, 2017)

A Tabela 2 mostra as fontes de energias outorgadas no Brasil no ano de 2017 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia outorgada corresponde a potência que a usina foi autorizada a operar registrada na ANEEL:

Tabela 2: Fontes de energia outorgadas no Brasil em 2017.

<b>Origem</b>	<b>Potência Outorgada (MW)</b>	<b>%Potência Outorgada</b>
<b>Hídrica</b>	106.571	66,08
<b>Fóssil</b>	28.115	17,45
<b>Biomassa</b>	14.609	9,03
<b>Nuclear</b>	1.990	1,24
<b>Eólica</b>	10.169	6,19
<b>Solar</b>	27	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>161.481</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2017). Elaboração: ÚNICA (2017).

A biomassa representa a terceira maior potência de fonte energética do Brasil, estando atrás apenas das fontes de energia hídrica e fóssil, conseguindo uma produção outorgada de 14.609 MW conforme a Tabela 2 acima, que representa 9,03% do total de energia outorgada. Entre as biomassas que são utilizadas para a cogeração de energia elétrica, a biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, é a com maior capacidade e potência de geração de energia, representando 75,83% da potência outorgada provenientes de biomassas no Brasil. A Tabela 3 mostra o percentual das fontes de biomassa outorgadas no Brasil no ano de 2017.

Tabela 3: Fontes de biomassa outorgadas no Brasil em 2017.

<b>Origem</b>	<b>Potência outorgada (MW)</b>	<b>%Potência Outorgada</b>
<b>Biomassa da cana de açúcar</b>	11.078	75,83
<b>Casca de Arroz</b>	45	0,31
<b>Biogás</b>	2	0,01
<b>Capim Elefante</b>	66	0,45
<b>Floresta</b>	3.294	22,55
<b>Resíduos sólidos urbanos</b>	118	0,81
<b>Resíduos animais</b>	2	0,01
<b>Biocombustíveis líquidos</b>	5	0,03
<b>Total</b>	<b>14.609</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2017). Elaboração: ÚNICA (2017)

Sendo mais específico ainda, entre as biomassas que são utilizadas para a cogeração de energia elétrica, a biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, é a com maior capacidade e potência de geração de energia, ganhando em relação com as das demais produções, sendo que a segunda colocada é a biomassa das florestas que representam apenas 22,55% da potência outorgada da cogeração advinda de biomassas. (GADOTTI, ROSALIN, 2019)

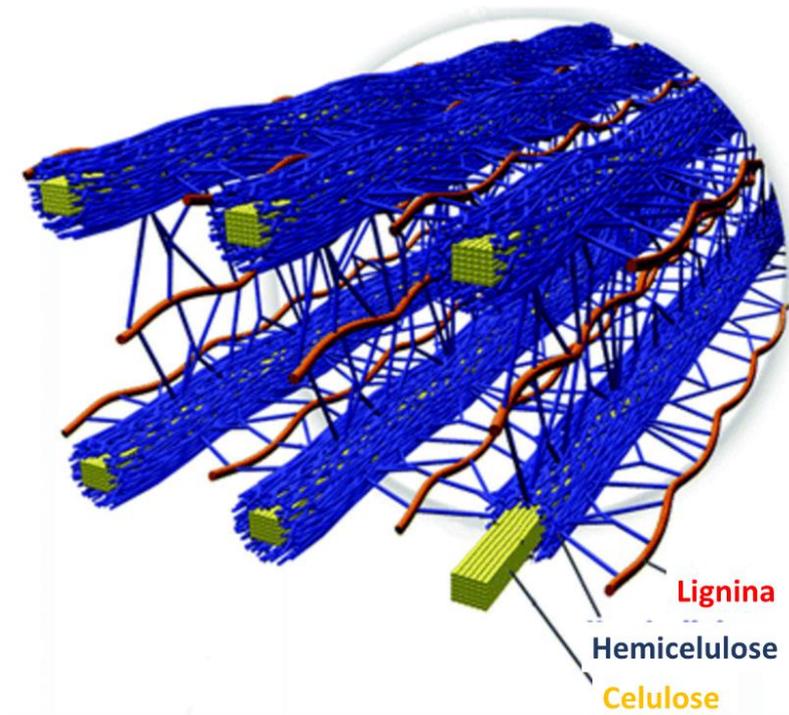
É possível dividir a fonte de biomassa para produção de combustível em dois grupos principais: lignoceluloses e triglicerídeos. As frações líquidas obtidas por meio da conversão térmica de ambas são denominadas de bio-óleo, contudo a composição e as características físico-químicas deste bio-óleo dependem da fonte de biomassa e as condições operacionais utilizadas em sua produção. (WIGGERS *et al.*, 2013). A composição química da biomassa e seu comportamento durante os processos de conversão é diverso, pois cada tipo de biomassa possui origem e condições de formação específica. (CASTRO, 2019)

#### 3.4.1 Biomassa Lignocelulósica

A biomassa lignocelulósica possui uma composição de cerca de 35-50% de celulose, 20-35% de hemicelulose e 10-25% de lignina, variando de acordo com a origem vegetal da biomassa. A lignocelulose é considerada o tipo de matéria orgânica mais abundante no mundo chegando, até 60% de biomassa existente, e é classificada como um polímero de carboidratos complexos que tem estruturas cristalinas estáveis. (SOUZA, 2019)

A celulose, que possui múltiplas cadeias lineares de polissacarídeos, está embutida em uma estrutura resistente de hemicelulose e reforçada por ligações de hidrogênio. As cadeias de celulose/hemicelulose são protegidas por compostos de lignina e acetila, ligados à macroestrutura por ligações covalentes formando rede complexa e resistente. (KIM, 2018). Dependendo do tipo de biomassa lignocelulósica, esses polímeros são organizados em estruturas complexas não uniformes tridimensionais em diferentes graus e variando a composição relativa. A lignocelulose evoluiu para resistir a degradação e está robustez ou recalcitrância da lignocelulose decorre da cristalinidade da celulose, hidrofobicidade da lignina, e encapsulação de celulose pela lignina-hemicelulose matriz. (ISIKGOR; BECER, 2015). A Figura a seguir traz a esquematização dessa estrutura:

Figura 3 - Estrutura da Lignocelulose.



Fonte: Cordeiro (2016)

A Tabela 4 mostra a composição química de matérias-primas lignocelulósicas comuns em termos de celulose, lignina e hemicelulose, em base seca:

Tabela 4: Composição química, em termo de celulose, hemicelulose e lignina de biomassas comuns.

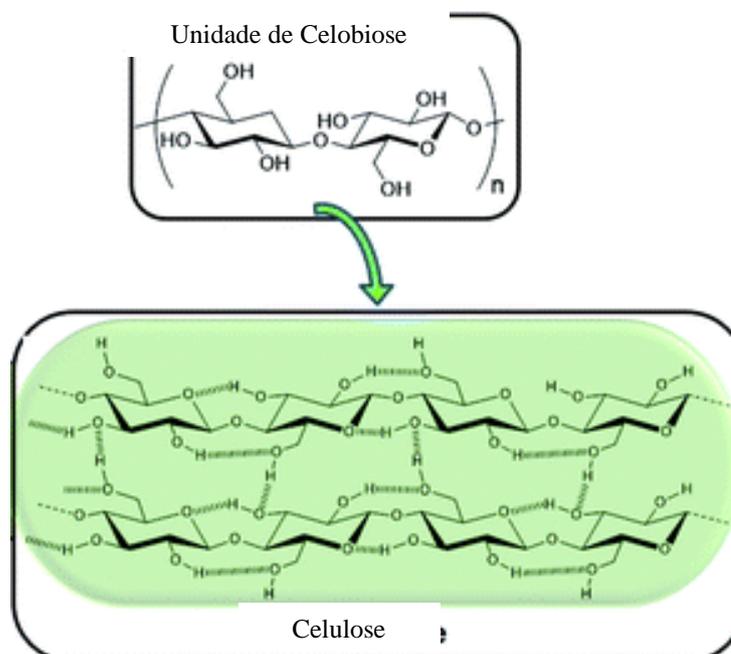
<b>Biomassa</b>	<b>Celulose</b>	<b>Hemicelulose</b>	<b>Lignina</b>
<b>Bagaço</b>	39,0	24,4	24,8
<b>Casca de cevada</b>	33,6	37,2	19,3
<b>Fibra de milho</b>	14,3	16,8	8,4
<b>Pericarpo de milho</b>	22,5	23,7	4,7
<b>Palha de milho</b>	37	22,7	18,6
<b>Palha de trigo</b>	30,2	21,0	17,0
<b>Bordo vermelho</b>	41,0	15,0	29,1
<b>Palha de arroz</b>	31,1	22,3	13,3
<b>Palha de centeio</b>	30,9	21,5	22,1
<b>Gramma de pradaria</b>	39,5	20,3	17,8
<b>Bagaço da cana-de-açúcar</b>	43,1	31,1	11,4
<b>Bagaço de sorgo doce</b>	27,3	13,1	14,3
<b>Poda de oliveira choupou</b>	25,0	11,12	16,2
<b>Pinhal</b>	43,8	14,8	29,1
<b>Madeira de abeto</b>	40,0	28,5	27,7
<b>Bagaço</b>	43,8	6,3	28,3

Fonte: Kim (2017)

O principal componente da biomassa lignocelulósica é a celulose. Ao contrário da glicose em outros polímeros de glucana, a unidade de repetição da cadeia de celulose é o dissacarídeo celobiose. Sua estrutura consiste em uma cadeia extensa de hidrogênio intramolecular e intermolecular formando redes que ligam fortemente as unidades de glicose. Uma vez que cerca de metade do carbono orgânico na biosfera é presente na forma de celulose, a conversão da celulose em combustíveis e produtos químicos valiosos têm uma importância

primordial. A Figura 4 traz uma representação da estrutura da unidade da celobiose e da celulose.

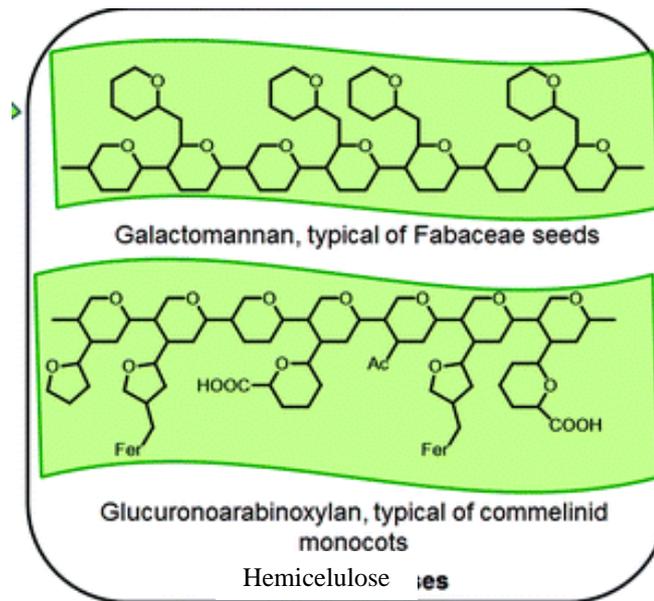
Figura 4 - Representação da estrutura da unidade da celobiose e da celulose.



Fonte: Adaptado de Isikgor e Becer (2015)

A hemicelulose é o segundo polímero mais abundante nos materiais lignocelulósicos. Ao contrário da celulose, a hemicelulose tem uma estrutura aleatória e amorfa, que é composta por vários heteropolímeros, incluindo xilano, galactomanano, glucuronoxilano, arabinoxilano, glucomanano e xiloglucano. As hemiceluloses também diferem entre si em composição; por exemplo as hemiceluloses de madeira dura contêm principalmente xilanos, enquanto as hemiceluloses de madeira macia contêm principalmente glucomananas. Os heteropolímeros da hemicelulose são compostos de diferentes unidades de monossacarídeo que contêm de 5 e 6 carbonos; pentoses (xilose, arabinose), hexoses (manose, glicose, galactose) e açúcares acetilados. As hemiceluloses estão embutidas nas paredes das células vegetais para formar uma rede complexa de ligações que fornecem resistência estrutural a planta. A Figura 5 mostra a representação da estrutura da hemicelulose.

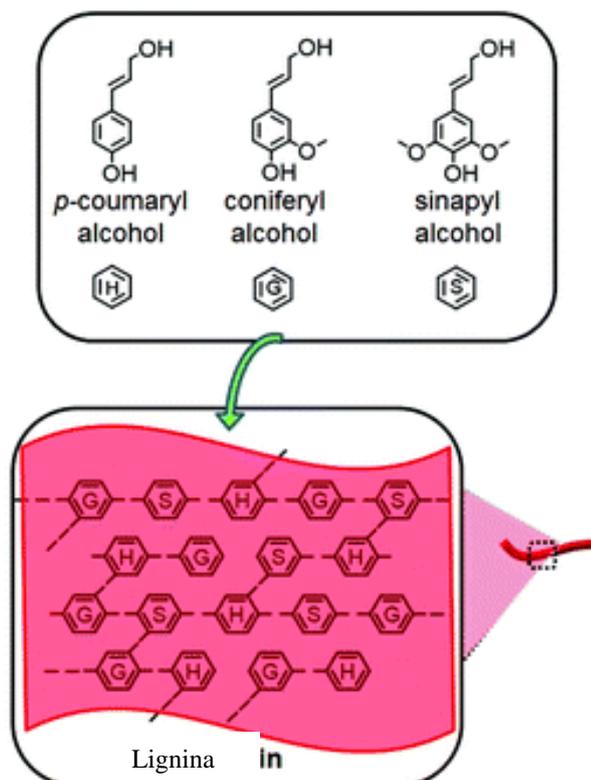
Figura 5 - Representação da Estrutura da Hemicelulose.



Fonte: Adaptado de Isikgor e Becer (2015)

Finalmente, a lignina é um polímero tridimensional de unidades de fenilpropanoide. Funciona como a cola celular que fornece compressão resistência ao tecido da planta e às fibras individuais, rigidez a parede celular e a resistência contra insetos e patógenos. A estrutura da lignina é formada pelo acoplamento oxidativo de três construções diferentes de blocos de fenilpropano; monolignóis: álcool p-cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico. As unidades monoméricas fenilpropanoide no polímero de lignina são identificados como p-hidroxifenil (H), guaiacil (G) e siringil (S), respectivamente. A Figura 6 é uma representação da estrutura desse componente da hemicelulose.

Figura 6 - Representação da Estrutura da Lignina.



Fonte: Adaptado de Isikgor e Becer (2015)

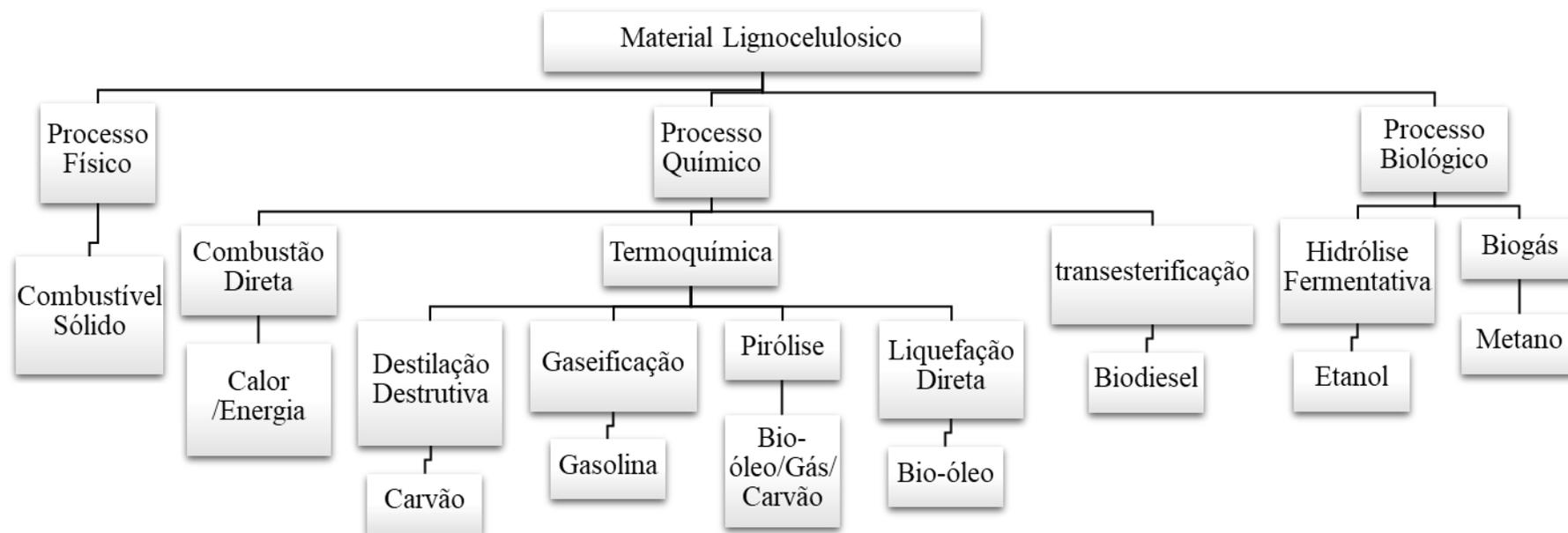
Celulose, hemicelulose e lignina não são uniformemente distribuídas dentro das paredes celulares. A estrutura e a quantidade dessas instalações componentes da parede celular variam de acordo com as espécies, tecidos e maturidade da parede celular vegetal. Proteínas, óleos e cinzas constituem o restante da fração.

### 3.5 Rotas Tecnológicas para a Decomposição da Biomassa

A biomassa lignocelulósica apresenta como principal constituinte a celulose, o que cria a necessidade de caracterização da sua rota de decomposição para o melhor entendimento das propriedades do biocombustível proveniente dessa matéria prima. O processo de decomposição da celulose pode ser feito por várias rotas, mas é aceito que a levoglucosana é o principal composto produzido no processo na reação primária, sendo decomposta em voláteis leves como furfural, hidroxiacetaldeídos, hidroxialdeídos, entre outros (SHEN e GU, 2009 *apud* CASTRO, 2019).

A biomassa precisa ser convertida a combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos que serão usados para gerar eletricidade, ou energia térmica para mover automóveis. Essa conversão é feita através de processos termoquímicos, bioquímicos e mecânicos. (ALMEIDA, 2008). A Figura 7 a seguir mostra um fluxograma de algumas possíveis rotas tecnológicas para a decomposição da biomassa lignocelulósica, bem como produtos que são gerados.

Figura 7 – Diferentes formas de energia obtidas através de metodologias diferentes.

Fonte: Adaptado de Chen *et al.* (2017)

A celulose, a hemicelulose e a lignina possuem comportamentos térmicos diferentes e por isso as suas rotas de decomposição diferem entre si. A hemicelulose é a substância que apresenta a maior reatividade, com isso sua decomposição ocorre de forma mais significativa entre as temperaturas de 220°C e 315 °C. Já para a pirólise da celulose, a sua decomposição ocorre em uma faixa de temperatura mais elevada, entre 315°C e 400 °C, devido à sua estrutura parcialmente cristalina, verificaram ainda que em temperaturas acima de 400 °C quase toda celulose já se encontra pirolisada. Dentre os três componentes, a lignina é o que apresenta maior faixa de degradação térmica, pois sua decomposição ocorre lentamente entre as temperaturas de 160°C e 900 °C e com uma taxa muito baixa de perda de massa. (YANG *et al.*, 2007; MACHADO, 2013).

### **3.6 Resíduos Sólidos**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os resíduos sólidos como sendo aqueles que se encontram no estado sólido ou semissólido originados de uma atividade industrial, comercial e/ou doméstica, onde estão inclusos os produtos pós-consumo, tais como o papel e o vidro, que podem ser classificados como resíduos industrializados de geração domiciliar.

Segundo a lei nº 12305 de 12 de agosto de 2010, que dispõem sobre a política nacional de resíduos sólidos, somente podem ser tratados como rejeitos, resíduos sólidos sem qualquer possibilidade de reaproveitamento ou tratamento. O governo tem se mostrado voltado a atender questões referentes a destinação dos resíduos, já que nos últimos anos foram criados programas e leis para tentar resolver tal problemática, tais como o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). (BAIA, 2018)

Muito tem se discutido atualmente sobre a disposição final de resíduos sólidos, oriundos de consumo doméstico e/ou industrial. Visto que o aumento da quantidade de resíduos é diretamente proporcional ao crescimento do nível de consumo da população, a destinação final de tais materiais é assunto de preocupação mundial, principalmente no que diz respeito à preservação do meio ambiente, e as consequências que os resíduos gerados podem causar. (RAFAEL, 2018)

No artigo 47 da Política Nacional de Resíduos Sólidos são encontradas algumas vedações ao que diz respeito aos processos de descarte ou destinação final de resíduos. Fica proibido o lançamento de resíduos em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; o lançamento in natura a céu aberto, exceto os resíduos de mineração e a queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade. (BAIA, 2018)

Os resíduos sólidos são classificados através da caracterização e identificação das substâncias potencialmente perigosas presentes neles, considerando a sua origem, a quantidade dessa substância perigosa e apontando os danos que esta poderá causar ao homem e ao meio ambiente. Essas informações servem de base para as tomadas de decisões técnicas e econômicas relativas ao destino, considerando o manuseio, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final. (CORRÊA, 2015)

A ABNT é o órgão responsável pela determinação dos parâmetros que devem ser observados durante a classificação de um resíduo no Brasil. O resíduo é considerado perigoso se, após avaliação, for comprovado a presença de pelo menos uma das características a seguir:

- *Inflamabilidade*: For líquida e tiver ponto de fulgor inferior a 60°C, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume; Não for líquida e for capaz de produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou alterações químicas espontâneas e, quando inflamado, queimar vigorosamente e persistentemente, dificultando a extinção do fogo; For um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimule a combustão e aumente a intensidade de um fogo em outro material.
- *Corrosividade*: For aquosa e apresentar pH menor ou igual a 2 ou maior ou igual 12,5; for líquida e corroer o aço a uma razão maior que 6,35 mm ao ano em temperatura a 55°C.
- *Reatividade*: Ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata sem detonar; Reagir violentamente com a água; Formar misturas potencialmente explosivas com água; Gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidade suficiente para provocar danos à saúde ou ao meio ambiente, quando misturados com água; Possuir em sua constituição ânions cianeto ou sulfeto por reação, liberar gases, vapores ou fumos tóxicos em quantidades suficientes para pôr em risco a saúde humana ou ao meio ambiente; for capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 1 atm.

- *Patogenicidade*: Um resíduo será considerado patogênico se contiver microrganismos ou suas toxinas capazes de produzir doenças. Não se incluem neste item os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos.

A partir destas características os resíduos são agrupados em três classes: Classe I, Classe II e Classe III.

*Resíduo Classe I: Perigoso*

Resíduo sólido ou mistura de resíduos sólidos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou de incidência de doenças, ou apresentarem efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

*Resíduo Classe II: Não Inerte*

Resíduo ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I ou na Classe III, e podem ter propriedades tais como: Combustibilidade, Biodegradabilidade ou Solubilidade em água.

*Resíduo Classe III: Inertes*

São designados como resíduos inertes, quaisquer resíduos, que quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente conforme teste de solubilização (normas NBR10006 - Solubilização de Resíduos e NBR10005 - Lixiviação de Resíduos), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor como exemplo desses materiais, podem-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente. (CORRÊA, 2015)

### **3.7 Açai (*Euterpe Oleracea*, Mart.)**

Na América Central e do Sul é possível encontrar, segundo a literatura, 30 espécies do gênero *Euterpe*, ocupando florestas de terras baixas e montanhas úmidas. No Brasil cinco espécies foram constatadas: *Euterpe edulis* Martius (palmiteiro), *Euterpe catinga* Wallace (açazinho), *Euterpe oleracea* Martius (açazeiro), *Euterpe longibracteata* Barbosa Rodrigues (açai da terra firme), *Euterpe precatoria* Martius (açazeiro). (FADDEN, 2005).

Açaizeiro cujo nome científico é *Euterpe Olerácea* pertence à ordem dos Arecales e ao gênero *Euterpe* da família *Palmae* é encontrada nas áreas alagadas dos rios da bacia do Amazônica, é uma espécie abundantes em estados como Pará e Amazonas, havendo também incidência do açaizeiro em países que fazem fronteira com o Brasil, como Peru, Bolívia, Venezuela e Colômbia (BUSSMANN E ZAMBRANA 2012; STEFANINI, 2010 *apud* CASTRO, 2019). A Figura 8 mostra uma plantação de árvores de açaí nativas localizadas as margens de um rio.

Figura 8 - Plantação de açaí nativo.



Fonte: Rosa (2017)

Trata-se de uma palmeira é cespitosa, ou seja, é capaz de emitir brotações, ou perfilhos, que surgem na base da planta crescendo em touceiras, ou rebolada. Esta característica dá a planta uma grande capacidade de regeneração, facilitando a sua exploração de forma sustentável. Uma touceira chega a ter até 25 plantas, em diferentes estágios de crescimento, variando em função das condições ambientais. O caule, denominado de estipe, é liso, de cor gris claro, delgado com 15 a 25 cm de diâmetros, às vezes encurvado, são múltiplos (entouceirados), e podem atingir a altura de 20 a 30 metros. No ápice forma um capitel que sustenta as folhas. (NEVES; PENA; PABLO, 2014). A Figura 9 mostra uma touceira com alguns açaizeiros já com brotações para produzir os frutos.

Figura 9 - Açaizeiro com frutos.



Fonte: Palmeira (2018)

A palmeira fornece muitos produtos que auxiliam na sobrevivência da população local como madeira para construções rurais, palha para coberturas, remédios, matéria-prima para artesanato, corante, mas é como fonte de alimentação, principalmente para a população ribeirinha, a sua primordial importância, já que o excedente da produção é utilizado para a comercialização, gerando renda e melhoria de vida. (NEVES; PENA; PABLO, 2014)

O açaizeiro representa um importante fator socioeconômico para a região amazônica, devido a um dos seus principais produtos, o açaí batido para o consumo imediato da população, além da polpa industrializada congelada e o corante natural denominado de antocianina, empregado nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias. Dos alimentos processados e lançados no mercado mundial nos últimos 5 anos que contêm açaí, 22% são representados por sucos, 12% bebidas energéticas e esportivas, 9% lanches, 7% sobremesas e sorvetes, 5% na categoria láctea e 3% em doces e balas, sendo que Estados Unidos (30%), Brasil (19%) e Canadá (8%) foram os países mais representativos no lançamento desses produtos. (BEZERRA; FREITAS-SILVA; DAMASCENO, 2016)

Nos últimos anos a demanda pelo fruto tem crescido, principalmente devido às propriedades nutricionais e ao valor calórico do açaí, pois esse fruto pode ser considerado como

alimento rico em proteínas, fibras, lipídeos, vitamina E, e minerais, como manganês, cobre, boro e cromo, o interesse econômico está associado, principalmente, às suas propriedades antioxidantes e composição fotoquímica. Com a valorização e o acréscimo na demanda pelo fruto, o mercado de açaí vem passando por mudanças estruturais nos últimos anos, tanto no consumo e elaboração de novos produtos industrializados quanto no sistema de produção. (SILVA *et al.*, 2017). A Figura 10a mostra os frutos do açaizeiro e a Figura 10b mostra a forma como ele é consumido, preferencialmente, na região Norte do país.

Figura 10 - a) frutos do açaizeiro na planta. b) açaí obtidos após o processo de despulpamento.



Fonte: Luciano (2017)

Além de servir como alimento, o açaí é muito utilizado na medicina popular: sua raiz e o talo da folha são usados contra dores musculares e picadas de cobra e a folha, para aliviar dores no peito. A raiz também é utilizada no tratamento da malária e contra infecções hepáticas e renais. A semente fornece um óleo verde escuro, usado popularmente como antidiarreico (GALOTTA, 2005 *apud* MARTINOT; PEREIRA; SILVA, 2017). A Tabela 5 mostra algumas formas de uso que são atribuídas ao açaizeiro e aos seus frutos.

Tabela 5: Usos para as partes do açaí (*Euterpe oleracea*, Mart).

<b>Usos do Açaí</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Produtos e subprodutos</b>	
<b>Gema Apical</b>	Palmito para alimentação humana e ração animal.	
<b>Folhas</b>	Cobertura de casas, parede, cestos, tapetes, chapéus, esteira, adorno caseiro, celulose, ração animal, adubo orgânico, cobertura morta e sombreamento de sementeiras e peconhas.	
<b>Frutos</b>	Polpa	Alimento, suco, creme, sorvete, licor, geleia, mingau, pudim, produção de álcool, pigmento para tintas.
	Caroço	Adubo orgânico, carburante, aterro.
<b>Cacho (inflorescência)</b>	Vassoura, artesanato, adubo orgânico.	
<b>Estipe (Caule)</b>	Construção civil, construções rurais, lenha, adubo orgânico, celulose e isolamento térmico, pequenas armadilhas.	
<b>Raízes</b>	Vermífugo.	
<b>A Planta</b>	Paisagismo.	

Fonte: Neves, Pena e Pablo (2014)

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgados pela Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (Fapespa) no anuário de 2020, o plantio de açaí teve uma área destinada para à colheita de 190.586 hectares, atingindo assim uma produção 1.439.249 toneladas de frutos e o valor para produção foi de 3.149.436,00 em mil reais.

No Pará o açaí é consumido preferencialmente na forma líquida (batido), onde o fruto passa por um processo de despulpamento na presença de água. Para isso é utilizado uma despulpadora que possui um motor elétrico interligado através de uma correia a uma haste central giratória, um tambor cilíndrico com o fundo na forma de um funil que apresenta internamente uma chapa perfurada pela qual passa o açaí sem a casca e sem o caroço. Os frutos são colocados no cilindro e batidos, então, é adicionada água potável progressivamente no processamento. O tempo de batida varia entre 3 e 10 minutos, este tempo depende da dimensão do cilindro e da proveniência dos frutos. Depois de desligado o motor, os caroços e a borra são retirados através de uma abertura lateral no tambor. (FADDEN, 2005). A Figura 11 mostra como é o processo de despulpamento do açaí.

Figura 11 - Processo de despulpamento do açaí por ação mecânica.



Fonte: Yokota (2004)

Possuindo cerca de mais de 3 mil pontos de venda da polpa do fruto distribuído pela cidade e tendo um consumo diário de 440 toneladas do fruto, Belém gera aproximadamente 365 toneladas por dia de lixo orgânico. Esse lixo é constituído principalmente de caroços despulpados do açaí, que são incorretamente descartados pela cidade. (CASTRO, 2019). A Figura 12 mostra um local no qual os caroços de açaí, já despulpados, foram descartados de forma irregular.

Figura 12 - Área de descarte irregular de caroços de açaí.

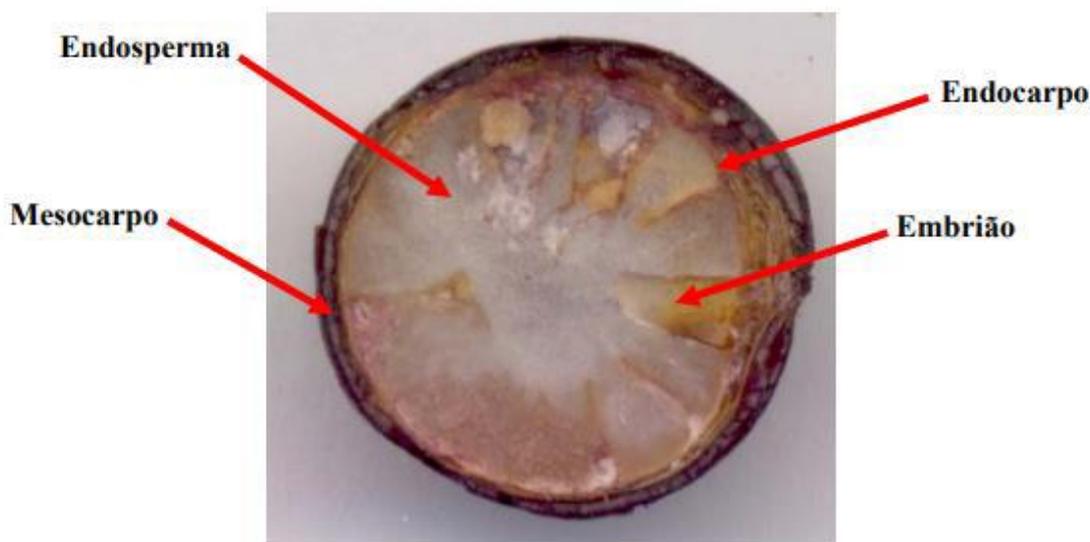


Fonte: Açaí... (2019)

O caroço do açaí é uma semente oleaginosa, formada por um pequeno endosperma sólido ligado a um tegumento, que na maturidade é rico em celulose (53,20%), hemicelulose

(12,26%), lignina (22,30%), lipídeos (7,22%) e proteínas (5,02%) e que mesmo após a remoção da polpa ainda apresenta elevados teores de celulose e hemicelulose, atraindo interesse para seu uso em biorrefinarias. (RODRÍGUEZ-ZUÑIGA et al., 2008 *apud* CASTRO, 2019). Em seu trabalho Stefanini, 2010, traz uma representação, em corte, da anatomia do fruto do açazeiro, o açáí, que está representado na Figura 13.

Figura 13 - Representação da anatomia caroço do açáí em corte transversal.



Fonte: Stefanini (2010)

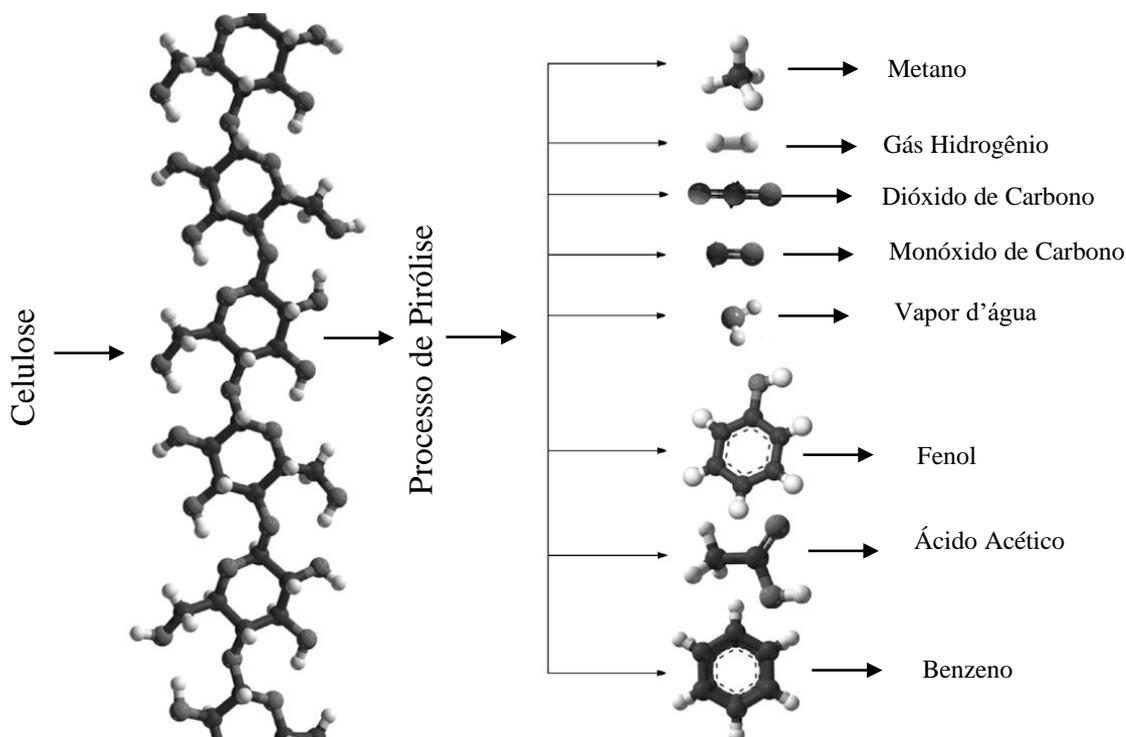
### 3.8 Pirólise da Biomassa

Dentre as tecnologias de conversão térmica da biomassa, a pirólise é considerada promissora devido à grande flexibilidade do processo que permite ser conduzido a fim de favorecer a obtenção de um ou mais produtos, ou seja, a reação de pirólise de biomassas gera materiais sólidos, líquidos e gasosos. A possibilidade de produzir espécies químicas e produtos de maior valor agregado, fazem desse processo uma opção atraente diante das iniciativas atuais na busca de novas fontes de energia renovável (CASTRO, 2019)

A pirólise é a decomposição termoquímica da biomassa em uma gama de produtos, seja na ausência total de agentes oxidantes ou com um fornecimento limitado que não permite a gaseificação em extensão apreciável. Durante a pirólise, as moléculas da biomassa, grandes e complexas, se dividem em moléculas relativamente menores e mais simples de gás, líquido e carvão. Conhecido também como craqueamento (referente ao termo em inglês *cracking*), esse tratamento é utilizado como meio de transformação da biomassa desde o século XIX. (BASU,

2010; RIBEIRO, 2006). A Figura 14 mostra o que ocorre com a molécula de celulose durante o processo de pirólise:

Figura 14 - Processo de decomposição da Celulose durante o processo de pirólise.



Fonte: Basu (2010)

Os produtos resultantes desse processo são: gás, carvão sólido e, produtos líquidos. O produto líquido, denominado de bio-óleo, geralmente é castanho, vermelho escuro, ou de cor preta com uma densidade aproximada de 1,2 kg/L contendo até 20% de água (DEMIRBAS, 2011). É constituído principalmente por compostos fenólicos homólogos, sendo uma mistura de hidrocarbonetos complexos com grandes quantidades de oxigênio e água, contendo ainda traços moleculares de celulose, hemicelulose e lignina que não foram pirolisados. (BASU, 2010). Uma das desvantagens desse processo é a obtenção de compostos oxigenados no produto, deixando o bio-óleo com características ácidas (SUAREZ *et al*, 2007).

Os compostos comumente encontrados no bio-óleo se enquadram, de forma geral, nas seguintes categorias:

- Hidroxialdeídos;
- Hidroxicetonas;
- Açúcares e desidrossugares;
- Ácidos carboxílicos e;
- Compostos fenólicos.

Atualmente existem basicamente três processos de pirólise, a pirólise lenta, a pirólise rápida e a pirólise ultrarrápida. Durante a pirólise ocorrem várias reações químicas denominadas de primárias e secundárias. As que ocorrem diretamente sobre o substrato celulósico são denominadas reações primárias e aquelas que acontecem na decomposição dos produtos intermediários, tais com vapores orgânicos e levoglucosan, são denominadas reações secundárias (MOTA *et al.*, 2015).

Conforme a temperatura de reação empregada, tempos longos de residência dos vapores conduzem a diferentes proporções dos produtos. Enquanto baixas temperaturas favorecem a formação de carvão e altas temperaturas favorecem a geração de gás. Temperaturas moderadas e tempos de residência curtos são ideais para produção de líquidos. (CASTRO, 2019). A Tabela 6 demonstra algumas características dos três tipos de pirólises citadas anteriormente.

Tabela 6: Características para diversos tipos de pirólise.

<b>Tipo de Pirólise</b>	<b>Temperatura de Operação (°C)</b>	<b>Taxa de Aquecimento</b>	<b>Tempo de Residência da Biomassa</b>	<b>Produto Característico</b>
<b>Lenta</b>	~ 400°C	~5 °C.min <sup>-1</sup> a 30 °C.min <sup>-1</sup>	Alto (horas/dias)	Biocarvão (~35% m/m)
<b>Rápida</b>	~ 500 °C	~600 °C.min <sup>-1</sup> 1 a 1200 °C.min <sup>-1</sup>	5 – 10 segundos	Bio-óleo (~75% m/m)
<b>Ultrarrápida</b>	~ 800 °C	Muito alta	> 1 segundo	Biogás (~85% m/m)

Fonte: Autor (2022)

### **3.9 Influência das Variáveis Operacionais na Pirólise de Biomassas Lignocelulósicas**

#### **3.9.1 Efeito da Composição da Biomassa**

A composição da biomassa tem uma influência importante no rendimento da pirólise. Cada um dos três principais constituintes de uma biomassa lignocelulósica tem sua faixa de temperatura preferida de decomposição. Análise de dados termogravimétricos (TGA) e

termogravimétricos diferencial (DTG) em alguma biomassa selecionada sugere os seguintes faixas de temperatura para o início da pirólise:

Tabela 7: Faixa de temperatura de decomposição dos constituintes da biomassa lignocelulósica.

<b>Constituinte da Biomassa</b>	<b>Faixa de temperatura de decomposição</b>
<b>Hemicelulose</b>	150–350 ° C
<b>Celulose</b>	275–350 ° C
<b>Lignina</b>	250–500 ° C

Fonte: Adaptado de Basu (2010)

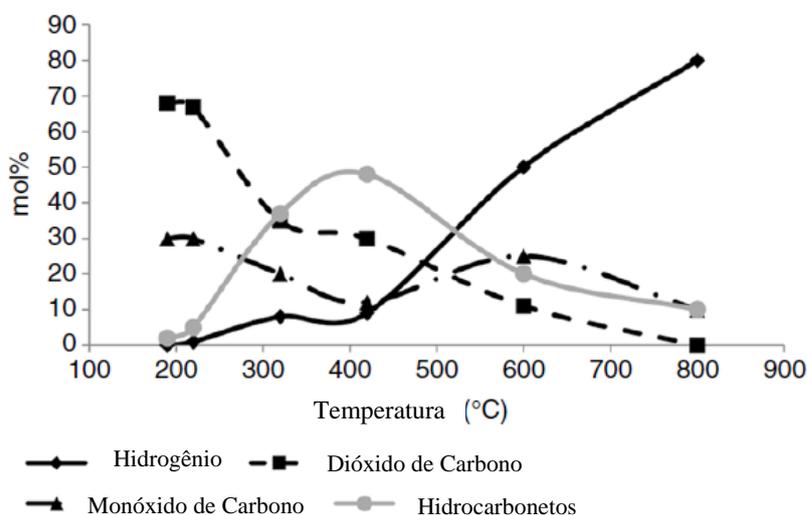
Os constituintes individuais sofrem pirólise de forma diferente, fazendo com que cada um possua contribuições diferentes para o rendimento total do processo. Nesse processo a hemicelulose, que se decompõem entre 200°C e 260°C, produz ácido acético, furfural e furano; a celulose, sua degradação é entre 240°C e 350°C, produz principalmente formaldeído, hidroxiacetaldeído, acetol, levoglucosano, 5–hidroximetilfurfural; e a lignina, que se degrada entre 280°C e 500 °C, devido à sua complexidade estrutural, forma um enorme leque de produtos (pequenas quantidades de fenóis monoméricos, mas sobretudo fragmentos oligoméricos) bem como a fração mais pesada do bio-óleo, constituída principalmente por: fenol e seus derivados e produtos oligoméricos. (PARADELA, 2012 *apud* VIEIRA *et al.*, 2014)

A composição, tamanho, forma e estrutura física da biomassa exercem alguma influência no produto da pirólise através de seu efeito na taxa de aquecimento. Partículas mais finas de biomassa oferecem menos resistência ao escape de gases condensáveis, que resulta em um maior rendimento líquido. Partículas maiores, por outro lado, facilitam a fissuração secundária devido à maior resistência que oferecem à fuga do produto primário da pirólise. (BASU, 2010).

### 3.9.2 Efeito da Temperatura de Pirólise

Durante a pirólise, uma partícula é aquecida, a uma taxa de aquecimento predeterminada, da temperatura ambiente para uma temperatura máxima, conhecida como temperatura de pirólise. A temperatura de pirólise afeta tanto a composição como o rendimento do produto. A Figura 15 é um exemplo de como, durante a pirólise de uma biomassa, a liberação de gases do produto muda com temperaturas diferentes.

Figura 15 - Liberação de gases durante a pirólise de uma biomassa.



Fonte: Basu (2010)

Castro (2019) realizou um estudo termogravimétrico para os caroço de açaí e fez as seguintes considerações: um primeiro evento de perda em massa de aproximadamente 14%, ocorreu entre o intervalo de 25 a 110 °C, que pode ser atribuída a umidade presente na biomassa. O segundo evento de perda em massa ocorreu de 200 a 315 °C e compreendeu uma perda em massa de aproximadamente 35%, podendo ser referente a decomposição da hemicelulose. O terceiro evento constatado ocorreu na faixa de 315 a 400 °C e apresentou uma perda em massa em torno de 20%, sendo atribuída a decomposição da celulose. O quarto evento ocorreu acima de 400 °C constatando que o material segue com uma perda em massa contínua e lenta, atribuída a lignina. Essa testagem justifica a escolha das temperaturas de trabalho, uma vez que entre as faixas de 350°C e 450°C tem-se uma perda de massa significativa.

### 3.9.3 Efeito da taxa de aquecimento

A taxa de aquecimento das partículas de biomassa tem uma influência importante no rendimento e composição do produto. Aquecimento rápido a uma temperatura moderada (400-600 °C) produz maior quantidade de voláteis e, portanto, mais líquidos, enquanto uma taxa de aquecimento mais lenta para essa temperatura favorece a formação de carvão ou produtos sólidos. A taxa de aquecimento por si só, no entanto, não define o produto. O tempo de residência no reator também é importante. (BASU, 2010)

### 3.10 Análises Físico-Químicas Aplicadas aos Biocombustíveis

#### 3.10.1 Densidade

A densidade absoluta ou massa específica de uma substância é dada através do quociente de sua massa pelo volume que esta ocupa. Como o volume varia de acordo com a mudança de temperatura, se faz necessário especificar a temperatura na qual a densidade é medida (HILSDORF *et. al.*, 2010). A densidade absoluta também é uma propriedade específica de substâncias, ou seja, cada uma tem a sua densidade absoluta específica que a diferencia de outras substâncias. Esta propriedade está relacionada com fatores como o empacotamento de átomos, pois quanto maior for o empacotamento mais densa será a substância (CÉSAR *et. al.*, 2004)

A densidade relativa de um material, por sua vez, é dada pela relação entre a sua densidade absoluta e a densidade absoluta de uma substância utilizada como padrão. No cálculo da densidade relativa de líquidos, o padrão geralmente escolhido é a densidade absoluta da água, que é igual a  $1,000 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  (CÉSAR *et. al.*, 2004)

A densidade é uma propriedade física muito importante, que pode ser aplicada como método para identificar um material puro de um impuro, uma vez que a densidade de materiais impuros são uma função de sua composição. Também é utilizada no controle de qualidade de produtos industriais, como óleos lubrificantes, diesel, gasolina etc. (CÉSAR *et. al.*, 2004 e HILSDORF *et. al.*, 2010)

#### 3.10.2 Índice de Acidez

O índice de acidez é uma variável que está intimamente relacionada com a qualidade da matéria-prima, o processamento e, principalmente, com as condições de conservação deste material. Segundo a Portaria nº 482 da ANVISA, o teor de acidez é uma das características de qualidade dos diversos óleos vegetais (arroz, soja, canola, milho, oliva, algodão, amendoim, girassol, uva) e gorduras (coco, babaçu, palma, palmiste). O índice de acidez corresponde à quantidade (em mg) de base (KOH ou NaOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1 g de gordura. (OSAWA *et al.*, 2006)

#### 3.10.3 Índice de Refração

O índice de refração de uma mistura é função dos índices das substâncias puras e de suas concentrações, é possível correlacionar à intensidade da luz refletida com a concentração da mistura (SUZUKI *et al.*, 2008)

Ao se misturar dois líquidos miscíveis, o índice de refração resultante é proporcional à concentração volumétrica de cada componente e aos valores dos índices de refração das soluções puras (PANDEY et al., 1999)

O índice de refração de um meio é uma medida de quanto à velocidade de uma onda eletromagnética é reduzida ao se propagar neste meio em relação ao vácuo. Fisicamente, este índice ( $n$ ) é definido como a razão entre as velocidades da luz no vácuo e no meio em questão ( $c$  e  $v$ , respectivamente), conforme a Equação (1). Para medições práticas, as escalas de instrumentos padrões indicam índices de refração em relação ao ar, em vez de vácuo.

$$n = c.v \quad (1)$$

#### 3.10.4 Viscosidade Cinemática

A viscosidade é uma propriedade inerente à fluidos, está associada ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular entre as partículas que o compõem. É definida como a resistência de um fluido ao fluxo ou alteração da forma causada por um torque, isto se deve à fricção ou atrito interno entre as camadas do fluido que se movimentam em velocidades diferentes (VERTCHENKO, 2017). =

### 3.11 Análises de Composição Química Aplicadas aos Biocombustíveis

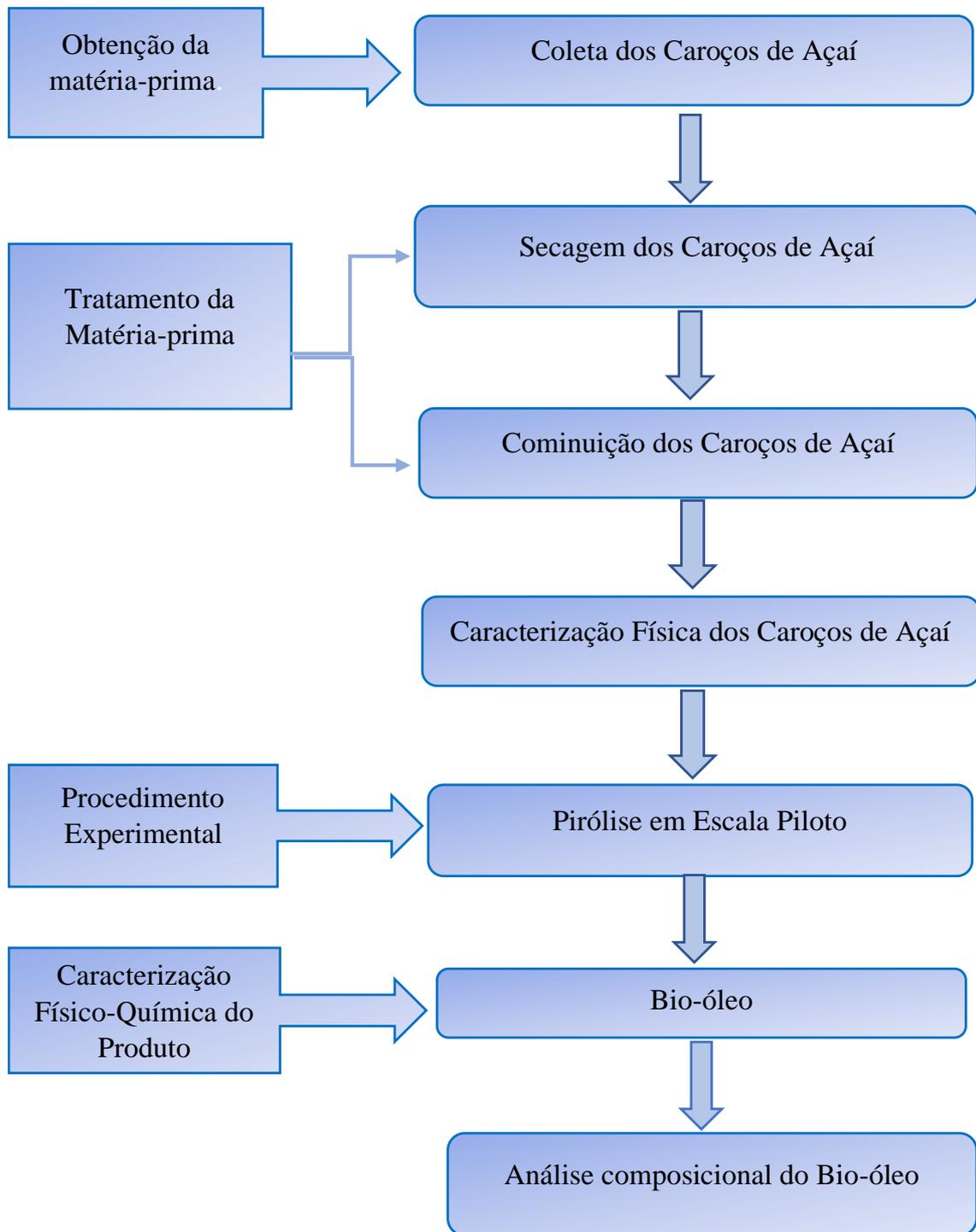
#### 3.11.1 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas

Na análise de cromatografia gasosa, os componentes de uma amostra vaporizada são separados pela interação com uma fase móvel gasosa e uma fase estacionária líquida contida dentro de uma coluna. A fase móvel geralmente é composta por um gás inerte, como hélio, que serve para levar a amostra do injetor pela coluna até um detector. Durante o procedimento ocorrerá aparição do analito entre a fase móvel gasosa e uma fase líquida imobilizada na superfície de um sólido inerte (SKOOG et. al., 2006).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

O fluxograma 1 a seguir mostra resumidamente como se deu a realização do procedimento experimental para a obtenção do bio-óleo através da pirólise em escala piloto. O trabalho foi realizado no Laboratório de Separações Térmicas (THERMITEK/FEQ/ITEC/UFPA), na Usina de Materiais da Faculdade de Engenharia Química (USIMAT/FEQ/ITEC/UFPA) e no Grupo de Estudo em Meio Ambiente (GEMA/FAESA/ITEC/UFPA) e contou com o apoio da Central de Análises Químicas do Grupo de Pesquisa Química Aplicada e Tecnologia (CQAT/EST/UEA).

Fluxograma 1: Processo realizado para a obtenção e caracterização do Bio-óleo.



Fonte: Autor (2022)

## 4.1 Matéria-Prima

Para a realização do procedimento experimental foi utilizado como matéria prima os caroços do açaí, um resíduo obtido após o processo de despolpamento do fruto. As sementes foram coletadas por Castro (2019) na cidade de Belém localizada no estado do Pará, região onde prevalece a existência de palmeiras do tipo *Euterpe oleracea*, Mart. O material foi coletado em um estabelecimento que trabalha com venda do açaí batido. Devido ao processo de despolpamento do fruto, os caroços encontravam-se com um elevado teor de umidade. O material estava mal acondicionado e exposto ao meio ambiente, como pode ser observado na Figura 16. A quantidade de material úmido coletado foi de cerca de 750 quilos.

Figura 16 - Ponto de coleta dos caroços de açaí.



Fonte: Autor (2022)

## 4.2 Pré Tratamento da Matéria Prima

### 4.2.1 Secagem

Devido as condições nas quais o material estava disposto e pelo processo de despolpamento que havia passado os caroços apresentavam um excesso água. Para remover parte dessa água o material passou por um processo de secagem em estufa térmica. A estufa

utilizada era uma estufa térmica piloto com recirculação de ar e controle analógico de temperatura SOC. FABBE. Ltda, MOD.170, a conforme Figura 17. O material foi repartido em cinco partes de 150 quilos cada. Cada uma dessas partes foi submetida ao processo de secagem, a 110°C, por um período de 24 horas, a fim de reduzir a quantidade de água que havia na superfície dos caroços.

Figura 17 - Estufa utilizada para a remoção do excesso de umidade do material.



Fonte: Autor (2022)

Para a determinação da quantidade de água removida no processo de secagem foi utilizado a equação (2):

$$U(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$U(\%)$ : percentual de água removido;

$m_i$ : massa inicial de sementes úmidas (Kg);

$m_f$ : massa final das sementes após o processo de secagem (Kg).

#### 4.2.2 Processo de Cominuição

Após a secagem o material foi submetido a um processo de cominuição. Esse processo foi realizado em um moinho de facas modelo TRAPP TRF 600, como pode ser visto na Figura 18, que pertence a Usina de Materiais da Faculdade de Engenharia Química (USIMAT/FEQ/ITEC/UFPA). As cargas utilizadas foram de 50 Kg. Para a primeira carga cominuída foi utilizada uma peneira com aberturas de 0,8mm de diâmetro e para as demais cargas foi utilizada uma peneira com 5mm de diâmetro. Após a cominuição o material passou por um peneiramento a fim de remover o excesso de fibras que se soltaram durante a etapa anterior. A peneira utilizada tinha uma abertura de 0,6mm de diâmetro. Para o cálculo do rendimento do processo de cominuição foi utilizada a equação (3):

$$R(\%) = \frac{M_{fc}}{M_{ic}} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$R(\%)$ : *Rendimento (%)*;

$M_{fc}$ : *massa final após a cominuição (Kg)*;

$M_{ic}$ : *massa inicial antes da cominuição (Kg)*.

### 4.3 Caracterização Física dos Caroços de Açaí

A caracterização dos caroços de açaí foi realizada após o processo de secagem. As análises imediatas que foram realizadas com as sementes secas foram: teor de umidade, teor de cinzas, teor de voláteis e teor de carbono fixo. Os procedimentos realizados seguiram as Normas ASTM D 3173-87, ASTM D 3174-04 e ASTM D 3175-04. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Separações Térmicas (THERMITEK/FEQ/ITEC/UFPA) e no Grupo de Estudo em Meio Ambiente (GEMA /FAESA/ITEC/UFPA).

#### 4.3.1 Teor de Umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada em estufa (DELEO, Modelo 3) a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , até peso constante, de acordo como preconiza o método da American Society for Testing and Materials (ASTM) D 3173 (1993).

#### 4.3.2 Teor de Voláteis

A determinação do teor de voláteis foi realizada de acordo com a norma ASTM D 3175-07 (1993), as quais foram adaptadas para análise em forno mufla (EDG, MICROPROCESSADO 3000 10P). As amostras foram inseridas no forno mufla a  $950 \pm 10$  °C durante 10 minutos.

#### 4.3.3 Teor de Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada por incineração da amostra em forno mufla (EDG, MICROPROCESSADO 3000 10P) por um período de 6 horas a  $650 \pm 10$  °C, de acordo com a norma ASTM D 3174-04 (1993). Após esse período o material foi pesado e as devidas relações percentuais, em massa, foram calculadas.

#### 4.3.4 Teor de Carbono Fixo

A determinação de carbono fixo foi realizada de acordo com método ASTM D3172-89 (1993). O teor de carbono fixo é uma medida indireta, sendo calculado de acordo com a equação (4).

$$\text{Carbono Fixo (\%)} = 100 - (\%umidade + \%cinzas + \%materiais\ voláteis) \quad (4)$$

#### 4.3.5 Poder Calorífico Superior

O poder calorífico, em MJ/kg, das sementes de açaí foi estimado a partir da correlação de Parikh; Channiwala e Ghosal (2005) (Equação 5) para biomassas carbonáceas sólidas.

$$PCS = (0,3536 * TCF) + (0,1559 * TMV) - (0,0078 * CZ) \quad (5)$$

Onde:

PCS: Poder calorífico superior;

TCF: Teor de Carbono Fixo;

TMV: Teor de Materiais Voláteis;

CZ: Teor de Cinzas.

#### 4.4 Processo de Pirólise em Escala Piloto

Os experimentos foram realizados na Usina Piloto de Craqueamento Térmico-Catalítico do Laboratório de Separações Térmicas (THERMITEK/FEQ/ITEC/UFGA).

O processo utilizou uma massa inicial de 30 quilos de matéria-prima, sementes de açaí despulpadas, secas, cominuídas e peneiradas para as três temperaturas. O procedimento durou 150 minutos e o processo de craqueamento em si iniciou depois de transcorrido 50 minutos da planta em funcionamento para os três experimentos, esse começo foi marcado com a produção dos gases não condensáveis, gases esse que eram queimados no *flare* (sistema de queima). Os produtos obtidos da pirólise foram o biocarvão, os gases não condensáveis e a solução aquosa. A solução aquosa era uma mistura de água e bio-óleo, que posteriormente foram separados por processos de decantação e filtração.

Os gases não condensáveis não foram coletados devido à falta de um aparato que permitisse tal tarefa, por isso, eles foram queimados na saída do flare, para o cálculo da quantidade produzida, bem como do rendimento desses gases foi considerado um balanço de massa sem perdas e assim pode-se mensurar a quantidade que foi gerada.

##### 4.4.1 Descrição do Aparato Experimental

Mota (2013) e Santos (2015) descrevem em seus estudos as especificações do equipamento que foi utilizado para realizar o processo de pirólise. Assim tem-se, de forma resumida, os principais componentes da unidade e seu funcionamento.

- **Seção reacional:** Constituída pelo Reator de Processo de aço inoxidável encamisado com sistema de agitação mecânica com capacidade de 125 L, pressão de projeto 1 atm e temperatura de projeto 550 °C. A fonte de energia térmica foi via gás GLP (P 45 kg), com pressão de serviço de 1,70 MPa. A Figura 18 mostra o reator e o seu sistema de aquecimento.

Figura 18 - Reator (a) e Sistema de aquecimento do reator (b).



Fonte: Castro (2019)

- **Seção de resfriamento:** Constituída por dois tanques de polietileno com capacidade de 500 L, eles continham água como líquido de resfriamento a temperatura ambiente (25 °C).

- **Seção de Condensação:** Constituída por um Trocador de Calor de aço inoxidável Multitubular, casco e tubo, Figura 19, com área de troca térmica de 1,30 m<sup>2</sup> (lado do casco) e vazão de produtos a 25 kg/h (lado do tubo), pressão de projeto 2,0 Kgf/cm<sup>2</sup>, vazão de água à temperatura ambiente de 4,5 m<sup>3</sup>/h, pressão de teste de 3 Bar, temperatura de projeto 100 °C, temperatura de operação 50 °C.

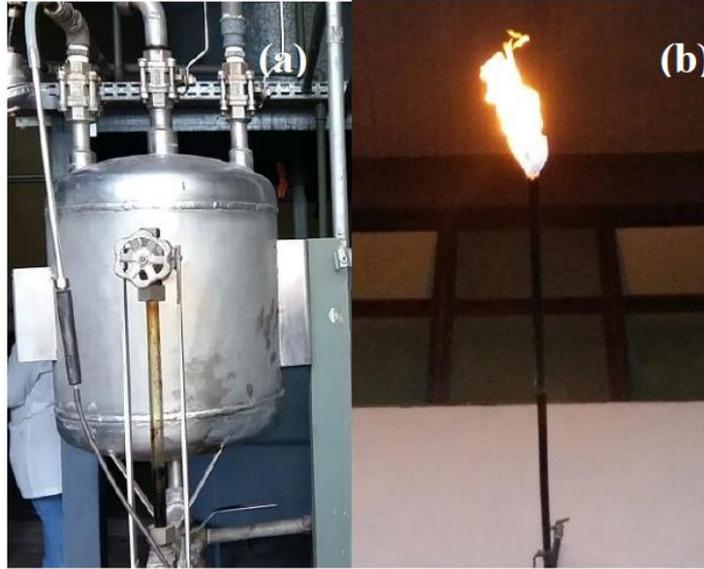
Figura 19 - Trocador de calor do reator.



Fonte: Castro (2019)

- **Seção de separação, coleta e emissão de gases não condensáveis:** constituída por um vaso de coleta de aço inoxidável com capacidade de 30L, pressão de operação 1 atm, temperatura de projeto 550 °C. A exaustão dos gases não condensáveis era realizada por linhas de ferro fundido onde no final os gases não condensáveis eram queimados (Figura 20).

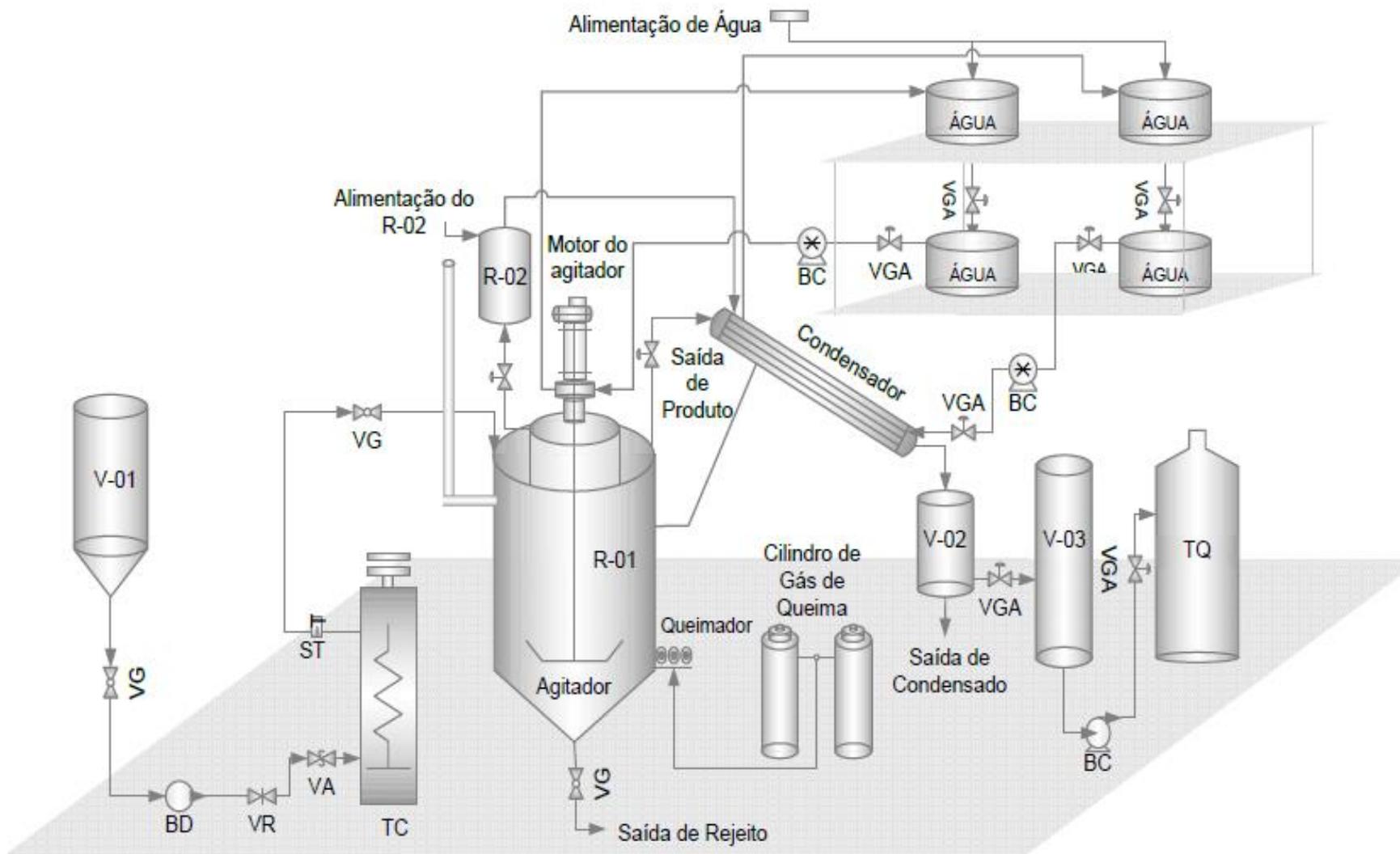
Figura 20 - Vaso de Coleta VC-02 (a) e Sistema de queima (Flare) (b).



Fonte: Castro (2019)

- **Seção de instrumentação e controle:** Constituída pelos sensores de medição conectados aos controladores que são responsáveis pela aquisição de dados e controle operacional da unidade. Nas Figuras 21 e 22 está representado Layout da Unidade e o aparato experimental onde foram realizados os experimentos em escala Piloto, respectivamente.

Figura 21 - Layout da Unidade Piloto.



Fonte: Mota (2013)

Figura 22 - Aparato Experimental, Unidade de Craqueamento em escala piloto.



Fonte: Mancio (2015)

#### 4.4.2 Processo de Pirólise

O processo de Pirólise na Unidade Piloto foi realizado utilizando como matéria prima os caroços de açaí após as etapas de secagem e cominuição. Os experimentos foram realizados, em modo semicontínuo, a 1,0 atm. para as temperaturas até 350, 400, 450 °C, as quais eram mensuradas no interior do reator, a partir de um termopar do tipo K localizado próximo ao centro inferior, com o objetivo de avaliar a influência de diferença de temperatura final do processo no rendimento e na caracterização físico-química do bio-óleo obtido.

As massas de sementes para cada experimento foram inicialmente pesadas com auxílio de uma balança digital (TRON, Classe III, capacidade mínima 20 g e máxima 200 kg), sendo essa quantidade, em média 30 Kg. Em seguida, o reator foi alimentado manualmente por sua entrada superior e após o carregamento fez-se a pesagem do cilindro de gás liquefeito de petróleo (GLP - P 45) com o objetivo de avaliar o consumo de combustível utilizado em cada experimento, assim procedeu-se com a abertura da válvula de gás GLP para a alimentação do sistema de aquecimento. Com isso, acionaram-se no painel de controle os sistemas de trocas térmicas e em seguida programou-se no controlador a temperatura de operação (*set-point*) desejada para o aquecimento térmico por convecção do meio reacional de Pirólise.

Com o início do processo realizou-se o monitoramento, em intervalos de tempo de 10 minutos, da rampa de aquecimento do sistema para a investigação da temperatura e do tempo inicial de formação dos produtos líquidos e gasosos. Conforme a elevação de temperatura os produtos gasosos da reação de Pirólise eram condensados a partir do contato com o sistema de troca térmica à saída do reator (R-01) cuja temperatura do fluido refrigerante, tanto na entrada quanto na saída do trocador de calor, permanecia em média 35 °C. Com o desenvolvimento da reação, ou seja, a elevação de temperatura os produtos gasosos (gases condensáveis e não condensáveis) formados que alimentavam o trocador de calor eram condensados ao longo da área de troca térmica. Após a condensação, o produto líquido (aquoso e orgânico) era depositado no vaso de coleta (VC-01) e os produtos gasosos não condensáveis eram conduzidos por diferença de pressão e queimados no “flare”.

O tempo de reação foi obtido a partir do instante em que o sistema alcançou a temperatura de operação desejada (*set-point*), no entanto esse tempo de processo experimental foi obtido a partir da coleta de dados de temperatura entre os intervalos de 10 minutos, iniciando da temperatura ambiente. Ao atingir a temperatura final, o sistema de aquecimento se autodesligava, e ela era mantida constante até a finalização do processo. O tempo médio de reação foi de 150 minutos.

Após o término do processo reacional os produtos líquidos (fração aquosa + bio-óleo) e os produtos sólidos foram coletados para serem pesados e assim obter os rendimentos de processo. Primeiramente, foi mensurada a massa de produto líquido, para sua posterior separação via processo de Filtração simples. Com as frações separadas pesaram-se as mesmas e se obteve seus respectivos rendimentos. Assim, se quantificou a massa de produto sólido produzido (Biocarvão) e por diferença, desconsiderando as perdas em massa, calculou-se o rendimento da fração gasosa não condensável (biogás) para a análise dos rendimentos do processo. Os rendimentos do processo experimental foram determinados pelas equações (6), (7) e (8).

$$\text{Rendimento do Bio – óleo}(\%) = \frac{M_{BO}}{M_m} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Rendimento do BioCarvão}(\%) = \frac{M_{BC}}{M_m} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Rendimento do BioGás}(\%) = \left(1 - \frac{M_{BO}}{M_m} - \frac{M_{BC}}{M_m}\right) \times 100 \quad (8)$$

Onde:

$M_{BO}$ : Massa do bio – óleo (sem a fase aquosa);

$M_m$ : Massa da matéria prima;

$M_{BC}$ : Massa do Biocarvão.

Foram realizados três experimentos na unidade com a matéria prima granulada com a temperatura final programada no painel de controle em 350, 400 e 450 °C. Houve a variação na temperatura final para que se pudesse avaliar a influência da diferença de temperatura de processo no rendimento e na qualidade dos produtos obtidos. A Tabela 8 apresenta os experimentos que foram realizados.

Tabela 8: Experimentos realizados na unidade piloto de pirólise.

<b>Experimento</b>	<b>Nomenclatura Adotada</b>	<b>Temperatura Final de Pirólise (°C)</b>	<b>Tempo de Processo (min)</b>
<b>1</b>	Exp.1	350	150
<b>2</b>	Exp.2	400	150
<b>3</b>	Exp.3	450	150

Fonte: Autor (2022)

#### **4.5 Caracterização Físico-Química do Bio-Óleo Produzido**

A caracterização físico-química dos bio-óleos produzidos foi realizada conforme os métodos padrões estabelecidos por Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT ou de Normas da *American Society for Testing and Materials* – ASTM. As análises avaliadas foram: Densidade, Viscosidade Dinâmica, Índice de Acidez, Índice de Refração, sendo executadas no Laboratório de Craqueamento Térmico-Catalítico (THERMITEK/FEQ/UFGA), com exceção da Viscosidade Dinâmica que foi realizada no Laboratório de Reologia (LABREO/FEQ/UFGA). Essas análises investigaram a influência das variações operacionais realizadas no processo reacional de pirólise em escala piloto em relação à qualidade dos bio-óleos produzidos.

#### 4.5.1 Densidade Absoluta

A análise da densidade absoluta do bio-óleo foi determinada segundo a metodologia oficial da ABNT NBR 7148, a qual estabelece a massa por unidade de volume da amostra contida em um picnômetro calibrado numa determinada temperatura, sendo aplicável para gorduras animais e vegetais, e óleos que não depositam cristais na temperatura de determinação, a qual pode ser feita diretamente sobre as amostras de teste (líquidos à temperatura ambiente).

Neste procedimento experimental foi utilizado uma balança analítica (QUIMIS, Q – 500L210C) e um picnômetro de 10 mL (estabelecido pelo fabricante). Os dados obtidos do picnômetro foram: volume vazio, a pesagem do mesmo vazio e aferido com amostra. A análise foi realizada em duplicata, obtendo-se uma média dos valores como resultados. A Equação (9) foi utilizada para determinar a densidade (g/cm<sup>3</sup>).

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (9)$$

Onde:

$\rho$ : densidade absoluta;

$m_1$ : massa do picnômetro vazio;

$m_2$ : massa do picnômetro aferido;

$V$ : Volume do picnômetro.

#### 4.5.2 Índice de Acidez

O Índice de Acidez foi determinado, a partir da adaptação do método oficial da American Oil Chemists 'Society (AOCS) Cd 3d-63 (AOCS, 2001), que é aplicável a óleos vegetais e animais (natural ou refinado), gorduras marinhas e vários produtos derivados deles.

Cerca de 0,1 g de cada amostra de óleo foram pesadas em um erlenmeyer de 300 ml, com o auxílio de uma balança analítica de precisão (QUIMIS, Q-500 L210C), onde ele foi solubilizado em 125 ml de uma solução 1:1 de Álcool Isopropílico P.A. (CRQ; Lote: 1435.11/12; Pureza 99,5%; Validade: 10/2018) e Tolueno P.A. (VETEC; Lote: 1201696;

Pureza 99,5%; Validade: 03/2020). Em seguida foi realizada a titulação com uma solução padronizada de Hidróxido de Sódio (NaOH) (SYNTH; Lote: 141677; Pureza: 97 %; Validade: 03/2017) 0,1 N, usando Fenolftaleína P.A. (SYNTH; Lote: 142079; Validade: 04/2016) a 1% como indicador do ponto de viragem. Foi feito também o mesmo procedimento para uma amostra em branco sob as mesmas condições. O Índice de Acidez, em mg de NaOH/g de amostra, foi calculado pela Equação (10):

$$I.A=(VA- VB).N.40.fc.mA \quad (10)$$

Onde:

Va – volume de NaOH usado na titulação da amostra (mL);

Vb – volume de NaOH usado na titulação do branco (mL);

N – Normalidade da solução de NaOH;

mA – massa da amostra (g);

fc – fator de correção da solução de NaOH.

#### 4.5.3 Índice de Refração

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, ou seja, está intimamente relacionado com o seu grau de saturação, mas é afetado por outros fatores tais como teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico. O índice de refração foi determinado de acordo com o método oficial AOCS Cc 7- 25 (AOCS, 1997). Este procedimento foi realizado a partir de um prévio ajuste do Refratômetro de ABBÉ (modelo AR 4D).

O equipamento foi previamente ajustado o com água destilada a 20°C (IR a 20 °C = 1,332) com o objetivo de calibrá-lo. Após a calibração ajustou-se a temperatura do banho em 40°C para proceder a análise. Após estabilização da temperatura inseriu-se algumas gotas da amostra no prisma inferior de leitura previamente limpo e completamente seco, com isso os prismas foram fechados e travados. Assim, a amostra permaneceu por um período de 1 a 2 minutos, a fim de se atingir a temperatura de análise e ajustou-se o instrumento e a luz para obter a leitura mais distinta possível para determinação do índice de refração. A leitura na escala do equipamento forneceu diretamente o índice de refração absoluto a 40°C das amostras. As leituras foram realizadas em triplicata para cada amostra, a fim de obter uma melhor precisão dos resultados.

#### 4.5.4 Viscosidade Dinâmica

A viscosidade dinâmica foi determinada segundo a norma ASTM D 445 (2006). Para a determinação da viscosidade dinâmica utilizou-se um Viscosímetro Rotacional (HAAKE Viscotester modelo VT 550), como mostra a Figura 4.21.a. O equipamento possui diferentes modelos de spindles que possuem variação geométrica conforme a viscosidade de cada fluido. Com isso para essa análise foi utilizado a configuração cilindros coaxiais copo SV e cilindros SV1. Assim cerca de 50 mL de amostra foram inseridas em um banho termostático com precisão de  $\pm 0,1$  °C acoplado ao viscosímetro, no qual foi programada uma temperatura constante de 30 °C.

Na análise realizada variou-se a taxa de cisalhamento entre 0 a  $600\text{s}^{-1}$  num tempo de 180s, os parâmetros de análise e os resultados foram programados e obtidos, respectivamente, utilizando o software computacional do equipamento (*Thermo Scientific™ HAAKE™ RheoWin™ Measuring and Evaluation Software*). Após a análise e com a determinação da densidade das amostras realizou-se a conversão para a viscosidade cinemática.

### 4.6 Caracterização Composicional do Bio-Óleo Produzido

A caracterização composicional dos bio-óleos obtidos foi realizada na Central de Análises Químicas do Grupo de Pesquisa Química Aplicada e Tecnologia (CQAT/EST/UEA). Essas análises investigaram a influência das variações operacionais realizadas no processo reacional de pirólise em escala piloto em relação à composição dos bio-óleos produzidos.

#### 4.6.1 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas

A cromatografia gasosa pode ser realizada com detectores de espectrômetro de massa, e recebe o nome de GC-MS. O espectrômetro de massa mede a razão massa/carga ( $m/z$ ) de íons que são produzidos pela amostra. No equipamento de GC-MS a amostra na forma de vapor passa por uma fonte de ionização para ser ionizada, e segue para um analisador que seleciona os íons de acordo com os seus valores de  $m/z$ , os íons são então detectados e um gráfico contendo a intensidade do sinal gerado pelo íon em função do  $m/z$  é gerado pelo equipamento (SKOOG et. al., 2006).

A identificação dos componentes presentes nas amostras foi realizada por Cromatografia Gasosa acoplada Espectrometria de Massa (GC-MS). Este método de análise

consiste na volatilização da amostra e no seu transporte por meio de um gás de arraste (fase móvel) através de uma coluna cromatográfica onde ocorre a separação.

As análises cromatográficas foram realizadas no sistema de cromatografia para a separação e identificação dos compostos químicos presentes nos bio-óleos produzidos em escala piloto. A análise dos componentes presentes foi realizada no equipamento Agilent Technologies – Modelo CG-7890B acoplado ao Espectrômetro de Massas modelo MS-5977A, coluna capilar de sílica fundida SLBTM-5ms (30m x 0,25mm x 0,25µm), inicialmente com 1,8 ml/min de fluxo do gás de arraste na coluna e Split 1:50. Condições utilizadas no GC-MS: Temperatura do injetor: 250 °C; Split: 1:50; Temperatura do detector: fonte: 230 °C e quadrupolo: 150 °C; Volume de injeção: 1,0 µL; Forno: 60 °C/1min. – 3,0 °C.min<sup>-1</sup> – 200 °C/2 min. – 20,0 °C.min<sup>-1</sup> – 230 °C/10min.

O tratamento dos dados foi realizado no software Data Analysis e a partir da interpretação dos cromatogramas foi registrada a intensidade, o tempo de retenção e a identificação do composto para cada pico obtido, de acordo com a biblioteca de espectros de massas da National Institute of Standards and Technology (NIST Standard Reference Database 1<sup>a</sup> v14) que faz parte do software. O método de integração utilizado para a análise dos dados foi o método *integrate*, disponível no próprio programa, os picos com um valor de *abundance* abaixo de 30000 não eram considerados e a linha de base para os picos que foram analisados era ajustada em uma *abundance* de 10000. A identificação é feita baseando-se na similaridade do espectro de massas do pico obtido com os espectros (padrão) que fazem parte do banco de dados da biblioteca. Os teores de todos os compostos oxigenados identificados presentes em cada amostra e os teores de hidrocarbonetos identificados presentes foram separados e estimada a composição química, por área de pico, do bio-óleo obtido em cada experimento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Pré Tratamento das Sementes de Açaí

A Tabela 9 traz os resultados dos processos de secagem, cominuição e peneiramento para uma batelada de sementes de açaí despulpadas e seus respectivos rendimentos. Esses pré-tratamentos são de suma importância para o processo de pirólise, pois como é possível observar há uma grande quantidade de umidade associada as sementes de açaí, umidade esta que se não for removida pode gerar um gasto energético elevado no momento da realização do experimento.

Tabela 9: Resultados do pré-tratamento da matéria-prima.

Dados	Massa inicial (Kg)	Massa final (Kg)	Rendimento (%)
<b>Secagem</b>	150	88,38	58,92
<b>Cominuição</b>	88,38	83,38	70,26
<b>Peneiramento</b>	83,38	70,26	84,26
<b>Total</b>			46,84

Fonte: Autor (2022)

O teor de umidade encontrado após o processo de secagem foi de 41,08%, esse valor elevado deve-se ao processo de despulpamento ao qual as sementes são submetidas para a retirada do seu suco e ao seu processo de descarte, uma vez que esse material se encontrava exposto ao ambiente sem proteção alguma.

O rendimento total dos processos de pré-tratamento foi de 46,84 o que demonstra a importância dessa etapa, pois assim é possível reduzir a quantidade de materiais desnecessários para o processo, além de minimizar os gastos energéticos desnecessários, em especial para a remoção da umidade das sementes, e a formação de subprodutos indesejáveis.

A etapa de cominuição é necessária uma vez que o reator utilizado para o procedimento experimental foi projetado para operar com líquidos, assim, o material teve que ser cominuído para que pudesse se acondicionado dentro do reator para a pirólise. Após o processo de cominuição, o material apresentava partículas de no máximo 0,6mm de diâmetro.

### 5.2 Caracterização Física das Sementes de Açaí

Foi realizado a caracterização física das sementes de açaí por meio da determinação do teor de umidade, teor de voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo e do poder calorífico

superior após secagem em estufa a 105°C, a Tabela 10 traz os valores disposto na literatura para a palmeira *Euterpe oleracea* Mart encontrados por Rambo (2013), Seye *et al* (2008) e Nagaishi (2007).

Tabela 10: Caracterização física das sementes de açaí.

<b>Análises</b>	<b>Sementes de Açaí</b>	<b>Rambo (2013)</b>	<b>Seye <i>et al</i> (2008)</b>	<b>Nagaishi (2007)</b>
<b>Umidade (%)</b>	12,45	13,27	6,13	43,57
<b>Teor de Voláteis (%)</b>	85,98	80,77	80,35	77,62
<b>Teor de Cinzas (%)</b>	0,42	0,69	1,15	1,47
<b>Teor de Carbono Fixo (%)</b>	1,15	18,50	18,50	20,95
<b>Poder Calorífico Superior (MJ/mg)</b>	13,81	18,60	16,36	17,80

Fonte: Autor (2022)

Os valores encontrados nas análises são próximos aos valores disponíveis na literatura para esse mesmo tipo de palmeira. De acordo com Rambo (2013) o baixo valor para o teor de cinzas é considerado um parâmetro satisfatório, já que quando esses valores são elevados podem ocasionar problemas nas reações da pirólise e na combustão da matéria-prima. O valor para o teor de umidade obtido está em consonância com os valores disponíveis na literatura. Contudo, essa umidade pode ser uma desvantagem energética para o processo, já que uma parte do calor fornecido para a pirólise terá que, além de decompor a biomassa, evaporar essa quantidade de umidade ainda presente nas sementes.

### 5.3 Parâmetros do Processo de Pirólise em Escala Piloto

A Tabela 11 a seguir mostram os parâmetros operacionais, como, por exemplo, as temperaturas iniciais de cada processo e quantidade de gás liquefeito de petróleo (GLP) usado em cada procedimento experimental, e os resultados encontrados para o Exp.1, Exp.2 e Exp.3, realizado com a temperatura final programada em 350°C, 400°C e 450°C respectivamente.

Tabela 11: Dados dos experimentos realizados na unidade Piloto.

Parâmetros do Processo	Experimento		
	Exp.1	Exp.2	Exp.3
Massa inicial (Kg)	30	30	30
Massa de gás GLP consumido (Kg)	5,80	10,20	14,30
Temperatura inicial do processo (°C)	30	27	29
Temperatura final do processo programada (°C)	350	400	450
Temperatura máxima do processo (°C)	405	444	463
Temperatura inicial de entrada do condensador (°C)	30	30	30
Temperatura inicial de saída do condensador (°C)	31	31	31
Temperatura final de entrada do condensador (°C)	76	76	78
Temperatura final de saída do condensador (°C)	37	37	38
Tempo total de processo (min)	150	150	150
Tempo de início da pirólise (min)	50	50	50
Temperatura de início da pirólise (°C)	167	160	169
Massa da fração líquida (Kg)	8,57	9,82	10,13
Massa de água (Kg)	7,97	8,68	8,82
Massa do Bio-óleo (Kg)	0,60	1,15	1,32
Massa da Fração não condensada (Kg)	5,63	7,67	9,17
Massa do Biocarvão (g)	15,80	12,50	10,70
Rendimento da Fração Líquida (%)	28,58	32,75	33,78
Rendimento da água (%)	26,58	28,93	29,39
Rendimento do Bio-óleo (%)	2,00	3,82	4,39
Rendimento da Fração não condensada (%)	18,76	25,58	30,56
Rendimento do Biocarvão (%)	52,67	41,67	35,67

Fonte: Autor (2022)

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 9 o Exp.3, realizado a 450°C, foi o que apresentou os melhores resultados em termos de rendimento de bio-óleo, biogás e teve uma redução na quantidade de biocarvão produzido. Quando comparado ao Exp.1, que tem uma diferença de 100°C entre as temperaturas programadas, a produção do bio-óleo teve um aumento de 2,39% em relação a massa inicial. O biogás produzido também apresentou um aumento no seu rendimento com o aumento da temperatura, Exp.1 o rendimento foi de 18,76%

e no Exp.3 foi de 30,56%. O biocarvão apresentou uma diminuição na sua massa produzida. Para o Exp.1 a quantidade produzida de biocarvão representou 52,67% do total de produtos, para o Exp.2 representou 41,67% e para o Exp.3 representou apenas 35,67% do total dos produtos que foram obtidos.

#### 5.4 Análises Físico-Químicas Aplicadas ao Bio-Óleo

As análises físico-químicas realizadas foram para determinar a densidade, o índice de acidez, o índice de refração e a viscosidade. A Tabela 12 traz os valores encontrados para os três experimentos e para os valores do Diesel Verde segundo a ANP na sua resolução número 842 de Maio de 2021.

Tabela 12: Análises Físico-Químicas do Bio-óleo.

Análises	Exp.1	Exp.2	Exp.3	ANP Resolução 842/2021
<b>Índice de Acidez (mg de NaOH/g de amostra)</b>	92,87	75,76	70,26	Máx. 0,30
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,026	1,028	1,031	0,7612 a 0,8065
<b>Viscosidade (mm<sup>2</sup>/s)</b>	77,62	87,54	102,62	2,00 a 4,50
<b>Índice de Refração</b>	Não detectado	Não detectado	Não detectado	----

Fonte: Autor (2022)

Os resultados encontrados para os índices de acidez nos três experimentos estão acima do estabelecido pela Resolução n° 842 de 2021 da ANP que estabelece as especificações dos parâmetros físico-químicos para o diesel verde. Porém é possível observar uma redução nesse valor com o aumento da temperatura, com uma variação de 100°C entre o Exp.1 e o Exp.3 teve-se um redução de 24,35%, evidenciando que a temperatura é uma variável capaz de influenciar o índice de acidez nessa situação.

Para a densidade temos valores maiores que o limite máximo estabelecido para o biodiesel, uma diferença de 12,15% entre o determinado pela ANP e o Exp.1, que foi o qual apresentou o valor mais próximo do fornecido na resolução. O valor da densidade se comportou de forma contrária ao índice de acidez, ou seja, com o aumento da temperatura também houve o aumento da densidade, chegando a atingir uma diferença de 12,60% entre o limite máximo e o valor encontrado para o Exp.3, o qual foi conduzido na maior temperatura de trabalho. Apesar de apresentar essa diferença no que se refere ao valor do diesel verde, os valores das

densidades estão em consonância com os valores das densidades de bio-óleos encontradas na literatura, 1,066 mg de NaOH/g de amostra para o bio-óleo obtido da casa de madeira macia (BOUCHER *et al*, 2000) e 1,066 mg de NaOH/g de amostra para o bio-óleo obtido de cachos de palma (ABNISA *et al*, 2013).

A viscosidade apresenta um comportamento similar ao comportamento da densidade, aumenta com o aumento da temperatura, variado de 77,62 para o Exp.1 até 102,62 para o Exp.3, valores elevados quando comparados com o valor máximo para o diesel verde.

### 5.5 Análise da Composição do Bio-óleo Produzido por Meio da Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massa – GC-MS.

Os grupos funcionais identificados pela cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa acoplada para o Exp.1, Exp.2 e Exp.3 estão dispostos na Tabela 13 a seguir, esses grupos estão expressos em porcentagem de área ocupada pela pico identificado.

Tabela 13: Grupos funcionais identificados pelo GC-MS para os Exp.1, Exp.2 e Exp.3.

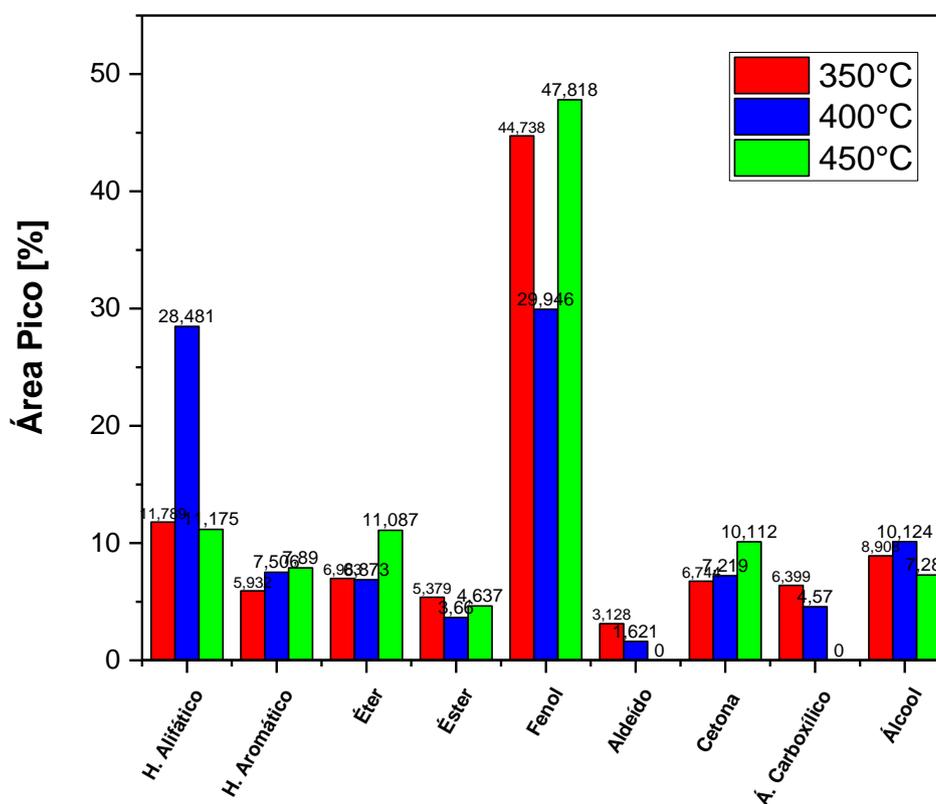
Grupo Funcional	Área dos picos (%)		
	Exp.1 (350°C)	Exp.2 (400°C)	Exp.3 (450°C)
Fenol	48,250	35,896	45,245
Hidrocarboneto Alifático	10,306	24,853	13,364
Hidrocarboneto Aromático	8,039	8,614	8,941
Éter	7,629	5,826	10,775
Cetona	6,351	7,518	5,806
Álcool	6,183	8,342	4,125
Éster	5,390	4,719	4,579
Ácido Carboxílico	4,941	2,988	6,446
Aldeído	2,911	1,244	0,718
<b>Total</b>	100	100	100

Fonte: Autor (2022)

Analisando os resultados obtidos observa-se que os compostos químicos com maior percentual médio em área total dos picos quantificados são os fenóis, seguidos dos hidrocarbonetos alifático e dos hidrocarbonetos aromáticos, que representam mais de 65% do

total dos compostos produzidos para os três experimentos. Os demais grupos funcionais identificados foram os oxigenados, a saber: éter, éster, cetona, álcool, ácido carboxílico e aldeído, onde cada um deles não apresenta um percentual médio acima de 10% do valor total. O aldeído foi o composto com menor porcentagem média de produção, variando de 2,911% no Exp.1, 1,244% no Exp.2 e 0,718% no Exp.3. Já o composto químico mais presente foi o fenol. O apêndice traz as Tabelas com os compostos identificados com seus tempos de retenção, nome do composto e percentual em área de pico quantificado ocupado. O Gráfico 1 traz a comparação entre os percentuais encontrados para cada experimento que foi realizado.

Gráfico 1: Grupos funcionais identificados para o Exp.1, Exp.2 e Exp.3 em porcentagem de área de pico.



Fonte: Autor (2022)

### 5.6 Análise da Composição do Bio-óleo Produzido a 350°C por Meio da Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massa – GC-MS

O processo de pirólise foi realizado e a fase aquosa produzida foi coletada em intervalos de tempos definidos, intervalos de 10 minutos, até o final do processo, esse material coletado

foi acondicionado em recipientes e posteriormente passaram por um processo de separação com o objetivo de separar a água o bio-óleo. A Tabela 14 mostra esses pontos de coleta, o tempo no qual ele foi coletado, bem como a quantidade de bio-óleo e água produzido em cada um deles.

Tabela 14: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.1.

<b>Ponto</b>	<b>Tempo de coleta (min)</b>	<b>T de Fundo (°C)</b>	<b>Massa de água (g)</b>	<b>Massa Bio-óleo (g)</b>	<b>Massa de Bio-óleo Acumulada</b>	<b>% de massa de Bio-óleo Acumulada</b>
<b>1</b>	60	203	878,54	14,98	14,98	2,50
<b>2</b>	70	245	1033,34	56,44	71,42	11,92
<b>3</b>	80	288	929,9	59,55	130,97	21,86
<b>4</b>	90	352	1063,01	101,99	232,96	38,89
<b>5</b>	100	393	680,96	99,98	332,94	55,58
<b>6</b>	110	408	522,45	50,28	383,22	63,97
<b>7</b>	120	405	486,18	42,29	425,51	71,03
<b>8</b>	130	390	449,84	41,56	467,07	77,97
<b>9</b>	140	373	309,44	21,98	489,05	81,64
<b>10</b>	150	356	249,19	16,09	505,14	84,32
<b>Amostra Final</b>	---	----	1371,09	93,90	599,04	100,00
<b>Total</b>	---	---	7973,94	599,04		

Fonte: Autor (2022)

A amostra final refere-se ao material que foi coletado após o resfriamento total da planta piloto juntamente com o biocarvão produzido. Para a análise do GC-MS foram utilizados do ponto coletado no tempo de 70 minutos até o ponto coletado no tempo de 150 minutos, os quais apresentam distintas temperaturas de coleta, os compostos encontrados em cada um deles foram hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, bem como compostos oxigenados, onde os fenóis foram os que apresentaram um maior percentual em área ocupada pelos picos e o pico de maior intensidade, com tempo de retenção médio de 8.466 min<sup>-1</sup>. Os percentuais para cada grupo funcional encontrado em cada ponto avaliado estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 15: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.1.

Grupo Funcional	Área dos picos (%)									
	70 Min	80 Min	90 Min	100 Min	110 Min	120 Min	130 Min	140 Min	150 Min	Média
<b>Fenol</b>	40,15	47,13	44,74	51,48	50,44	40,64	48,98	46,36	64,33	48,25
<b>Hidrocarboneto Alifático</b>	20,58	13,52	11,80	9,44	6,20	7,63	9,46	6,72	7,41	10,31
<b>Hidrocarboneto Aromático</b>	5,90	5,84	5,93	10,78	10,84	6,20	9,07	9,29	8,51	8,04
<b>Cetona</b>	3,84	6,58	6,74	3,98	6,78	10,90	6,38	5,87	6,09	6,35
<b>Éter</b>	7,29	10,43	6,98	9,93	7,74	8,11	8,61	4,21	5,37	7,63
<b>Éster</b>	5,85	5,90	5,38	6,02	4,10	5,30	3,37	7,26	5,34	5,39
<b>Álcool</b>	10,67	2,14	8,91	3,84	7,44	6,18	6,11	10,35	0	6,18
<b>Ácido Carboxílico</b>	3,70	3,59	6,40	3,34	4,20	7,52	4,45	8,34	2,95	4,94
<b>Aldeído</b>	2,00	4,87	3,13	1,21	2,26	7,54	3,59	1,61	0	2,91
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Autor (2022)

Todos os compostos identificados, os tempos de retenção e os percentuais em área dos picos estão Tabelados no Apêndice A. A temperatura de fundo refere-se a temperatura no momento da coleta dos produtos da pirólise, o ponto coletado no tempo de 90 minutos foi o qual atingiu a temperatura máxima programada no equipamento e o sistema de aquecimento foi desligado, apesar de já desligado o sistema ainda apresentou um aumento na sua temperatura, como pode ser observado para os pontos coletados no tempo de 100 e 110 minutos (Tabela 14) onde a temperatura de coleta foi de 393°C e 408°C respectivamente, do ponto coletado no tempo de 120 minutos ao ponto coletado no tempo de 150 minutos observa-se a diminuição gradual da temperatura, processo já esperado, uma vez que o sistema de aquecimento já havia sido desligado. A elevação da temperatura, mesmo com o processo de aquecimento interrompido, pode ser consequência de alguns fatores como o formato da planta, que é circular e que foi inicialmente projetada para ser utilizada apenas com materiais líquidos, precisando assim ser adaptada para receber o material de estudo que estava no estado sólido, o processo de difusão de calor dentro do material que está sofrendo a pirólise, pela forma como o sistema que aquecimento trabalha e/ou pela posição na qual o termopar responsável pela medição desta temperatura está instalado.

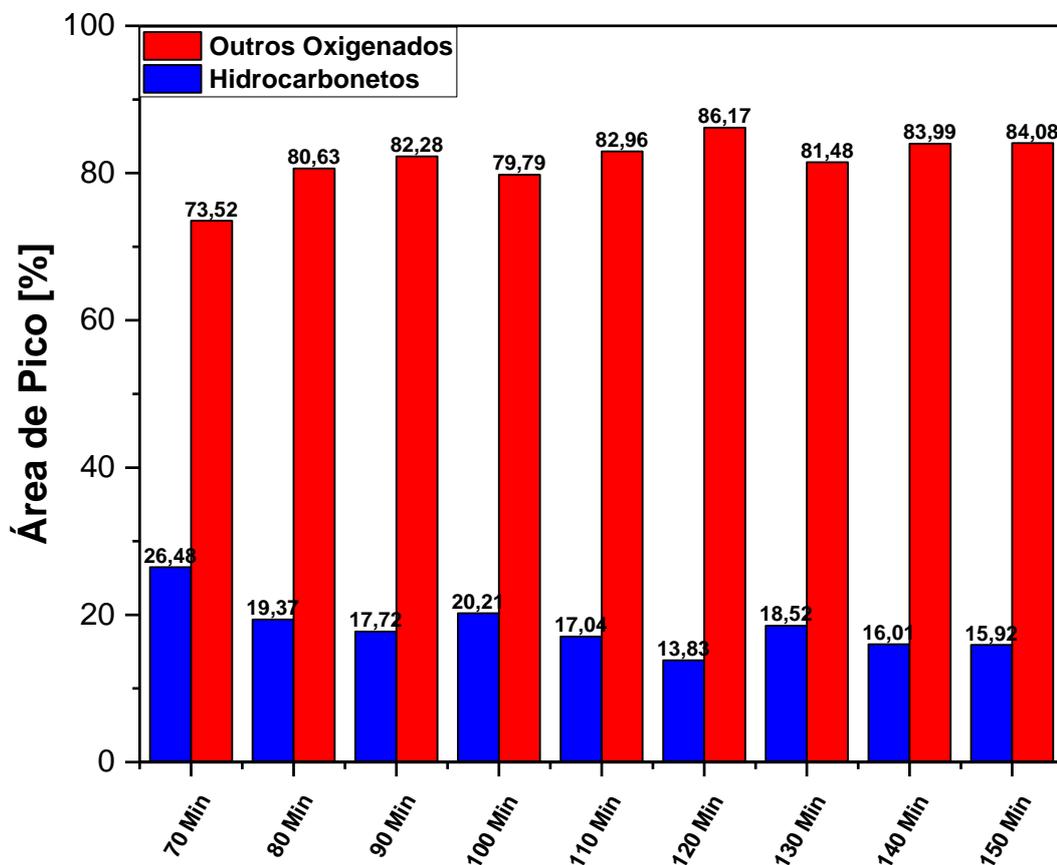
Analisando a Tabela 14 percebe-se que o ponto que apresentou o maior rendimento, considerando a massa acumulada, em termo de bio-óleo produzido foi o ponto coletado no tempo de 90 minutos (Tabela 14), observando os resultados obtidos no GC-MS para este ponto na Tabela 15, tem-se o produto majoritário os fenóis, que representou 44,738% da área dos picos, seguido pelo hidrocarbonetos alifáticos, que tiveram um valor de 11,789% em área. Observa-se também neste ponto uma alta produção de álcool, com um valor de 8,908% em área, sendo o terceiro grupo de compostos mais produzidos para este ponto quando considerado a quantidade de massa acumulada.

O ponto coletado no tempo de 100 minutos apresentou um rendimento muito próximo ao do ponto coletado no tempo de 90 minutos em termos de bio-óleo produzido, uma diferença aproximadamente 2% (Tabela 14). Assim como no ponto coletado no tempo de 90 minutos, o ponto coletado no tempo de 100 minutos apresentou como produto majoritário o fenol, representando 51,438% da área dos picos, porém o segundo grupo funcional mais presente neste ponto foram os hidrocarbonetos aromáticos, com um total de 10,776% da área, seguido pelos hidrocarbonetos alifáticos com um valor de 9,435% de área. O álcool que teve um valor de 8,908% para o ponto coletado no tempo de 90 minutos passa a ter apenas 3,838% de área no ponto coletado no tempo de 100 minutos. A temperatura de coleta para o ponto do tempo de

100 minutos é superior ao do ponto de 90 minutos. Agora comparando o ponto dos 90 minutos com o ponto coletado aos 80 minutos, que apresentou o terceiro maior rendimento em termos de bio-óleo, tem-se que o grupos funcionais mais produzidos foram os fenóis, com 47,126% em área, os hidrocarbonetos alifáticos, com 13,522% em área, e os éteres, com 10,430% em área. Esses dados mostram que quando olhados de forma separada entre os grupos funcionais, não se tem um padrão para os produtos obtidos durante a pirólise.

O gráfico 2 a seguir mostra o comparativo entre os compostos oxigenados e os hidrocarbonetos que foram produzidos para o Exp.1 para os tempos de coletas avaliados. Os compostos oxigenados constituem a maioria dos compostos que foram formados. O ponto coletado no tempo de 70 minutos foi o qual apresentou a maior quantidade de hidrocarbonetos formados, 26,48% do compostos, seguido pelo ponto coletado no tempo de 100 minutos, com 20,21%. A predominância desses compostos oxigenados ocorre em todos os pontos analisados e isso reafirma o alto índice de acidez do bio-óleo produzido, uma vez que esses compostos são os que dão o caráter ácido ao produto.

Gráfico 2: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.1.



Fonte: Autor (2022)

### 5.7 Análise da Composição do Bio-óleo Produzido a 400°C por Meio da Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massa – GC-MS

Assim como realizado para o Exp.1, o Exp.2 foi conduzido com uma temperatura programada em 400°C e a fase aquosa produzida foi coletada em intervalos de 10 minutos cada até o final do processo. Esse material foi acondicionado em recipientes adequado para posterior separação entre o a água e o bio-óleo. A Tabela 16 mostra os resultados desse experimento:

Tabela 16: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.2.

<b>Ponto</b>	<b>Tempo de coleta (min)</b>	<b>T de Fundo (°C)</b>	<b>Massa de água (g)</b>	<b>Massa Bio-óleo (g)</b>	<b>Massa de Bio-óleo acumulada</b>	<b>% de massa de Bio-óleo acumulada</b>
<b>1</b>	60	200	67,95	0	0	0
<b>2</b>	70	242	733,03	15,11	15,11	1,32
<b>3</b>	80	286	1139,34	143,74	158,85	13,85
<b>4</b>	90	327	1377,07	305,93	464,78	40,54
<b>5</b>	100	384	1135,54	147,46	612,24	53,40
<b>6</b>	110	425	570,77	77,36	689,60	60,14
<b>7</b>	120	444	648,94	84,06	773,66	67,48
<b>8</b>	130	436	359,66	38,34	812,00	70,82
<b>9</b>	140	424	393,74	53,26	865,26	75,47
<b>10</b>	150	407	267,65	31,65	896,91	78,22
<b>Amostra Final</b>	---	----	1984,54	249,66	1146,57	100
<b>Total</b>	---	---	8678,23	1146,57		

Fonte: Autor (2022)

A massa de fase aquosa obtida foi de aproximadamente 9,825 Kg, onde cerca de 90% era água e 10% bio-óleo. O ponto que apresentou maior rendimento em termo de bio-óleo produzido foi o ponto coletado no tempo de 90 minutos, com uma massa de 305,39 g, seguido pelo ponto coletado no tempo de 100 minutos, 147,74, e pelo ponto coletado no tempo de 80 minutos, 143,74, similar ao que acontece no Exp.1. A amostra final é o material que só pode ser coletada após o resfriamento do equipamento. Para a realização do GC-MS foram utilizados os pontos que foram coletados entre os tempos de 70 minutos até o de 150 minutos, os grupos funcionais identificados, em percentual, estão dispostos na Tabela 17.

Tabela 17: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.2.

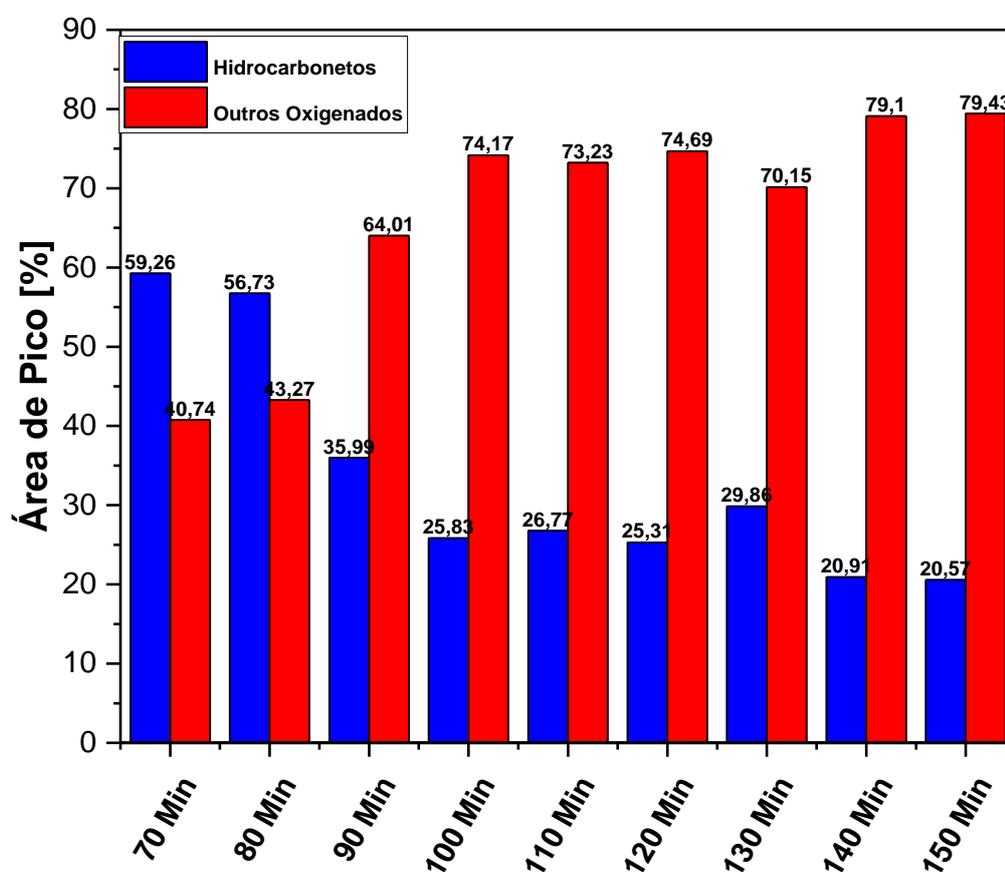
<b>Grupo Funcional</b>	<b>Área ocupada pelos picos</b>									
	70 Min	80 Min	90 Min	100 Min	110 Min	120 Min	130 Min	140 Min	150 Min	Média
<b>Hidrocarboneto Alifático</b>	50,90	49,26	28,48	15,42	17,02	16,52	18,60	12,26	15,23	24,85
<b>Hidrocarboneto Aromático</b>	8,36	7,47	7,51	10,41	9,75	8,80	11,26	8,64	5,34	8,61
<b>Éter</b>	5,65	4,14	6,87	7,20	6,90	6,68	4,77	4,41	5,82	5,83
<b>Éster</b>	2,94	4,77	3,66	4,98	2,59	8,76	4,10	6,68	3,99	4,72
<b>Fenol</b>	14,79	15,54	29,95	41,08	39,06	47,45	39,45	49,73	46,05	35,90
<b>Aldeído</b>	2,14	2,51	1,62	1,06	1,20	0	0	1,53	1,14	1,24
<b>Cetona</b>	9,52	7,56	7,22	10,36	8,54	5,46	6,84	7,51	4,66	7,52
<b>Ácido Carboxílico</b>	3,89	1,10	4,57	1,19	2,69	1,15	3,05	1,32	7,92	2,99
<b>Álcool</b>	1,81	7,66	10,12	8,31	12,26	5,19	11,93	7,94	9,85	8,34

Fonte: Autor (2022)

Os pontos coletados nos tempos de 70 e 80 minutos apresentam percentuais de produção elevados para os hidrocarbonetos alifáticos, superando os fenóis, porém nos demais tempos de coletas os compostos que mais foram produzidos foram os fenóis, o que é refletido pela média dos pontos, onde os fenóis são os que estão em maior quantidade. Em média os compostos mais presentes foram os fenóis, com 35,89% da área, os hidrocarbonetos alifáticos, com 24,85% de área, e os hidrocarbonetos aromáticos, com 8,61% de área.

O gráfico 3 a seguir mostra o comparativo entre os compostos oxigenados que foram produzidos e os hidrocarbonetos de modo geral. É possível observar que para os pontos coletados nos tempos de 70 e 80 minutos percentual de hidrocarbonetos superou o percentual de oxigenados produzidos e depois tem-se um decréscimo nessa produção.

Gráfico 3: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.2.



Fonte: Autor (2022)

Os compostos oxigenados constituem a maioria dos compostos que foram formados. O ponto coletado no tempo 70 minutos foi o qual apresentou a maior quantidade de hidrocarbonetos formados, 59,256%, do compostos, seguido pelo ponto coletado no tempo de 80 minutos, com 56,727%, nos demais pontos a quantidade de hidrocarbonetos fica abaixo dos 36%, onde a menor quantidade produzida foi no ponto coletado no tempo de 150 com um percentual de 20,57%. A predominâncias dos compostos oxigenados é notória por isso tem-se um índice de acidez de 75,76 mg de NaOH/g de amostra para o bio-óleo obtido neste experimento.

### **5.8 Análise da Composição do Bio-óleo Produzido a 450°C por Meio da Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massa – GC-MS**

A Tabela 18 traz os dados dos pontos de coleta realizado para o Exp.3, as coletas foram feitas em intervalos de tempo definidos, a cada 10 minutos um coleta era realizada, onde a primeira coleta foi feita após o começo do processo de pirólise.

Tabela 18: Dados das coleta realizadas para os pontos do Exp.3.

<b>Ponto</b>	<b>Tempo de coleta (min)</b>	<b>T de Fundo (°C)</b>	<b>Massa de água (g)</b>	<b>Massa Bio-óleo (g)</b>	<b>Massa de Bio-óleo acumulada</b>	<b>% de massa de Bio-óleo acumulada</b>
<b>1</b>	60	219	635,23	7,64	7,64	0,58
<b>2</b>	70	259	1095,98	69,02	76,66	5,82
<b>3</b>	80	310	1211,39	153,61	230,27	17,49
<b>4</b>	90	373	744,55	220,45	450,72	34,24
<b>5</b>	100	409	621,70	200,30	651,02	49,45
<b>6</b>	110	456	608,27	186,73	837,75	63,64
<b>7</b>	120	463	521,90	100,10	937,85	71,24
<b>8</b>	130	347	439,63	75,37	1013,22	76,97
<b>9</b>	140	420	428,07	59,93	1073,15	81,52
<b>10</b>	150	402	232,92	55,08	1128,23	85,70
<b>Amostra Final</b>	---	----	2276,77	188,23	1316,46	100,00
<b>Total</b>	---	---	8816,41	1316,42		

Fonte: Autor (2022)

Para este experimento a temperatura máxima programada foi de 450 °C, mas como pode-se observar no ponto coletado no tempo de 120 minutos a temperatura atingiu a marca de 463°C, mesmo com o sistema de aquecimento já desligado – o sistema que aquecimento foi desligado no ponto coletado no tempo de 110 minutos, quando este atingiu a temperatura programada – o que ressalta que o processo de difusão de calor pelo material não ocorre de forma uniforme, além disso o aquecimento da planta é feito paredes do reator, já o termopar que monitora a temperatura interna do equipamento está posicionado no centro do reator, por isso tem-se uma temperatura final programada diferente da temperatura máxima atingida para todos os experimentos que foram realizados.

O ponto que apresentou maior rendimento, em termos de bio-óleo produzido, foi o ponto coletado no tempo de 90 minutos, com um total de 220,43 gramas. Para o Exp.1 e para o Exp.2 o ponto coletado no tempo de 90 minutos também foi o que apresentou o maior rendimento em termos de bio-óleo produzido, onde a temperatura de saída foi de 352°C, 327°C e 373°C para

o Exp.1, Exp.2 e Exp.3 respectivamente. A Tabela a seguir mostra esse comparativo entre os pontos que tiveram um melhor rendimento de bio-óleo para os três procedimentos que foram realizados:

Tabela 19: Ponto 4 do Exp.1, Exp.2 e Exp.3.

<b>Experimento</b>	<b>Tempo de coleta (min)</b>	<b>T de Fundo (°C)</b>	<b>Massa de água (g)</b>	<b>Massa Bio- óleo (g)</b>
<b>Exp.1</b>	90	352	1063,01	101,99
<b>Exp.2</b>	90	327	1377,07	305,93
<b>Exp.3</b>	90	373	744,55	220,45

Fonte: Autor (2022)

A Tabela 20 abaixo, mostra o percentual de cada grupo funcional que foi identificado para o Exp.3. Para a realização da cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa foram utilizados os pontos coletados entre os tempos de 70 e 150 minutos com exceção dos pontos que foram coletados no tempos de 120 minutos e 140 minutos. Novamente tem-se os fenóis como grupo predominante, onde os picos de maior intensidade possuíam um tempo de retenção médio de  $8.450 \text{ min}^{-1}$ . Esses fenóis chegaram a representar aproximadamente 55,7% do picos identificados. O segundo grupo mais presente dentre os picos identificados, em média, foi o dos hidrocarbonetos alifáticos, com 13,37% dos picos. O terceiro grupo mais expressivo foi o dos éteres, que representou, em média, 10,78% dos picos.

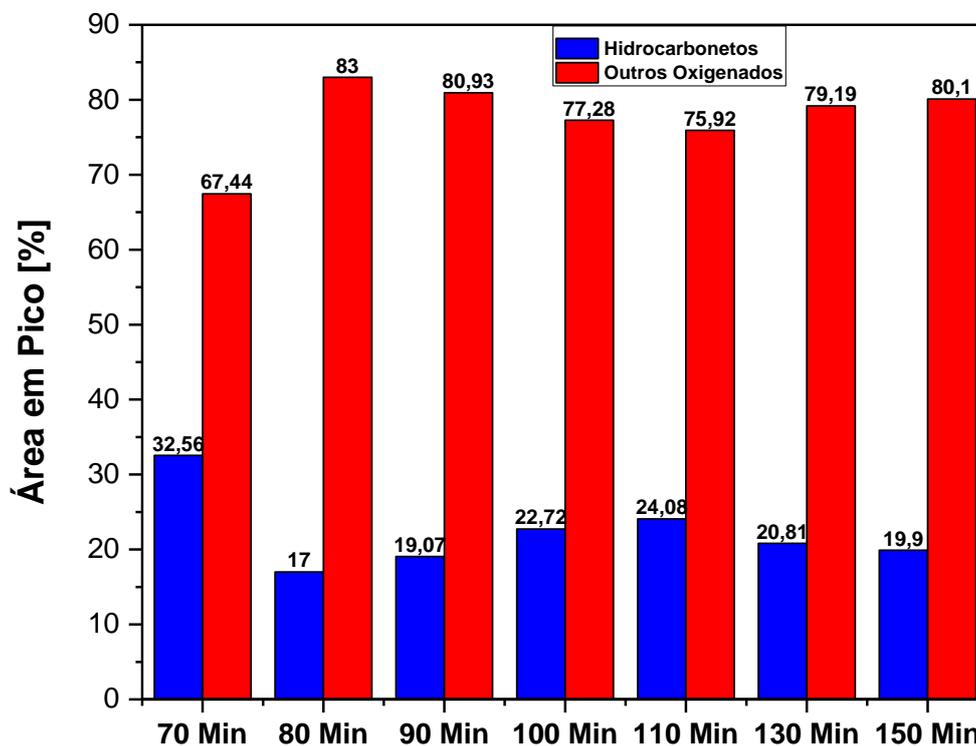
O gráfico 4 mostra a quantidade de hidrocarbonetos e de compostos oxigenados que foram identificados para cada ponto analisado. O ponto coletado no tempo de 70 minutos foi o qual mais se destacou em termos de produção de hidrocarbonetos, apesar disso a quantidade de outros oxigenados ainda é muito expressiva, o que justifica o alto índice de acidez, quando comparado com o que norma estabelece para produtos biocombustíveis.

Tabela 20: Grupos funcionais identificados por meio do GC-MS para o Exp.3.

Grupo Funcional	Área ocupada pelos picos							
	70 Min	80 Min	90 Min	100 Min	110 Min	130 Min	150 Min	Média
<b>Hidrocarboneto Alifático</b>	22,64	12,75	11,175	12,89	13,70	10,53	9,86	13,36
<b>Hidrocarboneto Aromático</b>	9,91	4,26	7,89	9,83	10,38	10,28	10,04	8,94
<b>Éter</b>	12,82	15,04	11,087	11,17	9,97	8,65	6,66	10,77
<b>Éster</b>	4,20	3,86	4,637	4,66	6,68	3,96	4,07	4,58
<b>Fenol</b>	26,56	49,81	47,818	45,30	40,25	51,28	55,69	45,25
<b>Aldeído</b>	3,94	0	0	1,08	0	0	0	0,72
<b>Cetona</b>	3,08	9,398	10,11	3,48	6,61	4,43	3,53	5,81
<b>Ácido Carboxílico</b>	8,16	0	0	8,39	9,18	10,87	8,52	6,45
<b>Álcool</b>	8,67	4,865	7,28	3,20	3,24	0	1,63	4,13

Fonte: Autor (2022)

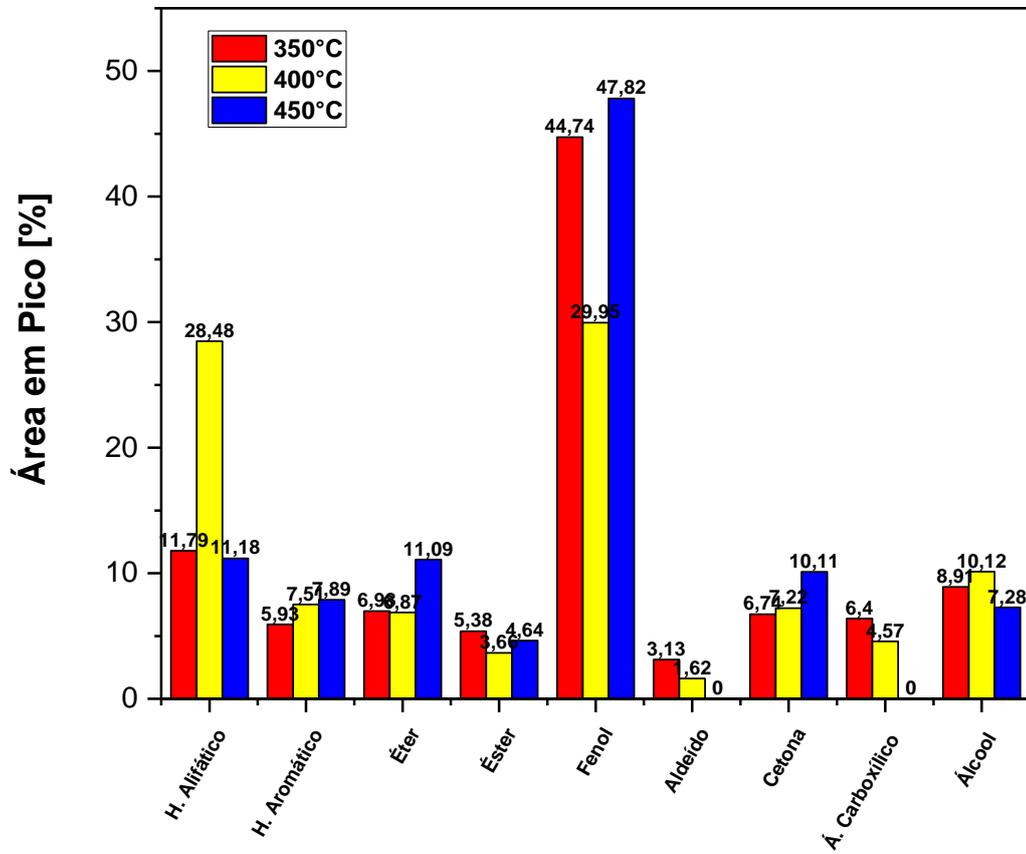
Gráfico 4: Hidrocarbonetos e compostos oxigenados encontrados no Exp.3.



Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 5 a seguir é um comparativo entre os pontos 4 dos três experimentos realizados, esses pontos foram os quais apresentaram a maior massa na quantidade de bio-óleo produzido. É notório que não há um padrão de produção para os produtos obtidos, porém o fenol foi o grupo funcional com maior percentual de produção.

Gráfico 5: Grupos funcionais identificados para os pontos coletados no tempo de 90 minutos dos Exp.1, Exp.2 e Exp.3



Fonte: Autor (2022)

## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos durante a realização deste trabalho que buscou investigar a composição do bio-óleo proveniente dos caroços de açaí em escala piloto é possível concluir que:

A quantidade de água encontrada nos caroços de açaí e o rendimento da etapa de pré-tratamento desses caroços demonstram que essa etapa é importante para o processo de pirólise, pois assim reduz os desperdícios de energia no momento da pirólise. Na caracterização física dos caroços, umidade, teor de voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo e poder calorífico superior, os resultados encontrados mostraram-se de acordo com os dados disponíveis na literatura, apresentando uma viabilidade de aproveitamento do resíduo para o uso no processo de pirólise.

Com o aumento da temperatura de processo houve o favorecimento da produção do Bio-óleo e do biogás, já para a biocarvão houve a diminuição na sua massa produzida, assim, o aumento da temperatura, para este material, favorece a produção das fases líquidas e gasosas e desfavorece a produção da fase sólida, mostrando assim que a Temperatura é uma variável que influencia de forma não linear no rendimento do processo.

As análises físico-químicas aplicadas ao Bio-óleo produzido mostraram-se em conformidade com os resultados descritos na literatura para este mesmo tipo de material. O aumento da temperatura reduziu a acidez do bio-óleo e aumentou a viscosidade e a densidade.

O ponto coletado no tempo de 90 minutos para os três experimentos foi o qual apresentou, para os três procedimentos experimentais, o maior rendimento em termos de massa de bio-óleo coletada.

A análise cromatográfica mostrou que o composto com maior percentual de área de picos foi o fenol, onde o tempo de retenção médio foi de  $8.466 \text{ min}^{-1}$  independente da temperatura programada. O Exp.2 foi o qual apresentou o maior rendimento em termos de hidrocarbonetos aromáticos e o menor rendimento para fenóis, demonstrando assim que não há um comportamento linear com a mudança de temperatura, ou seja, a temperatura é uma variável que influencia de forma não linear na composição dos produtos obtidos para os experimentos que foram realizados.

Assim, com a atual situação da matriz energética mundial, onde a procura por novas matérias-primas para a produção de combustíveis é imediata, os resultados encontrados neste

trabalho mostram que a utilização de biomassas lignocelulósicas são uma alternativa para a utilização na produção de biocombustíveis, comprovando a importância desse estudo, além de que esse processo auxilia na correta destinação dos resíduos sólidos que são gerados durante o processo de despolpamento do açai.

Sugestão para trabalhos futuros é a utilização de catalisadores para a tentativa de reduzir os parâmetros físico-químicos do bio-óleo obtido e tentar favorecer o rendimento para os produtos de interesse da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNISA F.; ARAMI-NIYA A.; WAN DAUD, W. M. A.; SAHU, J. N.. Characterization of bio-oil and bio-char from pyrolysis of palm oil wastes. **Bioenergy. Res.**, (2013) ;6:830–40. <http://dx.doi.org/10.1007/s12155-013-9313-8>.

AÇAÍ – Caroço soterra lixões, mas pode ir para indústrias de cosmético e ração. 2019. Disponível em: <https://ver-o-fato.com.br/acai-caroco-soterra-lixoes-mas-pode-ir-para-industrias-de-cosmetico-e-racao/>. Acesso em: 12 nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (Brasil). Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 ago. 2014.

ALMEIDA, Hélio da Silva. **PRODUÇÃO DE BIOCMBUSTÍVEIS VIA CRAQUEAMENTO TÉRMICO-CATALÍTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CAIXAS DE GORDURA COM CARBONATO DE SÓDIO E LAMA VERMELHA ATIVADA TERMICAMENTE**.2015. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Recursos Naturais., Universidade Federal do Para, Belém, 2015.

ALMEIDA, Marlon Brando Bezerra de. **Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana-de-açúcar e seu co-processamento com gasóleo em craqueamento catalítico**. 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ANP. (2021). **Resolução ANP Nº 842**, de 14 de Maio de 2021. Estabelece a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializem em território nacional, Rio de Janeiro. Fonte: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-842-de-14-de-maio-de-2021-320059616>

BASU, Prabir. Pyrolysis and Torrefaction. **Biomass Gasification Design Handbook**, [S.L.], p. 65-96, 2010. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-374988-8.00003-9>.

BEZERRA, Valeria Saldanha; FREITAS-SILVA, Otniel; DAMASCENO, Leandro Fernandes. Açaí: produção de frutos, mercado e consumo. In: II JORNADA CIENTIFICA, 2., 2016, Pará. **Resumo [...]**. [S.I.]: Embrapa, 2016. p. 19-19.

BOUCHER, M. E; CHAALA, A; ROY, C. Bio-oils obtained by vacuum pyrolysis of softwood bark as a liquid fuel for gas turbines. Part I: Properties of bio-oil and its blends with metanol and a pyrolytic aqueous phase. **Biomass Bioenergy**. v. 19:337–50, 2000.

BRASIL, Ministério Da Economia. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE**. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/assuntos/atuacao-internacional/cooperacao-internacional/ocde#:~:text=%EF%BB%BFMembros%20da%20OCDE,Pol%C3%B4nia%2C%20Portugal%20e%20Reino%20Unido..> Acesso em: 16 out. 2020.

BUSSADORI, Helena Sarino. FONTES DE ENERGIA E IMPACTOS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA. **Revista Resgates**, São Paulo, p. 105-124, dez. 2019.

BUSSMANN, Rainer W.; ZAMBRANA, Narel Y. Paniagua. Facing global markets – usage changes in Western Amazonian plants: the example of *Euterpe precatoria* Mart. and *E. oleracea* Mart. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, [S.I.], v. 81, n. 4, p. 1-5, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5586/asbp.2012.032>.

CARVALHO, Ana Paula Campos de; FERREIRA, Rafael Lopes. A utilização de biocombustíveis como alternativa sustentável na matriz energética brasileira. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**. [S.I.], p. 139-157. ago. 2014.

CASTRO, Douglas Alberto Rocha de. **ESTUDO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE SEMENTES DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**. 2019. 291 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, ITEC, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

CASTRO, Nivalde J de; DANTAS, Guilherme de A. **Políticas públicas para redes inteligentes**. Rio de Janeiro: Pubit, 2016. 368 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Grupo de Estudos do Setor Elétrico-GESEL.

Cetesb-SP (org.). **BIOGAS: as 4 gerações de biocombustíveis**. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/11/07/as-4-geracoes-de-biocombustiveis/>. Acesso em: 01 nov. 2020.

CHEN, Hongyan; LIU, Jinbao; CHANG, Xing; CHEN, Daming; XUE, Yuan; LIU, Ping; LIN, Hualin; HAN, Sheng. A review on the pretreatment of lignocellulose for high-value

chemicals. **Fuel Processing Technology**, [S.L.], v. 160, p. 196-206, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.12.007>.

CORDEIRO, Márcio de Andrade. **ESTUDO DA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe oleraceae* Mart) PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

CORREA, Onésimo Amorim. **PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS EM DIFERENTES ESCALAS VIA CRAQUEAMENTO TÉRMICO CATALÍTICO DE RESÍDUOS DE CAIXA DE GORDURA COM CATALISADOR  $\text{Na}_2\text{CO}_3$** . 2015. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, PPGITEC, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

COSTA, Ângela Oliveira da. **A Inserção do Biodiesel na Matriz Energética Nacional: Aspectos Socioeconômicos, Ambientais e Institucionais**. 2017. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Planejamento Energético, UFRJ/ COPPE, Rio de Janeiro, 2017.

DEMIRBAS, A. Competitive liquid biofuels from biomass. **Applied Energy**, v. 88, p. 17-28, 2011.

EID, Janaina Guedes. **ESTUDO DA APLICAÇÃO DA LAMA VERMELHA COMO CATALISADOR NA REAÇÃO DE CRAQUEAMENTO TÉRMICO CATALÍTICO DE RESÍDUOS DE CAIXAS DE GORDURA**. 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

FADDEN, Joana Mac. **A PRODUÇÃO DE AÇAÍ A PARTIR DO PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO PALMITEIRO (*Euterpe edulis* Martius) NA MATA ATLÂNTICA**. 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, 2005.

FERREIRA, Caio Campos. **ESTUDO SISTEMÁTICO DO PROCESSO PARA OBTENÇÃO E DESACIDIFICAÇÃO DAS FRAÇÕES DE GASOLINA VERDE, QUEROSENE VERDE E DIESEL VERDE VIA DESTILAÇÃO FRACIONADA**. 2016. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

FONTES de Energia Renováveis: Tudo o que você precisa saber. 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-renovaveis.html#:~:text=Fontes%20de%20energia%20renov%C3%A1veis%20s%C3%A3o,e%20a%20biomassa%20como%20combust%C3%ADvel..> Acesso em: 27 out. 2020.

GADOTTI, Amanda; ROSALIN, João Paulo. A expansão do macrossistema elétrico e a cogeração de energia elétrica por biomassa. In: XVIII ENANPUR, 18., 2019, Natal. **Anais [...]**. [S.I.]: [S.I.], 2019. p. 1-16. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Joao\\_Rosalin/publication/337771931\\_A\\_expansao\\_do\\_macrossistema\\_eletrico\\_e\\_a\\_cogerao\\_de\\_energia\\_eletrica\\_por\\_biomassa/links/5de945a092851c83646551bc/A-expansao-do-macrossistema-eletrico-e-a-cogerao-de-energia-eletrica-por-biomassa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Rosalin/publication/337771931_A_expansao_do_macrossistema_eletrico_e_a_cogerao_de_energia_eletrica_por_biomassa/links/5de945a092851c83646551bc/A-expansao-do-macrossistema-eletrico-e-a-cogerao-de-energia-eletrica-por-biomassa.pdf). Acesso em: 01 nov. 2020.

GONZÁLEZ, Emily *et al.* La matriz energética global y sus tendencias. In: I CONGRESO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA – CABER 2017, 1., 2017, Lima-Peru. **Poster**. Lima-Peru: 2017. p. 1-1.

KIM, Daehwan. Physico-Chemical Conversion of Lignocellulose: inhibitor effects and detoxification strategies. **Molecules**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 309-329, 1 fev. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23020309>.

LUCIANO, Weldon. **Cresce produção de açaí no Pará; Óbidos é líder na região**. 2017. Disponível em: <https://www.oestadonet.com.br/noticia/13485/cresce-producao-de-acai-no-para-obidos-e-lider-na-regiao/>. Acesso em: 12 nov. 2020.

MACHADO, Nélio Teixeira; C. NETO, A. M. J.; GAFFO, L.; BORGES, R. S.; RAMALHO, Teodorico C.; SILVA, L. G.. Molecular Dynamics of Film Formation of Metal Tetrasulfonated Phthalocyanine and Poly Amidoamine Dendrimers. **Journal Of Nanomaterials**, [S.L.], v. 2013, p. 1-7, 2013. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/816285>.

MANCIO, Andreia de Andrade. **Produção, Fracionamento e desacidificação de biocombustíveis obtidos via craqueamento térmico catalítico de óleos vegetais**. 2015. 325 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Recursos Naturais., Universidade Federal do Para, Belém, 2015.

MARTINOT, Jan Feldmann; PEREIRA, Henrique dos Santos; SILVA, Suzy Cristina Pedroza da. Coletar ou Cultivar: as escolhas dos produtores de açaí-da-mata (euterpe precatoria) do amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.L.], v. 55, n. 4, p. 751-766, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550408>.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira- Ano base 2019:** oferta e demanda de energia, instalações energéticas, energia no mundo. Brasil: Secretária de Planejamento e Desenvolvimento Energético, 2020. 32 p. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/78404/0/Resenha+Energ%C3%A9tica+Exerc%C3%ADcio+2019\\_DIE\\_SPE\\_MME.pdf/f08616e4-ab88-749d-b24f-546313f4d0c0#:~:text=Em%202019%2C%20o%20Brasil%20aumentou,\)%20em%204%2C9%25.&text=Na%20soma%20de%20petr%C3%B3leo%20e,g%C3%A1s%20natural%20e%20energia%20el%C3%A9trica..](http://www.mme.gov.br/documents/78404/0/Resenha+Energ%C3%A9tica+Exerc%C3%ADcio+2019_DIE_SPE_MME.pdf/f08616e4-ab88-749d-b24f-546313f4d0c0#:~:text=Em%202019%2C%20o%20Brasil%20aumentou,)%20em%204%2C9%25.&text=Na%20soma%20de%20petr%C3%B3leo%20e,g%C3%A1s%20natural%20e%20energia%20el%C3%A9trica..) Acesso em: 12 nov. 2020.

MOTA, F. A. S. *et al.* PIRÓLISE DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA: uma revisão. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 2511-2525, 3 dez. 2015. Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual. <http://dx.doi.org/10.7198/s2237-0722201500040003>.

MOTA, S. A. P. **Craqueamento Termo-catalítico de óleos vegetais em diferentes escalas de produção.** 2013. 332 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais). Universidade de Federal do Pará. Belém. 2013.

NASCIMENTO, Deivisson Mira do; NASCIMENTO, João Vitor de Cerqueira; MARQUES, Jeidson. **A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.** 2020. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56286197/A\\_Energia\\_Eolica\\_no\\_Brasil.pdf?1523372471=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA\\_ENERGIA\\_EOLICA\\_NO\\_BRASIL.pdf&Expires=1603629875&Signature=aVfyaZB8UM~HCgfy8zMhLp2fzPSKU9GeLed1JEpGLIjsXzq1DAQM8WDjbjQzc9wiCwis8kEul4BXlSyHYlsIQgJxgaN8yxusYIVz38kpok8H8yAwo779x9FFKGwUmVbG8hG4c0EF6l4QS8LE-RiSs9xpLEaDQPrOGYYITzYDHBOW19mzUUYjs5AVfbGoo6N-DRGThVzf2YAbFRw1eYDxILc9TQGuBt1-7dldvVi77OfddR3~9e0ACKIQ7L3w31JFpL0H116DoMXH4NoPEtwLqhdJPRnJXnCJMwB3kLU9-PVMdWxz6xx6YfRmWfRoKE1kLijdDzoKSuB7GjuYUjbw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56286197/A_Energia_Eolica_no_Brasil.pdf?1523372471=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_ENERGIA_EOLICA_NO_BRASIL.pdf&Expires=1603629875&Signature=aVfyaZB8UM~HCgfy8zMhLp2fzPSKU9GeLed1JEpGLIjsXzq1DAQM8WDjbjQzc9wiCwis8kEul4BXlSyHYlsIQgJxgaN8yxusYIVz38kpok8H8yAwo779x9FFKGwUmVbG8hG4c0EF6l4QS8LE-RiSs9xpLEaDQPrOGYYITzYDHBOW19mzUUYjs5AVfbGoo6N-DRGThVzf2YAbFRw1eYDxILc9TQGuBt1-7dldvVi77OfddR3~9e0ACKIQ7L3w31JFpL0H116DoMXH4NoPEtwLqhdJPRnJXnCJMwB3kLU9-PVMdWxz6xx6YfRmWfRoKE1kLijdDzoKSuB7GjuYUjbw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em: 25 out. 2020.

NAGAISHI, Thais Yuri Rodrigues. **Açaí (Euterpe oleracea mart): extrativismo, características, energia e renda em uma comunidade na Ilha de Marajó/ Pa.** 2015. 115 f.:

il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia 2007.

NEVES, Marcelo Moraes; PENA, Heriberto Wagner Amanajás; PABLO. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO E A GESTÃO FINANCEIRA DO CULTIVO DA AÇAÍ NO ESTADO DO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL. **Revista Acadêmica de Economia**, [S.I.], v. 198, n. 1, p. 1-29, jun. 2014. Observatório de la Economía Latinoamericana. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/cultivo-azai.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, v. 1, n. 149, p. 4-11, out. 2006.

PALMEIRA Açaí. 2018. Vivo Plantas. Disponível em: <https://vivoplantas.com.br/produto/palmeira-acai/>. Acesso em: 12 nov. 2020.

PEREIRA, Anderson Mathias. **ESTUDO DO PROCESSO DE CRAQUEAMENTO TÉRMICO CATALÍTICO DO SEBO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL**. 2017. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Proderna/itec., Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

PLANAS, Oriol. **AS 4 GERAÇÕES DIFERENTES DE BIOCOMBUSTÍVEIS**. 2018. ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/energias-nao-renovaveis/biocombustiveis/geracoes#:~:text=Enquanto%20os%20biocombust%3%ADveis%20de%20primeira,destinadas%20a%20alimentos%2C%20mas%20j%C3%A1>. Acesso em: 01 nov. 2020.

PRADO, C. M. R.; FILHO, N. R. A. Production and characterization of the biofuels obtaneid by thermal cracking and thermal catalytic cracking oj vegetable oils. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, v. 87. p. 338-347, 2009.

RAMBO, Magale Karine Diel. **Caracterização de resíduos lignocelulósicos por espectroscopia NIR aliada à quimiometria para a obtenção de insumos químicos**. 2013. 157 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP.

RIBEIRO, E. B. O. **O estudo da desoxigenação do produto de craqueamento catalítico de óleo de mamona (*Ricinus communis*) na presença de diversos catalisadores.** 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ROSA, R. Embrapa. **Multimídia: Banco de Imagens.** 2017. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3846004/manejo-de-acaizal-nativo>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SANTOS, Guilherme Henrique Fávero; NASCIMENTO, Raphael Santos do; ALVES, Geziele Mucio. BIOMASSA COMO ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL. **Revista Uningá Review**, [S.I.], v. 29, n. 2, p. 06-13, jan. 2017.

SEYE, O.; Souza, R. C. R.; Bacellar, A. A.; Morais, M. R. Caracterização do caroço de açaí como insumo para geração de eletricidade via gaseificação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 7, 2008. **Anais...** Fortaleza, 2008.

SILVA, Auriane da Conceição Dutra da *et al.* Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances In Forestry Science**, Cuiabá, v. 4, n. 4, p. 151-156, dez. 2017.

SMITH, J M; VAN NESS, H C; ABBOUT, M M. **Introdução a Termodinâmica da engenharia Química.** 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007. 626 p.

SOUZA, Anna Carolina de Oliveira. **ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO, ESTABILIDADE E COMPONENTES DE UM CONSÓRCIO BACTERIANO DESCONSTRUTOR DE LIGNOCELULOSE.** 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Microbiologia Agropecuária., Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2019.

STEFANINI, T. F. **Aspectos fisiológicos do fruto de açaí sob armazenamento refrigerado.** Dissertação. UFScar. 2010.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas implicações da catálise na Oleoquímica. **Química Nova**. v. 30, n 3, p. 667-676, 2007.

TAGORE, Márcia de Pádua Bastos; CANTO, Otávio do; VASCONCELLOS SOBRINHO, Mário. Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do pronaf

para produção do açaí. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 45, p. 194-214, 30 abr. 2018. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v45i0.51585>.

VIEIRA, Gláucia Eliza Gama *et al.* Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 167-177, jul. 2014.

WIGGERS, Vinicyus Rodolfo. **Produção de biocombustíveis por craqueamento térmico de óleos e gorduras**. 2007. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

YANG XU-LAI; QIANG, L.; ZHUXI-FENG. Analysis on chemical and physical properties of bio-oil pyrolyzed from rice husk. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. 82 (2007) 191-198.

YOKOTA, Decio Horita. **Ficheiro**: Despolpadeira de açaí.jpg. 2004. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Despolpadeira\\_de\\_a%C3%A7ai.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Despolpadeira_de_a%C3%A7ai.jpg). Acesso em: 12 nov. 2020.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.3

Tabela 21: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.3.

Ponto 2						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.883	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,433	Cetona
2	8.161	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,843	Aldeído
3	8.470	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	5,257	Fenol
4	8.790	Benzene, 1,2,3-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,613	Hidrocarboneto Aromático
5	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,107	Éter
6	9.553	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,097	Cetona
7	9.818	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,218	Fenol
8	9.918	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,81	Fenol
9	10.200	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,707	Fenol
10	10.322	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	1,013	Éter
11	10.446	Mequinol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	1,786	Fenol
12	10.471	3-Cyclohexen-1-carboxaldehyde, 3-methyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	2,301	Aldeído
13	10.621	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	1,364	Hidrocarboneto Alifático
14	10.677	Cyclohexane, (1-methylethylidene)-	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub>	124	0,900	Hidrocarboneto Alifático
15	10.804	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,355	Fenol
16	10.877	Benzofuran, 2-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,775	Éter
17	11.469	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,178	Fenol
18	11.501	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,566	Fenol
19	11.597	1H-Indene, 3-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	1,282	Hidrocarboneto Aromático

20	11.666	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	2,022	Hidrocarboneto Aromático
21	11.821	3,5-Heptadien-2-ol, 2,6-dimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	140	2,534	Álcool
22	11.941	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,74	Éter
23	12.161	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	2,002	Hidrocarboneto Alifático
24	12.210	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,943	Fenol
25	12.261	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,737	Hidrocarboneto Alifático
26	12.297	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	1,399	Hidrocarboneto Alifático
27	12.530	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,413	Éter
28	12.654	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,807	Éter
29	12.699	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,83	Éter
30	12.770	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,798	Aldeído
31	12.930	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,948	Fenol
32	13.336	Benzene, hexyl	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	1,411	Hidrocarboneto Aromático
33	13.438	Furan, 2,2'-methylenebis[5-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	176	2,136	Éter
34	13.572	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,795	Fenol
35	13.746	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	2,461	Hidrocarboneto Alifático
36	13.870	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	3,44	Hidrocarboneto Alifático
37	14.046	Naphthalene, 1-(2-hydroxypropyl	C <sub>13</sub> H <sub>14</sub> O	186	1,309	Hidrocarboneto Aromático
38	14.156	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,864	Cetona
39	14.198	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,653	Hidrocarboneto Aromático
40	14.295	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	2,034	Álcool
41	14.783	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,736	Álcool
42	14.918	Benzene, heptyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,263	Hidrocarboneto Aromático
43	14.977	1-Methyl-4-n-hexylbenzene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,670	Hidrocarboneto Aromático
44	15.237	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,048	Hidrocarboneto Alifático
45	15.348	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,936	Hidrocarboneto Alifático
46	16.188	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,842	Álcool
47	16.398	Benzene, octyl-	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub>	190	0,691	Hidrocarboneto Aromático

48	16.642	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,561	Hidrocarboneto Alifático
49	16.745	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	2,387	Hidrocarboneto Alifático
50	17.049	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,266	Éster
51	17.630	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	2,095	Ácido Carboxílico
52	17.973	2-Tridecanol	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> O	200	0,780	Álcool
53	18.066	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	0,459	Hidrocarboneto Alifático
54	18.220	Benzenemethanol, α-phenyl-, acetate	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	226	0,591	Éster
55	19.065	2-Methyl-Z-7-hexadecene	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	0,522	Hidrocarboneto Alifático
56	19.130	3-Heptadecene, (Z)-	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	1,041	Hidrocarboneto Alifático
57	19.242	1-Hexadecanol, 2-methyl	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0,746	Álcool
58	19.326	Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	1,387	Hidrocarboneto Alifático
59	19.618	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	2,343	Éster
60	20.447	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	1,59	Ácido Carboxílico
61	20.539	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	2,358	Ácido Carboxílico
62	20.599	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	0,888	Ácido Carboxílico
63	21.778	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268	0,69	Cetona
64	22.021	Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	1,229	Ácido Carboxílico
				Total	100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 22: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.3.

Ponto 3						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.887	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	2,968	Cetona
2	8.474	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	13,025	Fenol
3	9.825	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	7,470	Fenol
4	10.207	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	11,787	Fenol
5	10.451	Phenol, 2-methoxy	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,696	Fenol
6	10.471	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	3,980	Cetona
7	10.883	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	3,164	Éter
8	11.474	Phenol, 2,4-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,436	Fenol
9	11.507	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,961	Fenol
10	11.945	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	4,999	Éter
11	12.262	1H-Indene, 1-methylene-	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,307	Hidrocarboneto Aromático
12	12.703	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	3,074	Éter
13	13.442	Furan, 2,2'-methylenebis[5-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	176	3,827	Éter
14	13.575	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	7,433	Fenol
15	13.749	Cyclododecane	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	4,605	Hidrocarboneto Alifático
16	13.872	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	4,904	Hidrocarboneto Alifático
17	14.049	Naphthalene, 2-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,952	Hidrocarboneto Aromático
18	14.298	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	4,865	Álcool
19	16.746	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	3,239	Hidrocarboneto Alifático
20	19.328	2-Pentadecanone	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226	2,450	Cetona
21	19.622	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	3,858	Éster
				Soma	100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 23: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.3.

Ponto 4						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.881	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	3,121	Cetona
2	8.469	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	14,097	Fenol
3	9.822	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,575	Fenol
4	10.203	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	11,964	Fenol
5	10.449	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,5-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	6,991	Cetona
6	10.881	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	2,765	Éter
7	11.473	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,164	Fenol
8	11.505	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,368	Fenol
9	11.944	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	4,734	Éter
10	12.211	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	3,268	Fenol
11	12.263	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	4,717	Hidrocarboneto Aromático
12	12.701	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	3,588	Éter
13	13.440	Megastigma-4,6(Z),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	3,413	Hidrocarboneto Alifático
14	13.573	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	6,382	Fenol
15	13.747	1H-Inden-2-ol, 2,3-dihydro-1-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,767	Álcool
16	13.870	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	4,497	Hidrocarboneto Alifático
17	14.048	Naphthalene, 2-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	3,173	Hidrocarboneto Aromático
18	14.298	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	4,514	Álcool
19	16.745	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	3,265	Hidrocarboneto Alifático
20	19.620	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	4,637	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 24: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.3.

Ponto 5						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.883	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,164	Cetona
2	8.466	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	10,639	Fenol
3	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,613	Éter
4	9.548	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,427	Cetona
5	9.816	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,877	Fenol
6	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	9,536	Fenol
7	10.444	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	4,145	Fenol
8	10.620	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	1,123	Hidrocarboneto Alifático
9	10.802	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,613	Fenol
10	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,784	Éter
11	11.467	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,776	Fenol
12	11.500	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,294	Fenol
13	11.820	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,291	Fenol
14	11.941	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,982	Éter
15	12.160	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	1,703	Álcool
16	12.208	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,498	Fenol
17	12.259	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	3,018	Hidrocarboneto Aromático
18	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,576	Éter
19	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,999	Éter
20	12.697	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	2,216	Éter
21	13.335	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	1,875	Hidrocarboneto Alifático
22	13.439	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,881	Hidrocarboneto Alifático
23	13.569	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,635	Fenol

24	13.746	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,850	Hidrocarboneto Alifático
25	13.868	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	2,334	Hidrocarboneto Alifático
26	14.041	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,758	Hidrocarboneto Aromático
27	14.155	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,889	Cetona
28	14.294	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,738	Hidrocarboneto Aromático
29	14.917	Benzene, heptyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,321	Hidrocarboneto Aromático
30	15.346	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,798	Hidrocarboneto Alifático
31	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	0,965	Hidrocarboneto Alifático
32	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	2,065	Hidrocarboneto Alifático
33	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,864	Éster
34	17.645	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	3,541	Ácido Carboxílico
35	18.215	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	0,994	Hidrocarboneto Aromático
36	19.129	2-((2R,4aR,8aS)-4 <sup>a</sup> -Methyl-8-methylenedecahydronaphthalen-2-yl)acrylaldehyde	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	1,083	Aldeído
37	19.326	Ethanol, 2-(tetradecyloxy)-	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	258	1,495	Álcool
38	19.616	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	2,542	Éster
39	20.544	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	1,636	Ácido Carboxílico
40	20.665	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	3,213	Ácido Carboxílico
41	22.021	Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	1,249	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 25: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.3.

Ponto 6						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.884	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,118	Cetona
2	8.467	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	10,192	Fenol
3	8.849	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,263	Éter
4	9.550	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,167	Cetona
5	9.751	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,534	Hidrocarboneto Alifático
6	9.817	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,135	Fenol
7	10.197	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	8,470	Fenol
8	10.446	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,211	Fenol
9	10.620	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,828	Hidrocarboneto Alifático
10	10.804	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,361	Fenol
11	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,363	Éter
12	11.467	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,446	Fenol
13	11.501	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,861	Fenol
14	11.596	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	1,079	Hidrocarboneto Alifático
15	11.667	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	1,286	Hidrocarboneto Aromático
16	11.820	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,589	Fenol
17	11.943	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,121	Éter
18	12.161	Cyclododecane	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,088	Hidrocarboneto Alifático
19	12.208	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,999	Fenol
20	12.261	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	3,488	Hidrocarboneto Aromático
21	12.529	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,226	Éter
22	12.654	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,794	Éter
23	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,707	Éter

24	12.927	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,969	Fenol
25	13.334	Benzene, hexyl-	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,926	Hidrocarboneto Aromático
26	13.440	Furan, 2,2'-methylenebis[5-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	176	1,496	Éter
27	13.571	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,020	Fenol
28	13.747	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,447	Hidrocarboneto Alifático
29	13.869	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	2,031	Hidrocarboneto Alifático
30	14.045	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,994	Hidrocarboneto Aromático
31	14.154	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,867	Cetona
32	14.295	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	2,602	Cetona
33	14.917	Benzene, heptyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,978	Hidrocarboneto Aromático
34	15.236	Cyclotridecane	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	0,684	Hidrocarboneto Alifático
35	15.347	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,666	Hidrocarboneto Alifático
36	15.887	Naphthalene, 1,7-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,827	Hidrocarboneto Aromático
37	16.193	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	2,259	Álcool
38	16.397	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,976	Álcool
39	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	0,804	Hidrocarboneto Alifático
40	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,730	Hidrocarboneto Alifático
41	17.048	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,076	Éster
42	17.100	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,778	Éster
43	17.646	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	2,247	Ácido Carboxílico
44	18.218	Fluorene-9-methanol	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O	196	0,878	Hidrocarboneto Aromático
45	19.065	2-Methyl-E-7-hexadecene	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	0,611	Hidrocarboneto Alifático
46	19.130	10,13-Octadecadiynoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	290	1,389	Éster
47	19.244	1-Eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	280	0,566	Hidrocarboneto Alifático
48	19.325	1-Eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	280	1,636	Hidrocarboneto Alifático
49	19.618	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	2,475	Éster
50	20.443	Cyclohexanecarboxylic acid, 2-benzyl-5-oxo-	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>	232	0,903	Ácido Carboxílico
51	20.541	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	2,011	Ácido Carboxílico

<b>52</b>	20.681	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	4,018	Ácido Carboxílico
<b>53</b>	20.779	9,10-Ethanoanthracene, 9,10-dihydro-11,12-diacetyl-	$C_{20}H_{18}O_2$	290	0,853	Cetona
<b>54</b>	22.026	Hexadecanoic acid, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	270	0,957	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 26: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.3.

Ponto 8						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.882	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,589	Cetona
2	8.465	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	13,984	Fenol
3	9.548	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,453	Cetona
4	9.815	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	5,354	Fenol
5	10.195	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	10,382	Fenol
6	10.443	Mequinol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	4,401	Fenol
7	10.619	Octane, 4-ethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,991	Hidrocarboneto Alifático
8	10.802	Phenol, 2,6-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,593	Fenol
9	10.876	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,643	Éter
10	11.467	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,873	Fenol
11	11.501	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,385	Fenol
12	11.820	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,944	Fenol
13	11.942	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,774	Éter
14	12.160	Cyclodecane	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	1,454	Hidrocarboneto Alifático
15	12.207	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,592	Fenol
16	12.260	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	4,219	Hidrocarboneto Aromático
17	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,447	Éter
18	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,861	Éter
19	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,926	Éter
20	13.438	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,635	Hidrocarboneto Alifático
21	13.570	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,771	Fenol
22	13.747	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,942	Hidrocarboneto Alifático
23	13.869	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	2,252	Hidrocarboneto Alifático

<b>24</b>	14.045	Naphthalene, 2-methyl-	$C_{11}H_{10}$	142	2,199	Hidrocarboneto Aromático
<b>25</b>	14.295	1H-Indene, 1-ethylidene	$C_{11}H_{10}$	142	2,787	Hidrocarboneto Aromático
<b>26</b>	16.743	Tridecane	$C_{13}H_{28}$	184	2,255	Hidrocarboneto Alifático
<b>27</b>	17.050	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	214	1,490	Éster
<b>28</b>	17.642	Dodecanoic acid	$C_{12}H_{24}O_2$	200	3,624	Ácido Carboxílico
<b>29</b>	18.218	Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166	1,073	Hidrocarboneto Aromático
<b>30</b>	19.326	2-Pentadecanone	$C_{15}H_{30}O$	226	1,384	Cetona
<b>31</b>	19.618	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	2,474	Éster
<b>32</b>	20.543	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	2,691	Ácido Carboxílico
<b>33</b>	20.620	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	2,037	Ácido Carboxílico
<b>34</b>	20.656	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	2,521	Ácido Carboxílico
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 27: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.3.

Ponto 9						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.886	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,878	Cetona
2	8.469	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	15,932	Fenol
3	9.552	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,655	Cetona
4	9.818	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,331	Fenol
5	10.198	Phenol, 2-methyl	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	11,054	Fenol
6	10.446	Phenol, 2-methoxy	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	4,583	Fenol
7	10.622	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	1,124	Hidrocarboneto Alifático
8	10.805	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,991	Fenol
9	10.879	Benzofuran, 2-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,879	Éter
10	11.469	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,034	Fenol
11	11.502	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,215	Fenol
12	11.821	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,845	Fenol
13	11.946	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,089	Éter
14	12.210	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	3,141	Fenol
15	12.262	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	4,399	Hidrocarboneto Aromático
16	12.654	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,910	Éter
17	12.700	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,783	Éter
18	13.440	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,847	Hidrocarboneto Alifático
19	13.571	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	4,567	Fenol
20	13.749	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	2,118	Hidrocarboneto Alifático
21	13.870	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	2,481	Hidrocarboneto Alifático
22	14.046	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,390	Hidrocarboneto Aromático
23	14.296	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	3,249	Hidrocarboneto Aromático

<b>24</b>	16.744	Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	212	2,290	Hidrocarboneto Alifático
<b>25</b>	17.049	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	214	1,097	Éster
<b>26</b>	17.648	Dodecanoic acid	$C_{12}H_{24}O_2$	200	4,307	Ácido Carboxílico
<b>27</b>	19.326	Ethanol, 2-(tetradecyloxy)-	$C_{16}H_{34}O_2$	258	1,626	Álcool
<b>28</b>	19.620	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	2,969	Éster
<b>29</b>	20.677	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	4,216	Ácido Carboxílico
		Total			100	

Fonte: Autor (2022)

**APÊNDICE B: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.2**

Tabela 28: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.2.

<b>Ponto 2</b>						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.874	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,930	Cetona
2	8.160	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,780	Aldeído
3	8.470	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	3,651	Fenol
4	8.679	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,442	Hidrocarboneto Alifático
5	8.839	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,673	Hidrocarboneto Alifático
6	9.546	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,767	Cetona
7	9.816	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	2,206	Fenol
8	9.914	1,2,3,4,5,8-Hexahydronaphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,520	Hidrocarboneto Aromático
9	9.960	1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-(1-methylethyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152	0,506	Aldeído
10	10.111	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	1,000	Cetona
11	10.200	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,324	Fenol
12	10.316	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,720	Éter
13	10.469	2-Undecene, (Z)-	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	154	3,736	Hidrocarboneto Alifático
14	10.619	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	1,679	Hidrocarboneto Alifático
15	10.803	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,089	Fenol
16	10.876	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,356	Éter
17	11.261	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,701	Fenol
18	11.468	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,965	Fenol
19	11.499	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,988	Fenol
20	11.663	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,762	Hidrocarboneto Aromático
21	11.816	Benzene, (1,2-dimethylpropyl)-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	2,213	Hidrocarboneto Aromático

22	11.939	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,124	Éter
23	12.158	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	2,812	Hidrocarboneto Alifático
24	12.206	1,3-Benzenediol, 4-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	0,942	Álcool
25	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,211	Hidrocarboneto Aromático
26	12.294	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	1,600	Hidrocarboneto Alifático
27	12.526	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,834	Éter
28	12.652	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,513	Éter
29	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,102	Éter
30	13.332	Benzene, hexyl-	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	1,751	Hidrocarboneto Aromático
31	13.428	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,355	Hidrocarboneto Alifático
32	13.570	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	1,862	Fenol
33	13.743	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	3,857	Hidrocarboneto Alifático
34	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	3,515	Hidrocarboneto Alifático
35	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	0,988	Hidrocarboneto Aromático
36	14.294	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,418	Hidrocarboneto Alifático
37	14.915	Benzene, heptyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,913	Hidrocarboneto Aromático
38	15.234	1-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	4,310	Hidrocarboneto Alifático
39	15.346	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	1,700	Hidrocarboneto Alifático
40	16.189	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-en-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	0,870	Álcool
41	16.396	(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrinal	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192	0,855	Aldeído
42	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	6,389	Hidrocarboneto Alifático
43	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	3,885	Hidrocarboneto Alifático
44	17.799	17-Octadecynoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	1,171	Ácido carboxílico
45	17.971	Cetene	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224	2,833	Hidrocarboneto Alifático
46	18.065	Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	0,976	Hidrocarboneto Alifático
47	19.066	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,946	Ácido carboxílico
48	19.129	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	1,773	Ácido carboxílico
49	19.240	3-Heptadecene, (Z)-	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	5,299	Hidrocarboneto Alifático

<b>50</b>	19.323	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	$C_{17}H_{36}$	240	4,419	Hidrocarboneto Alifático
<b>51</b>	19.619	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	1,364	Éster
<b>52</b>	21.784	2-Heptadecanone	$C_{17}H_{34}O$	254	6,827	Cetona
<b>53</b>	22.009	Hexadecanoic acid, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	270	1,578	Éster
				Soma	100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 29: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.2.

Ponto 3						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,529	Cetona
2	7.100	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,235	Cetona
3	7.182	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,218	Cetona
4	8.156	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,735	Aldeído
5	8.467	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	96	3,583	Fenol
6	8.680	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,761	Hidrocarboneto Alifático
7	8.788	Mesitylene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,533	Hidrocarboneto Aromático
8	8.843	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,981	Hidrocarboneto Alifático
9	9.305	Cyclopentanol, 1-(1-methylene-2-propenyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0,405	Álcool
10	9.542	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,758	Cetona
11	9.748	3-Methylphenylacetylene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,415	Hidrocarboneto Aromático
12	9.814	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	2,147	Fenol
13	9.914	Benzene, n-butyl-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,568	Hidrocarboneto Aromático
14	9.960	Ethanone, 1-(1-cyclohexen-1-yl)-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,489	Cetona
15	10.110	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,931	Cetona
16	10.197	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	2,864	Fenol
17	10.316	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,482	Éter
18	10.443	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	0,895	Fenol
19	10.470	2-Undecene, (E)-	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	154	1,752	Hidrocarboneto Alifático
20	10.619	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	1,222	Hidrocarboneto Alifático
21	10.695	3-Undecene, (E)-	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	154	0,495	Hidrocarboneto Alifático
22	10.800	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,807	Fenol
23	10.874	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,970	Éter

24	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,481	Fenol
25	11.423	1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	132	0,308	Hidrocarboneto Aromático
26	11.465	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,757	Fenol
27	11.499	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,880	Fenol
28	11.591	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,914	Hidrocarboneto Alifático
29	11.663	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,631	Hidrocarboneto Aromático
30	11.702	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,706	Hidrocarboneto Alifático
31	11.817	1,6-Dimethylhepta-1,3,5-triene	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>	122	2,209	Hidrocarboneto Alifático
32	11.939	Bicyclo[2.2.2]octa-2,5-diene, 1,2,3,6-tetramethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	1,235	Hidrocarboneto Alifático
33	12.158	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	2,282	Hidrocarboneto Alifático
34	12.206	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,070	Fenol
35	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	0,990	Hidrocarboneto Aromático
36	12.295	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	1,370	Hidrocarboneto Alifático
37	12.367	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	0,505	Hidrocarboneto Alifático
38	12.456	2,3,3 <sup>a</sup> ,4,5,6,7,7 <sup>a</sup> -Octahydro-1H-cyclopenta[a]pentalen-7-ol	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O	164	0,299	Álcool
39	12.526	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,861	Éter
40	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,501	Éter
41	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,057	Éter
42	12.767	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,467	Aldeído
43	12.928	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,621	Fenol
44	13.020	1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0,389	Hidrocarboneto Alifático
45	13.195	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-ethanol, 6,6-dimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O	166	0,301	Álcool
46	13.331	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	1,554	Hidrocarboneto Alifático
47	13.431	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,290	Hidrocarboneto Alifático
48	13.518	5,9,9-Trimethyl-spiro[3.5]non-5-em-1-one	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,470	Cetona
49	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	1,430	Fenol
50	13.743	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	2,891	Hidrocarboneto Alifático
51	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	2,808	Hidrocarboneto Alifático

52	13.932	2-Tridecene, (Z)-	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	0,342	Hidrocarboneto Alifático
53	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	0,929	Hidrocarboneto Aromático
54	14.093	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	0,289	Aldeído
55	14.154	Benzenemethanol, 2-methoxy- $\alpha$ -2-propenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,614	Álcool
56	14.198	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,779	Hidrocarboneto Aromático
57	14.293	Naphthalene, 1-(2-hydroxypropyl)	C <sub>13</sub> H <sub>14</sub> O	186	1,775	Álcool
58	14.462	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,363	Álcool
59	14.635	1,12-Tridecadiene	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub>	180	0,781	Hidrocarboneto Alifático
60	14.704	(7S,8S)-cis-syn-trans-Tricyclo[7.3.0.0(2,6)]dodecane-7,8-diol	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	196	0,725	Álcool
61	14.780	Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-bicyclo[4.1.0]hept-7-ylidene-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub>	188	0,705	Hidrocarboneto Alifático
62	14.812	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,624	Álcool
63	14.915	Benzene, heptyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,144	Hidrocarboneto Aromático
64	14.973	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,753	Hidrocarboneto Alifático
65	15.131	Longipinocarveol, trans-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	220	0,253	Álcool
66	15.163	9-Tetradecenal, (Z)-	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O	210	0,359	Aldeído
67	15.234	1-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	4,448	Hidrocarboneto Alifático
68	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	1,601	Hidrocarboneto Alifático
69	15.405	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	0,296	Hidrocarboneto Alifático
70	15.512	Naphthalene, 2-ethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,369	Hidrocarboneto Aromático
71	15.674	Cyclopentanecarboxylic acid, 4-methylene-2-phenyl-, methyl ester, trans-	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	216	0,289	Éster
72	15.708	Falcarinol	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,232	Álcool
73	15.886	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,421	Hidrocarboneto Aromático
74	15.952	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,380	Hidrocarboneto Aromático
75	16.138	1,12-Tridecadiene	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub>	180	0,371	Hidrocarboneto Alifático
76	16.185	Methyl 5,9-octadecadienoate	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	0,746	Éster
77	16.396	(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrinal	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192	0,663	Aldeído
78	16.448	3-Hydroxy- $\alpha$ -ionene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	208	0,301	Éster

79	16.558	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	0,526	Hidrocarboneto Alifático
80	16.641	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	4,705	Hidrocarboneto Alifático
81	16.689	Cyclopentadecanone	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	224	0,293	Cetona
82	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	2,816	Hidrocarboneto Alifático
83	16.797	E-2-Hexadecacen-1-ol	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	0,427	Álcool
84	16.960	E-2-Hexadecacen-1-ol	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	0,397	Álcool
85	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,438	Éster
86	17.106	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,298	Éster
87	17.799	Z,Z,Z-4,6,9-Nonadecatriene	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub>	262	0,739	Hidrocarboneto Alifático
88	17.845	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,202	Éster
89	17.971	Cetene	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224	1,940	Hidrocarboneto Alifático
90	18.064	Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	0,751	Hidrocarboneto Alifático
91	18.116	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,202	Ácido Carboxílico
92	18.221	1,3-Dimethoxy-5-(1-methyl-heptyl)-benzene	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	250	0,267	Éter
93	18.888	13-Heptadecyn-1-ol	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O	252	0,259	Álcool
94	19.003	17-Octadecynoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	0,303	Ácido Carboxílico
95	19.062	17-Octadecynoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	0,595	Ácido Carboxílico
96	19.131	E-2-Octadecadecen-1-ol	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268	0,988	Álcool
97	19.240	3-Heptadecene, (Z)-	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	2,881	Hidrocarboneto Alifático
98	19.323	Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	2,241	Hidrocarboneto Alifático
99	19.618	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	0,786	Éster
100	21.781	2-Heptadecanone	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O	254	3,636	Cetona
101	22.006	Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	1,706	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 30: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.2.

Ponto 4						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.875	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,725	Cetona
2	7.098	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,357	Cetona
3	7.179	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,333	Cetona
4	8.160	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,421	Hidrocarboneto Aromático
5	8.466	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	5,588	Fenol
6	8.680	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,507	Hidrocarboneto Alifático
7	8.788	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,447	Hidrocarboneto Aromático
8	8.843	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,910	Éter
9	9.308	Cyclopentanol, 1-(methylenecyclopropyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0,485	Álcool
10	9.540	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,973	Cetona
11	9.749	Benzene, 1-propynyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,474	Hidrocarboneto Aromático
12	9.814	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,128	Fenol
13	9.914	Cycloheptane, 1,3,5-tris(methylene)-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,502	Hidrocarboneto Alifático
14	9.959	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,570	Cetona
15	10.111	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,960	Cetona
16	10.196	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	5,275	Fenol
17	10.315	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,644	Éter
18	10.442	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	1,518	Fenol
19	10.469	3-Cyclohexen-1-carboxaldehyde, 3-methyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	1,621	Aldeído
20	10.618	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,995	Hidrocarboneto Alifático
21	10.694	3-Undecene, (E)-	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	154	0,564	Hidrocarboneto Alifático
22	10.800	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,113	Fenol
23	10.874	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,176	Éter

24	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,519	Fenol
25	11.464	Phenol, 3,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,236	Fenol
26	11.498	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,498	Fenol
27	11.590	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	1,080	Hidrocarboneto Alifático
28	11.662	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,609	Hidrocarboneto Aromático
29	11.696	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,629	Hidrocarboneto Alifático
30	11.817	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,600	Fenol
31	11.939	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,910	Éter
32	12.158	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,549	Hidrocarboneto Alifático
33	12.205	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,449	Fenol
34	12.256	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,187	Hidrocarboneto Aromático
35	12.293	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,876	Hidrocarboneto Alifático
36	12.457	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,315	Fenol
37	12.526	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,756	Éter
38	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,491	Éter
39	12.695	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,986	Éter
40	12.764	2-(2-Hydroxyphenyl)buta-1,3-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,504	Fenol
41	12.927	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,679	Fenol
42	13.283	1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0,631	Hidrocarboneto Alifático
43	13.331	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,850	Hidrocarboneto Alifático
44	13.435	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,292	Hidrocarboneto Alifático
45	13.510	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,483	Fenol
46	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	1,958	Fenol
47	13.742	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	2,017	Hidrocarboneto Alifático
48	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,832	Hidrocarboneto Alifático
49	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,003	Hidrocarboneto Aromático
50	14.153	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,564	Cetona
51	14.198	1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,5-trimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,394	Hidrocarboneto Aromático

52	14.293	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,502	Hidrocarboneto Alifático
53	14.652	2,4-Dimethoxyphenol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	0,680	Fenol
54	14.702	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,381	Cetona
55	14.777	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,478	Álcool
56	14.814	10-Methoxytricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-dien-9-ol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,423	Álcool
57	14.913	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-en-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	0,775	Álcool
58	14.972	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,377	Hidrocarboneto Alifático
59	15.233	1-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,794	Hidrocarboneto Alifático
60	15.274	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,345	Hidrocarboneto Aromático
61	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	1,014	Hidrocarboneto Alifático
62	15.512	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub>	174	0,719	Hidrocarboneto Aromático
63	15.704	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,354	Cetona
64	15.886	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,544	Hidrocarboneto Aromático
65	15.953	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,523	Hidrocarboneto Aromático
66	16.026	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,403	Fenol
67	16.177	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-en-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	1,637	Álcool
68	16.395	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,776	Cetona
69	16.446	Tricyclo[3.3.0.0(2,8)]octan-3-one, 4-methyl-4-(2-methyl-2-propenyl)-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,341	Cetona
70	16.639	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	2,970	Hidrocarboneto Alifático
71	16.689	2-Tridecanone	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	198	0,305	Cetona
72	16.741	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	2,184	Hidrocarboneto Alifático
73	16.795	E-2-Hexadecacen-1-ol	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	0,361	Álcool
74	16.959	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,267	Ácido carboxílico
75	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,589	Éster
76	17.102	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,441	Éster

77	17.315	Cyclopentanecarboxylic acid, 2-methyl-4-(phenylmethylene)-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	230	0,379	Éster
78	17.573	13-Heptadecyn-1-ol	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O	252	0,410	Álcool
79	17.708	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,481	Álcool
80	17.801	cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	302	0,896	Ácido carboxílico
81	17.971	1-Nonadecene	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266	1,590	Hidrocarboneto Alifático
82	18.064	Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	0,744	Hidrocarboneto Alifático
83	18.219	1,3-Dimethoxy-5-(1-methyl-heptyl)-benzene	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	250	0,840	Hidrocarboneto Aromático
84	18.669	Cyclohexane, 1,2,3,4-bis(epoxy)-2,6,6-trimethyl-1-(pent-2-en-4-one-2-yl)-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	236	0,580	Cetona
85	18.863	9-Hexadecenoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,743	Ácido carboxílico
86	19.007	Methyl 5,9-heptadecadienoate	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	0,646	Éster
87	19.062	trans-13-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,985	Ácido carboxílico
88	19.131	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	1,679	Ácido carboxílico
89	19.239	1-Eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	280	2,982	Hidrocarboneto Alifático
90	19.323	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	3,031	Álcool
91	19.616	Cyclopentanetridecanoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	1,605	Éster
92	21.784	2-Eicosanol	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> O	298	2,043	Álcool
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 31: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.2.

Ponto 5						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.874	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,009	Cetona
2	7.099	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,441	Cetona
3	7.178	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,488	Cetona
4	8.465	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	8,221	Fenol
5	8.681	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,513	Hidrocarboneto Alifático
6	8.788	Mesitylene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,560	Hidrocarboneto Aromático
7	8.844	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,075	Éter
8	9.540	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,024	Cetona
9	9.748	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,421	Hidrocarboneto Aromático
10	9.813	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,715	Fenol
11	9.913	2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene, E,E-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,437	Hidrocarboneto Alifático
12	9.961	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,497	Cetona
13	10.110	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,836	Cetona
14	10.195	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,767	Fenol
15	10.261	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,739	Fenol
16	10.316	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,609	Éter
17	10.442	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,196	Fenol
18	10.618	Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,770	Hidrocarboneto Alifático
19	10.800	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,234	Fenol
20	10.875	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,201	Éter
21	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,514	Fenol
22	11.465	Phenol, 3,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,406	Fenol
23	11.499	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,667	Fenol

24	11.593	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	1,055	Hidrocarboneto Alifático
25	11.664	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,509	Hidrocarboneto Aromático
26	11.702	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,653	Hidrocarboneto Alifático
27	11.817	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,129	Fenol
28	11.940	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,936	Éter
29	12.158	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,193	Hidrocarboneto Aromático
30	12.205	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,762	Fenol
31	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,534	Hidrocarboneto Aromático
32	12.293	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,686	Hidrocarboneto Alifático
33	12.457	Phenol, 2,4,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,383	Fenol
34	12.525	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,788	Éter
35	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,533	Éter
36	12.695	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,055	Éter
37	12.764	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,521	Aldeído
38	12.925	Phenol, 3-ethyl-5-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,726	Fenol
39	13.275	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,705	Fenol
40	13.332	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,771	Hidrocarboneto Alifático
41	13.436	1-(3-Isopropyl-4-methyl-pent-3-em-1-ynyl)-1-methyl-cyclopropane	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,259	Hidrocarboneto Alifático
42	13.510	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,500	Fenol
43	13.567	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,226	Fenol
44	13.743	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	1,770	Hidrocarboneto Alifático
45	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,441	Hidrocarboneto Alifático
46	14.042	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,193	Hidrocarboneto Aromático
47	14.152	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,621	Cetona
48	14.195	Benzene, 1,2,4-trimethyl-5-(1-methylethenyl	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,414	Hidrocarboneto Aromático
49	14.293	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,741	Hidrocarboneto Aromático
50	14.656	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	0,837	Fenol
51	14.782	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,498	Álcool

52	14.816	10-Methoxytricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-dien-9-ol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,493	Álcool
53	14.915	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-em-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	0,753	Álcool
54	15.233	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,263	Hidrocarboneto Alifático
55	15.273	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,309	Hidrocarboneto Aromático
56	15.344	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	0,736	Hidrocarboneto Alifático
57	15.511	Naphthalene, 2-ethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,401	Hidrocarboneto Aromático
58	15.673	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,363	Hidrocarboneto Aromático
59	15.705	2-cyclohexen-1-ol, 1-phenyl-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,365	Álcool
60	15.888	Naphthalene, 1,3-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,577	Hidrocarboneto Aromático
61	15.954	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,491	Hidrocarboneto Aromático
62	16.029	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,484	Fenol
63	16.166	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1,487	Fenol
64	16.396	Naphtho[2,3-b]furan-8(4H)-one, 4 <sup>a</sup> ,5,6,7,8 <sup>a</sup> ,9-hexahydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	190	0,423	Cetona
65	16.639	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,862	Hidrocarboneto Alifático
66	16.689	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,7,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O	188	0,249	Cetona
67	16.742	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,580	Hidrocarboneto Alifático
68	16.959	5-Isopropylidene-4,6-dimethylnona-3,6,8-trien-2-ol	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206	0,191	Álcool
69	17.045	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,601	Éster
70	17.100	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,510	Éster
71	17.316	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,378	Fenol
72	17.713	Panaxynone	C <sub>17</sub> H <sub>22</sub> O	242	1,113	Cetona
73	17.798	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	1,044	Álcool
74	17.839	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,820	Álcool
75	17.971	1-Hexadecanol, acetate	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	1,290	Éster
76	18.062	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	0,620	Hidrocarboneto Alifático

<b>77</b>	18.219	Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166	0,707	Hidrocarboneto Aromático
<b>78</b>	18.869	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	$C_{17}H_{24}O$	244	0,456	Álcool
<b>79</b>	19.066	cis-9-Hexadecenal	$C_{16}H_{30}O$	238	0,539	Aldeído
<b>80</b>	19.130	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282	1,194	Ácido Carboxílico
<b>81</b>	19.239	1-Hexadecanol, 2-methyl-	$C_{17}H_{36}O$	256	1,647	Álcool
<b>82</b>	19.322	1-Hexadecanol, 2-methyl-	$C_{17}H_{36}O$	256	2,046	Álcool
<b>83</b>	19.618	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	1,570	Éster
<b>84</b>	21.786	Oxacycloheptadecan-2-one	$C_{16}H_{30}O_2$	254	3,655	Cetona
<b>85</b>	22.012	Pentadecanoic acid, 13-methyl-, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	270	1,004	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 32: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.2.

Ponto 6						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	4.558	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	0,165	Hidrocarboneto Aromático
2	5.873	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,960	Cetona
3	6.437	p-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	0,436	Hidrocarboneto Aromático
4	6.870	p-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	0,533	Hidrocarboneto Aromático
5	7.098	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,596	Cetona
6	7.176	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,722	Cetona
7	8.160	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,293	Hidrocarboneto Aromático
8	8.266	2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,368	Cetona
9	8.466	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	8,792	Fenol
10	8.682	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,418	Hidrocarboneto Alifático
11	8.789	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,536	Hidrocarboneto Aromático
12	8.845	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,034	Éter
13	9.308	Cyclopentanol, 1-(1-methylene-2-propenyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0,472	Álcool
14	9.540	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,972	Cetona
15	9.749	Benzene, 1-ethynyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,563	Hidrocarboneto Aromático
16	9.813	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,565	Fenol
17	9.914	2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene, E,E-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,480	Hidrocarboneto Alifático
18	9.960	Ethanone, 1-(1-cyclohexen-1-yl)-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,541	Cetona
19	10.110	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,874	Cetona
20	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,735	Fenol
21	10.269	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,789	Fenol
22	10.315	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,630	Éter
23	10.441	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,157	Fenol

24	10.618	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,835	Hidrocarboneto Alifático
25	10.675	2-Propenal, 3-phenyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,673	Aldeído
26	10.800	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,253	Fenol
27	10.875	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,277	Éter
28	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,435	Fenol
29	11.465	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,130	Fenol
30	11.499	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,330	Fenol
31	11.592	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,844	Hidrocarboneto Alifático
32	11.664	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,434	Hidrocarboneto Aromático
33	11.701	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,543	Hidrocarboneto Alifático
34	11.818	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,970	Fenol
35	11.876	4-Isopropylidene-cyclohexanol	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	140	0,637	Álcool
36	11.940	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,502	Éter
37	12.159	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,234	Hidrocarboneto Alifático
38	12.206	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,653	Fenol
39	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,798	Hidrocarboneto Aromático
40	12.292	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,632	Hidrocarboneto Alifático
41	12.458	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,390	Fenol
42	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,833	Éter
43	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,530	Éter
44	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,092	Éter
45	12.765	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,522	Aldeído
46	12.925	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,728	Fenol
47	13.273	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,714	Fenol
48	13.333	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,733	Hidrocarboneto Alifático
49	13.436	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,149	Hidrocarboneto Alifático
50	13.507	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,464	Fenol
51	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	1,881	Fenol

52	13.743	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	1,285	Hidrocarboneto Alifático
53	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,370	Hidrocarboneto Alifático
54	13.981	Tricyclo[4.3.1.1<2,5>]undec-3-em-10-ol, 10-methyl-, stereoisomer	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,244	Álcool
55	14.042	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,343	Hidrocarboneto Aromático
56	14.152	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,533	Cetona
57	14.196	1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,5-trimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,415	Hidrocarboneto Aromático
58	14.294	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,648	Hidrocarboneto Alifático
59	14.462	Benzene, 1,2,4-trimethyl-5-(1-methylethenyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,198	Hidrocarboneto Aromático
60	14.656	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	0,793	Fenol
61	14.705	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,322	Cetona
62	14.780	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,446	Álcool
63	14.814	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,411	Álcool
64	14.915	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-em-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	0,879	Álcool
65	15.234	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,060	Hidrocarboneto Alifático
66	15.276	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,281	Hidrocarboneto Aromático
67	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,615	Hidrocarboneto Alifático
68	15.512	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,318	Hidrocarboneto Aromático
69	15.673	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,441	Hidrocarboneto Aromático
70	15.706	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,506	Cetona
71	15.796	Acrylophenone, 2,2',5'-trimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,459	Cetona
72	15.886	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,751	Hidrocarboneto Aromático
73	15.957	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,464	Hidrocarboneto Aromático
74	15.991	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,212	Cetona
75	16.030	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,958	Fenol
76	16.165	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1,015	Fenol
77	16.185	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,412	Álcool

78	16.395	Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, 1,2,5 <sup>a</sup> ,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,092	Cetona
79	16.449	4-(2,4,4-Trimethyl-cyclohexa-1,5-dienyl)-but-3-em-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,380	Cetona
80	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	2,231	Hidrocarboneto Alifático
81	16.742	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,940	Hidrocarboneto Alifático
82	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,608	Éster
83	17.102	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,429	Éster
84	17.708	Acetic acid, (2-phenylcyclohexylidene)-	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	216	1,444	Ácido Carboxílico
85	17.799	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,843	Álcool
86	17.844	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,971	Álcool
87	17.971	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	1,228	Álcool
88	18.064	12,14,14-Trimethyl-3,6,9-trioxapentadecan-1-ol	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O <sub>4</sub>	276	0,613	Álcool
89	18.218	1,3-Dimethoxy-5-(1-methyl-heptyl)-benzene	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	250	0,782	Hidrocarboneto Aromático
90	18.669	Phenol, 4-(3,7-dimethyl-3-ethenylocta-1,6-dienyl)-	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O	256	0,306	Fenol
91	18.866	2-Methyl-malonic acid, mono-(2-biphenyl-4-yl-2-oxoethyl) ester	C <sub>18</sub> H <sub>16</sub> O <sub>5</sub>	312	0,388	Éster
92	19.006	cis-13-Eicosenoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	0,213	Ácido Carboxílico
93	19.065	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,345	Ácido Carboxílico
94	19.130	9-Hexadecenoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,686	Ácido Carboxílico
95	19.239	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	1,022	Álcool
96	19.322	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	314	0,968	Álcool
97	19.618	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	1,168	Éster
98	21.795	Z-9-Pentadecenol	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226	2,117	Álcool
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 33: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 7 do Exp.2.

Ponto 7						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.873	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,102	Cetona
2	8.465	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	14,559	Fenol
3	8.788	Mesitylene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,724	Hidrocarboneto Aromático
4	8.845	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,505	Éter
5	9.544	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,472	Cetona
6	9.749	Benzene, 1-ethynyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,764	Hidrocarboneto Aromático
7	9.815	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	5,014	Fenol
8	10.110	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,932	Cetona
9	10.195	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	8,820	Fenol
10	10.442	Mequinol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,425	Fenol
11	10.618	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,881	Hidrocarboneto Alifático
12	10.801	Phenol, 2,6-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,283	Fenol
13	10.876	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,273	Éter
14	11.262	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,570	Fenol
15	11.467	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,501	Fenol
16	11.500	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,855	Fenol
17	11.818	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,756	Fenol
18	11.941	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,976	Éter
19	12.159	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,515	Hidrocarboneto Alifático
20	12.206	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,152	Fenol
21	12.259	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	2,648	Hidrocarboneto Aromático
22	12.292	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,933	Hidrocarboneto Alifático

23	12.652	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,666	Éter
24	12.697	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,258	Éter
25	13.332	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,785	Hidrocarboneto Alifático
26	13.437	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,412	Hidrocarboneto Alifático
27	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,424	Fenol
28	13.745	1-Tridecene	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	1,764	Hidrocarboneto Alifático
29	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,707	Hidrocarboneto Alifático
30	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,628	Hidrocarboneto Aromático
31	14.294	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,163	Hidrocarboneto Aromático
32	14.916	Tetracyclo[4.4.1.1(7,10).0(2,5)]dodec-3-en-11-ol	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	176	0,929	Álcool
33	15.234	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,143	Hidrocarboneto Alifático
34	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,821	Hidrocarboneto Alifático
35	16.175	Eugenol	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1,087	Fenol
36	16.394	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,203	Álcool
37	16.641	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	2,092	Hidrocarboneto Alifático
38	16.742	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	2,768	Hidrocarboneto Alifático
39	16.953	5-Isopropylidene-4,6-dimethylnona-3,6,8-trien-2-ol	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206	0,654	Álcool
40	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,142	Éster
41	17.102	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,810	Éster
42	17.708	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272	1,190	Éster
43	17.799	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	1,094	Álcool
44	17.971	1-Hexadecanol, acetate	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	1,738	Éster
45	18.062	Nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	0,696	Hidrocarboneto Alifático
46	18.219	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	0,869	Hidrocarboneto Aromático
47	19.129	9-Hexadecenoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	1,152	Ácido Carboxílico
48	19.240	1-Tricosanol	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub> O	340	1,309	Álcool
49	19.322	Methoxyacetic acid, 2-tridecyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub>	272	2,084	Éster

<b>50</b>	19.618	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	1,797	Éster
<b>51</b>	21.793	Oxacycloheptadecan-2-one	$C_{16}H_{30}O_2$	254	1,955	Cetona
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 34: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.2.

Ponto 8						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,771	Cetona
2	7.101	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,382	Cetona
3	7.179	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,486	Cetona
4	8.467	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	9,903	Fenol
5	8.789	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,356	Hidrocarboneto Aromático
6	8.824	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,309	Cetona
7	8.845	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,468	Éter
8	9.310	Cyclopentanol, 1-(1-methylene-2-propenyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0,455	Álcool
9	9.541	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,043	Cetona
10	9.749	Benzene, 1-ethynyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,468	Hidrocarboneto Aromático
11	9.814	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,005	Fenol
12	9.914	Naphthalene, 1,2,3,5,8,8 <sup>a</sup> -hexahydro-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,344	Hidrocarboneto Aromático
13	9.963	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,441	Cetona
14	10.113	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,631	Cetona
15	10.195	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	7,558	Fenol
16	10.313	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,328	Éter
17	10.442	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	2,246	Fenol
18	10.618	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,474	Hidrocarboneto Alifático
19	10.676	Cyclohexene, 3,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub>	124	0,485	Hidrocarboneto Alifático
20	10.802	Phenol, 2,6-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,867	Fenol
21	10.875	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,766	Éter
22	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,413	Fenol

23	11.466	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,157	Fenol
24	11.499	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,327	Fenol
25	11.594	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,664	Hidrocarboneto Alifático
26	11.665	Tetracyclo[3.3.1.0.1(3,9)]decan-10-one	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,324	Cetona
27	11.694	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,426	Hidrocarboneto Alifático
28	11.818	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,365	Fenol
29	11.945	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,252	Éter
30	12.159	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	0,981	Hidrocarboneto Alifático
31	12.207	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	1,615	Fenol
32	12.259	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,626	Hidrocarboneto Aromático
33	12.293	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,499	Hidrocarboneto Alifático
34	12.458	Phenol, 2,4,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,356	Fenol
35	12.527	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,673	Éter
36	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,435	Éter
37	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,848	Éter
38	12.765	1,5-Dihydroxy-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	0,475	Álcool
39	12.928	Phenol, 3-ethyl-5-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,668	Fenol
40	13.272	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,721	Fenol
41	13.332	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,918	Hidrocarboneto Alifático
42	13.440	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,043	Hidrocarboneto Alifático
43	13.506	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,622	Fenol
44	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,546	Fenol
45	13.745	6-Tridecene, (Z)-	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	2,176	Hidrocarboneto Alifático
46	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,879	Hidrocarboneto Alifático
47	13.932	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	228	0,274	Álcool
48	13.980	Tricyclo[4.3.1.1<2,5>]undec-3-em-10-ol, 10-methyl-, stereoisomer	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,519	Álcool
49	14.043	1H-Indene, 1-ethylidene-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,142	Hidrocarboneto Aromático
50	14.154	Benzene, 1,2,4-trimethyl-5-(1-methylethenyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,799	Hidrocarboneto Aromático

51	14.199	1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,5-trimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,700	Hidrocarboneto Aromático
52	14.294	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,783	Hidrocarboneto Alifático
53	14.463	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,421	Hidrocarboneto Aromático
54	14.657	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,351	Fenol
55	14.707	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,445	Cetona
56	14.779	Methyl 4,6-tetradecadiynoate	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	234	0,717	Éster
57	14.816	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,762	Álcool
58	14.915	Benzenemethanol, $\alpha$ -ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,193	Álcool
59	14.973	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,530	Hidrocarboneto Alifático
60	15.234	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,434	Hidrocarboneto Alifático
61	15.279	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,575	Hidrocarboneto Aromático
62	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	1,030	Hidrocarboneto Alifático
63	15.450	2(1H)-Naphthalenone, 7-ethynyl-4 <sup>a</sup> ,5,6,7,8,8 <sup>a</sup> -hexahydro-1,4 <sup>a</sup> -dimethyl-, (1 $\alpha$ ,4 $\alpha\beta$ ,7 $\beta$ ,8 $\alpha\alpha$ )-	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> O	202	0,478	Cetona
64	15.513	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,606	Hidrocarboneto Aromático
65	15.675	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,639	Hidrocarboneto Aromático
66	15.708	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,619	Cetona
67	15.799	Longiverbenone	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	0,586	Cetona
68	15.887	Naphthalene, 1,4-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,987	Hidrocarboneto Aromático
69	15.955	Naphthalene, 1,4-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,786	Hidrocarboneto Aromático
70	16.029	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,730	Fenol
71	16.187	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,993	Álcool
72	16.396	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,061	Álcool
73	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,595	Hidrocarboneto Alifático
74	16.691	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,7,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O	188	0,326	Cetona
75	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,678	Hidrocarboneto Alifático
76	16.853	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,339	Álcool
77	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,641	Éster

78	17.101	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,368	Éster
79	17.710	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	1,262	Álcool
80	17.800	Bicyclo[4.4.0]dec-2-ene-4-ol, 2-methyl-9-(prop-1-em-3-ol-2-yl)-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	236	0,686	Álcool
81	17.843	Bicyclo[4.4.0]dec-2-ene-4-ol, 2-methyl-9-(prop-1-em-3-ol-2-yl)-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	236	0,760	Álcool
82	17.972	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	228	0,903	Álcool
83	18.064	Estra-1,3,5(10)-trien-17β-ol	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O	256	0,351	Álcool
84	18.221	Benzenemethanol, α-phenyl-, acetate	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	226	0,603	Éster
85	18.666	1,7-Dimethyl-3-phenyltricyclo[4.1.0.0(2,7)]hept-3-ene	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub>	196	0,340	Hidrocarboneto Aromático
86	18.883	1,7-Dimethyl-3-phenyltricyclo[4.1.0.0(2,7)]hept-3-ene	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub>	196	0,471	Hidrocarboneto Aromático
87	19.004	7-Methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	268	0,309	Éster
88	19.064	trans-13-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,486	Ácido Carboxílico
89	19.129	Retinal	C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O	284	0,916	Ácido Carboxílico
90	19.239	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0,894	Álcool
91	19.323	8-Octadecenal	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O	266	1,652	Ácido Carboxílico
92	19.618	Methyl tetradecanoate	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	1,465	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 35: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.2.

<b>Ponto 9</b>						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.872	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,764	Cetona
2	7.100	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,484	Cetona
3	7.178	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,625	Cetona
4	8.466	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	13,874	Fenol
5	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	1,023	Éter
6	9.542	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,232	Cetona
7	9.750	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,475	Hidrocarboneto Aromático
8	9.814	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,344	Fenol
9	10.111	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,648	Cetona
10	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	8,702	Fenol
11	10.442	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,265	Fenol
12	10.618	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,601	Hidrocarboneto Alifático
13	10.801	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,092	Fenol
14	10.875	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,954	Éter
15	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,491	Fenol
16	11.465	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,394	Fenol
17	11.498	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,661	Fenol
18	11.596	Tetracyclo[5.3.0.0.<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,856	Hidrocarboneto Alifático
19	11.665	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,381	Hidrocarboneto Aromático
20	11.821	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,824	Fenol
21	11.944	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,617	Fenol
22	12.159	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,106	Hidrocarboneto Alifático

23	12.206	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,108	Fenol
24	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,946	Hidrocarboneto Aromático
25	12.292	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,597	Hidrocarboneto Alifático
26	12.526	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,840	Éter
27	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,526	Éter
28	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,065	Éter
29	12.767	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,609	Aldeído
30	12.927	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,845	Fenol
31	13.266	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,980	Fenol
32	13.332	Bicyclo[6.4.0]dodeca-9,11-diene	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>	162	0,582	Hidrocarboneto Alifático
33	13.438	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,160	Hidrocarboneto Alifático
34	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,473	Fenol
35	13.744	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,336	Hidrocarboneto Alifático
36	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,187	Hidrocarboneto Alifático
37	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,420	Hidrocarboneto Aromático
38	14.154	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,558	Cetona
39	14.294	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,870	Hidrocarboneto Aromático
40	14.620	Phenol, 4-(2-propenyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O	134	0,456	Fenol
41	14.657	Phenol, 2,6-dimethoxy-, acetate	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	196	1,212	Fenol
42	14.704	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,632	Cetona
43	14.780	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,794	Álcool
44	14.814	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,866	Álcool
45	14.915	Benzenemethanol, α-ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,760	Álcool
46	15.234	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,450	Hidrocarboneto Alifático
47	15.277	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,562	Hidrocarboneto Aromático
48	15.345	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	1,031	Hidrocarboneto Alifático
49	15.448	Tetracyclo[5.3.1.0(2,6).0(8,11)]undecan-4-one, 6-methoxy-2-methyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206	0,592	Cetona

50	15.513	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272	0,578	Éster
51	15.670	5,8,11-Eicosatriynoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	314	0,495	Éster
52	15.704	(S,Z)-Heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3-ol	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,531	Álcool
53	15.797	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,374	Álcool
54	15.888	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,708	Hidrocarboneto Aromático
55	15.956	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,569	Hidrocarboneto Aromático
56	16.026	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,388	Fenol
57	16.183	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272	1,397	Éster
58	16.393	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	0,629	Álcool
59	16.639	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,057	Hidrocarboneto Alifático
60	16.742	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,297	Hidrocarboneto Alifático
61	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,750	Éster
62	17.098	2-Propenoic acid, 3-(1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl)-, methyl ester, (E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224	0,426	Éster
63	17.704	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272	1,511	Éster
64	17.740	Panaxynone	C <sub>17</sub> H <sub>22</sub> O	242	0,382	Cetona
65	17.801	1,1'-Butadiynylenedicyclohexanol	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	246	0,667	Álcool
66	17.970	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,875	Ácido Carboxílico
67	18.220	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	0,707	Hidrocarboneto Aromático
68	19.065	trans-13-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,446	Ácido Carboxílico
69	19.129	Retinal	C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O	284	0,917	Aldeído
70	19.240	1-Tricosanol	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub> O	340	0,876	Álcool
71	19.321	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	314	1,442	Álcool
72	19.617	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	1,519	Éster
73	21.773	Oxacycloheptadecan-2-one	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	1,589	Cetona
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 36: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 10 do Exp.2.

Ponto 10						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo funcional
1	5.875	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,809	Cetona
2	7.104	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,368	Cetona
3	7.181	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,481	Cetona
4	8.276	2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,805	Cetona
5	8.468	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	13,937	Fenol
6	8.685	1-Decene	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,499	Hidrocarboneto Alifático
7	8.847	2-Octen-1-ol, (E)-	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128	1,005	Álcool
8	9.542	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,045	Cetona
9	9.751	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,390	Hidrocarboneto Aromático
10	9.815	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,040	Fenol
11	10.113	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,546	Cetona
12	10.197	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	7,032	Fenol
13	10.272	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,850	Fenol
14	10.444	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	2,762	Fenol
15	10.619	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,544	Hidrocarboneto Alifático
16	10.803	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,970	Fenol
17	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,872	Éter
18	11.258	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,393	Fenol
19	11.466	Phenol, 3,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,315	Fenol
20	11.500	Phenol, 3,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,476	Fenol
21	11.595	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,605	Hidrocarboneto Alifático
22	11.665	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,327	Hidrocarboneto Aromático

23	11.817	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,897	Fenol
24	11.951	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,180	Fenol
25	12.160	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	0,967	Hidrocarboneto Alifático
26	12.208	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,056	Fenol
27	12.260	3-Dodecene, (Z)-	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	2,163	Hidrocarboneto Alifático
28	12.457	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,380	Fenol
29	12.530	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,766	Éter
30	12.652	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,507	Éter
31	12.697	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,966	Éter
32	12.765	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,536	Aldeído
33	12.927	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,798	Fenol
34	13.269	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,904	Fenol
35	13.332	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,608	Aldeído
36	13.438	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,966	Hidrocarboneto Alifático
37	13.509	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,461	Fenol
38	13.570	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,547	Fenol
39	13.745	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,340	Hidrocarboneto Alifático
40	13.869	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,310	Hidrocarboneto Alifático
41	14.045	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,384	Hidrocarboneto Aromático
42	14.156	Benzene, 1,2,4-trimethyl-5-(1-methylethenyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,408	Hidrocarboneto Aromático
43	14.295	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,819	Hidrocarboneto Alifático
44	14.658	Phenol, 2,6-dimethoxy	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,047	Fenol
45	14.782	Methyl 4,6-tetradecadiynoate	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	234	0,464	Éster
46	14.816	Hex-3-ene-1,5-diyne, 3,4-diisopropyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,500	Hidrocarboneto Alifático
47	14.917	Benzenemethanol, $\alpha$ -ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,002	Álcool
48	15.235	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	0,941	Hidrocarboneto Alifático
49	15.278	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,351	Hidrocarboneto Aromático
50	15.346	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,608	Hidrocarboneto Alifático

51	15.515	Naphthalene, 1-ethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,398	Hidrocarboneto Aromático
52	15.708	2-cyclohexen-1-ol, 1-phenyl-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,709	Álcool
53	15.887	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,686	Hidrocarboneto Aromático
54	15.953	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,442	Hidrocarboneto Aromático
55	16.031	2,3-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,553	Álcool
56	16.191	1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,803	Álcool
57	16.397	Cyclopropanecarboxylic acid, 2-methyl-1-(phenylmethyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	190	0,819	Ácido Carboxílico
58	16.640	Cyclopentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,315	Hidrocarboneto Alifático
59	16.692	Falcarinol	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,268	Álcool
60	16.742	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,655	Hidrocarboneto Alifático
61	16.854	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,299	Álcool
62	17.048	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,822	Éster
63	17.101	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	0,515	Éter
64	17.314	Dibenzofuran	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> O	168	0,624	Éter
65	17.707	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	2,327	Ácido Carboxílico
66	17.749	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	0,481	Ácido Carboxílico
67	17.799	1,1'-Butadiynylenedicyclohexanol	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	246	1,061	Álcool
68	17.845	Bicyclo[4.4.0]dec-2-ene-4-ol, 2-methyl-9-(prop-1-en-3-ol-2-yl)-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	236	1,072	Álcool
69	17.970	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	1,271	Ácido Carboxílico
70	18.064	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	228	0,624	Álcool
71	18.221	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	0,952	Hidrocarboneto Aromático
72	19.006	2-Cyclohexen-1-one-4-carboxylic acid, 4-(3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-yl)-3-ethyl-, methyl ester, (E)-	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub>	318	0,711	Éster
73	19.062	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254	0,766	Ácido Carboxílico
74	19.129	Erucic acid	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	338	1,342	Ácido Carboxílico
75	19.235	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	1,004	Álcool
76	19.322	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	314	1,450	Álcool

<b>77</b>	19.614	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	1,572	Éster
<b>78</b>	20.438	Retinol, acetate	$C_{22}H_{32}O_2$	328	0,424	Éster
<b>79</b>	20.541	Eicosanoic acid	$C_{20}H_{40}O_2$	312	0,534	Ácido Carboxílico
<b>80</b>	20.678	Tetradecanoic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	228	0,379	Ácido Carboxílico
<b>81</b>	20.783	9,10-Ethanoanthracene, 9,10-dihydro-11,12-diacetyl-	$C_{20}H_{18}O_2$	290	0,605	Cetona
<b>82</b>	21.764	Oxirane, hexadecyl-	$C_{18}H_{36}O$	268	1,570	Éter
					100	

Fonte: Autor (2022)

**APÊNDICE C: TABELAS DO COMPOSTOS IDENTIFICADOS POR GC-MS PARA EXP.1**

Tabela 37: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 2 do Exp.1.

<b>Ponto 2</b>						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.879	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,329	Cetona
2	8.157	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	1,014	Aldeído
3	8.468	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	5,832	Fenol
4	9.546	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,988	Cetona
5	9.817	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,295	Fenol
6	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,966	Fenol
7	10.444	Mequinol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,472	Fenol
8	10.620	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,795	Hidrocarboneto Alifático
9	10.802	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,177	Fenol
10	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,260	Éter
11	11.466	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,508	Fenol
12	11.501	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,821	Fenol
13	11.818	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,013	Fenol
14	11.942	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,138	Éter
15	12.160	Cyclododecane	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	1,536	Hidrocarboneto Alifático
16	12.207	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,667	Fenol
17	12.260	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,469	Hidrocarboneto Aromático
18	12.296	Dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0,827	Hidrocarboneto Alifático
19	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,077	Éter
20	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,714	Éter

21	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,302	Éter
22	12.928	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,434	Fenol
23	13.265	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,143	Fenol
24	13.334	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,988	Aldeído
25	13.439	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	2,288	Hidrocarboneto Alifático
26	13.507	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,833	Fenol
27	13.569	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	4,376	Fenol
28	13.745	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	2,714	Hidrocarboneto Alifático
29	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	2,466	Hidrocarboneto Alifático
30	14.045	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,486	Hidrocarboneto Aromático
31	14.155	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,991	Cetona
32	14.294	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	2,420	Álcool
33	14.656	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,189	Fenol
34	14.783	Methyl 4,6-tetradecadiynoate	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	234	0,901	Éster
35	14.816	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,544	Álcool
36	14.916	Benzenemethanol, α-ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,555	Álcool
37	14.974	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	0,665	Hidrocarboneto Alifático
38	15.235	1-Tetradecanol	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> O	214	1,359	Álcool
39	15.275	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,486	Hidrocarboneto Aromático
40	15.346	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	1,152	Hidrocarboneto Alifático
41	15.514	Naphthalene, 2-ethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,852	Hidrocarboneto Aromático
42	15.887	Naphthalene, 1,7-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,773	Hidrocarboneto Aromático
43	15.956	Benzeneethanol, α-methyl-3-(1-methylethyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,923	Álcool
44	16.029	2,3-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,796	Álcool
45	16.164	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,426	Fenol
46	16.397	Benzene, octyl-	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub>	190	0,833	Hidrocarboneto Aromático
47	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	2,111	Hidrocarboneto Alifático
48	16.691	2-Tridecanone	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	198	0,529	Cetona

<b>49</b>	16.743	Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	212	2,709	Hidrocarboneto Alifático
<b>50</b>	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	214	1,561	Éster
<b>51</b>	17.098	5-tert-Butylpyrogallol	$C_{10}H_{14}O_3$	182	0,756	Álcool
<b>52</b>	17.800	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1 $\beta$ -(3-methyl-1,3-butadienyl)-2 $\alpha$ ,6 $\beta$ -dimethyl-3 $\beta$ -acetoxy-	$C_{16}H_{24}O_3$	264	0,968	Álcool
<b>53</b>	17.972	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282	1,345	Ácido Carboxílico
<b>54</b>	18.064	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	$C_{17}H_{36}$	240	0,726	Hidrocarboneto Alifático
<b>55</b>	18.221	1,3-Dimethoxy-5-(1-methyl-heptyl)-benzene	$C_{16}H_{26}O_2$	250	0,803	Éter
<b>56</b>	19.061	Palmitoleic acid	$C_{16}H_{30}O_2$	254	0,804	Ácido Carboxílico
<b>57</b>	19.125	Palmitoleic acid	$C_{16}H_{30}O_2$	254	1,546	Ácido Carboxílico
<b>58</b>	19.238	2-Hexadecanol	$C_{16}H_{34}O$	242	1,365	Álcool
<b>59</b>	19.322	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	$C_{17}H_{36}$	240	2,592	Hidrocarboneto Alifático
<b>60</b>	19.616	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	3,392	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 38: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 3 do Exp.1.

<b>Ponto 3</b>						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.875	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,848	Cetona
2	8.157	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,858	Aldeído
3	8.465	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	8,738	Fenol
4	8.819	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,598	Cetona
5	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,528	Éter
6	9.541	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,045	Cetona
7	9.814	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,724	Fenol
8	9.958	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,559	Cetona
9	10.109	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,808	Cetona
10	10.193	p-Cresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,445	Fenol
11	10.441	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,327	Fenol
12	10.617	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,723	Hidrocarboneto Alifático
13	10.800	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,278	Fenol
14	10.876	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,250	Éter
15	11.259	Phenol, 4-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,973	Fenol
16	11.464	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,686	Fenol
17	11.497	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,022	Fenol
18	11.593	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,976	Hidrocarboneto Alifático
19	11.664	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,719	Hidrocarboneto Aromático
20	11.816	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,172	Fenol
21	11.941	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,183	Éter
22	12.158	4-Tridecene, (Z)-	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	1,427	Hidrocarboneto Alifático

23	12.205	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,876	Fenol
24	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,722	Hidrocarboneto Aromático
25	12.527	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,138	Éter
26	12.650	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,805	Éter
27	12.695	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,489	Éter
28	12.761	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,876	Aldeído
29	12.924	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,164	Fenol
30	13.265	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,240	Fenol
31	13.330	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,782	Aldeído
32	13.436	Furan, 2,2'-methylenebis[5-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	176	1,968	Éter
33	13.503	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,834	Fenol
34	13.566	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	4,029	Fenol
35	13.742	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	2,045	Hidrocarboneto Alifático
36	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,748	Hidrocarboneto Alifático
37	14.042	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,488	Hidrocarboneto Aromático
38	14.152	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,903	Cetona
39	14.293	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	2,354	Aldeído
40	14.657	Phenol, 2,6-dimethoxy-, acetate	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	196	1,398	Fenol
41	14.778	Spiro[tricyclo[3.3.1.1(3,7)]decane-2,2'-oxetan]-4'-one, 3'-methylene	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	204	0,816	Cetona
42	14.914	Benzenemethanol, α-ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,296	Álcool
43	15.234	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	0,993	Hidrocarboneto Alifático
44	15.343	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,874	Hidrocarboneto Alifático
45	15.886	Naphthalene, 1,5-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,878	Hidrocarboneto Aromático
46	16.026	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,936	Fenol
47	16.159	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,284	Fenol
48	16.395	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	1,003	Cetona
49	16.638	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	1,294	Hidrocarboneto Alifático

<b>50</b>	16.740	Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	212	1,685	Hidrocarboneto Alifático
<b>51</b>	17.045	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	214	1,301	Éster
<b>52</b>	17.097	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl-	$C_{10}H_{14}O_3$	182	1,069	Éter
<b>53</b>	17.640	Dodecanoic acid	$C_{12}H_{24}O_2$	248	1,256	Ácido Carboxílico
<b>54</b>	17.711	Decanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	$C_{13}H_{26}O_4$	246	0,990	Éster
<b>55</b>	17.794	3 $\beta$ ,17 $\beta$ -dihydroxyestr-4-ene	$C_{18}H_{28}O_2$	276	1,172	Éster
<b>56</b>	17.968	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282	1,189	Ácido Carboxílico
<b>57</b>	18.216	Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166	1,037	Hidrocarboneto Aromático
<b>58</b>	19.125	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	1,140	Ácido Carboxílico
<b>59</b>	19.237	1-Tricosanol	$C_{23}H_{48}O$	340	0,844	Álcool
<b>60</b>	19.319	2-Pentadecanone	$C_{15}H_{30}O$	226	1,757	Hidrocarboneto Alifático
<b>61</b>	19.610	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	2,440	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 39: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 4 do Exp.1.

Ponto 4						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.875	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,621	Cetona
2	7.097	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,414	Cetona
3	7.176	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,423	Cetona
4	8.159	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,603	Aldeído
5	8.465	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	7,197	Fenol
6	8.820	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,387	Cetona
7	8.845	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,539	Éter
8	9.539	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,967	Cetona
9	9.813	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,500	Fenol
10	9.960	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,454	Cetona
11	10.109	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,761	Cetona
12	10.194	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,581	Fenol
13	10.266	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,561	Fenol
14	10.317	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,465	Éter
15	10.441	Mequinol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	2,941	Fenol
16	10.617	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,601	Hidrocarboneto Alifático
17	10.801	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,184	Fenol
18	10.876	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,081	Éter
19	11.259	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,713	Fenol
20	11.464	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,562	Fenol
21	11.498	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,802	Fenol
22	11.595	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,830	Hidrocarboneto Alifático

23	11.665	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,425	Hidrocarboneto Aromático
24	11.696	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,590	Hidrocarboneto Alifático
25	11.816	Phenol, 2,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,430	Fenol
26	11.941	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,936	Éter
27	12.159	(E)-Tetradec-2-enal	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O	210	1,174	Aldeído
28	12.206	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,716	Fenol
29	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,429	Hidrocarboneto Aromático
30	12.456	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,499	Fenol
31	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,892	Éter
32	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,646	Éter
33	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,176	Éter
34	12.762	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,729	Aldeído
35	12.924	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,993	Fenol
36	13.012	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,442	Fenol
37	13.266	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,073	Fenol
38	13.331	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,622	Aldeído
39	13.437	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,571	Hidrocarboneto Alifático
40	13.500	Phenol, 2,4,6-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,666	Fenol
41	13.567	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,993	Fenol
42	13.744	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,400	Hidrocarboneto Alifático
43	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,260	Hidrocarboneto Alifático
44	14.042	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,227	Hidrocarboneto Aromático
45	14.150	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,742	Cetona
46	14.202	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,557	Hidrocarboneto Aromático
47	14.292	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,918	Hidrocarboneto Alifático
48	14.655	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,355	Fenol
49	14.777	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,626	Álcool
50	14.813	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,466	Álcool

51	14.914	Benzenemethanol, $\alpha$ -ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,012	Álcool
52	15.233	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0,752	Álcool
53	15.275	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,230	Hidrocarboneto Aromático
54	15.343	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,667	Hidrocarboneto Alifático
55	15.511	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,576	Hidrocarboneto Aromático
56	15.703	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,763	Cetona
57	15.796	Benzenepropanoic acid, $\beta,\beta,3,4$ -tetramethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206	0,340	Éster
58	15.888	Naphthalene, 2,6-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,558	Hidrocarboneto Aromático
59	15.955	2-cyclohexen-1-ol, 1-phenyl-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,348	Álcool
60	15.984	12-Oxatetracyclo[4.3.1.1(2,5).1(4,10)]dodecane, 11-isopropylidene-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O	204	0,248	Éter
61	16.028	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	1,135	Fenol
62	16.159	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,395	Fenol
63	16.394	Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,743	Cetona
64	16.639	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	1,077	Álcool
65	16.689	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,7,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O	188	0,469	Cetona
66	16.740	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,633	Hidrocarboneto Alifático
67	17.045	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,304	Éster
68	17.098	5-tert-Butylpyrogallol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	1,101	Álcool
69	17.311	3,5-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,814	Álcool
70	17.665	Undecanoic acid	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	1,462	Ácido Carboxílico
71	17.703	Undecanoic acid	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	1,388	Ácido Carboxílico
72	17.795	1,1'-Butadiynylenedicyclohexanol	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	246	0,799	Álcool
73	17.839	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0,940	Hidrocarboneto Alifático
74	17.969	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,765	Ácido Carboxílico
75	18.061	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	0,379	Hidrocarboneto Alifático
76	18.218	Propane, 2-methyl-1,1,1-triphenyl-	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub>	286	0,930	Hidrocarboneto Aromático

<b>77</b>	19.004	$\alpha$ -Santonin	$C_{15}H_{18}O_3$	246	0,484	Éster
<b>78</b>	19.060	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	0,630	Ácido Carboxílico
<b>79</b>	19.127	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	1,288	Ácido Carboxílico
<b>80</b>	19.237	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282	0,866	Ácido Carboxílico
<b>81</b>	19.319	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	$C_{20}H_{42}O_2$	314	1,913	Álcool
<b>82</b>	19.612	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	3,251	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 40: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 5 do Exp.1.

<b>Ponto 5</b>						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.878	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1,658	Cetona
2	8.468	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	10,467	Fenol
3	9.551	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	1,259	Cetona
4	9.818	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,845	Fenol
5	10.197	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	10,529	Fenol
6	10.445	Phenol, 2-methoxy	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	4,357	Fenol
7	10.803	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,534	Fenol
8	10.878	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,508	Éter
9	11.468	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,448	Fenol
10	11.502	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,699	Fenol
11	11.817	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,107	Fenol
12	11.945	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,792	Éter
13	12.161	2-Dodecenal	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	1,209	Aldeído
14	12.208	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	3,262	Fenol
15	12.260	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	3,483	Hidrocarboneto Aromático
16	12.530	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,484	Éter
17	12.654	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,034	Éter
18	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	2,035	Éter
19	12.929	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,282	Fenol
20	13.439	Megastigma-4,6(Z),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	2,093	Hidrocarboneto Alifático
21	13.569	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	4,732	Fenol
22	13.746	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,988	Hidrocarboneto Alifático

23	13.868	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,913	Hidrocarboneto Alifático
24	14.044	Naphthalene, 2-methyl	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,169	Hidrocarboneto Aromático
25	14.154	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	1,061	Cetona
26	14.295	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,934	Hidrocarboneto Aromático
27	14.662	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,277	Fenol
28	14.917	2-Methoxy-5-methylbenzoic acid	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	166	1,333	Ácido Carboxílico
29	15.237	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,023	Hidrocarboneto Alifático
30	15.345	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,857	Hidrocarboneto Alifático
31	15.887	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	1,008	Hidrocarboneto Aromático
32	16.030	2,3-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	1,205	Álcool
33	16.162	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,943	Fenol
34	16.397	Cyclopropanecarboxylic acid, 2-methyl-1-(phenylmethyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	190	1,074	Ácido Carboxílico
35	16.639	1-Hexadecanol	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O	242	0,973	Álcool
36	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,561	Hidrocarboneto Alifático
37	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,388	Éster
38	17.099	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	1,040	Éter
39	17.640	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272	1,465	Éster
40	17.706	Cycloheptene, 4-methoxy-2-phenyl-	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> O	202	1,032	Éter
41	17.971	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,931	Ácido Carboxílico
42	18.222	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	1,182	Hidrocarboneto Aromático
43	19.320	2-Hexadecanol	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O	242	1,660	Álcool
44	19.612	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	3,166	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 41: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 6 do Exp.1.

Ponto 6						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,747	Cetona
2	7.101	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,499	Cetona
3	7.180	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,629	Cetona
4	8.466	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	96	9,336	Fenol
5	8.848	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,633	Éter
6	9.541	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,784	Cetona
7	9.815	Phenol, 2-methyl	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	4,012	Fenol
8	10.112	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,786	Cetona
9	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	8,631	Fenol
10	10.443	Phenol, 2-methoxy	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,328	Fenol
11	10.619	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,669	Hidrocarboneto Alifático
12	10.803	Phenol, 2,6-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,341	Fenol
13	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,322	Éter
14	11.261	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,722	Fenol
15	11.466	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,628	Fenol
16	11.499	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,904	Fenol
17	11.595	1H-Indene, 1-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,955	Hidrocarboneto aromático
18	11.817	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	4,692	Fenol
19	11.944	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,944	Éter
20	12.161	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	1,008	Aldeído
21	12.208	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,836	Fenol
22	12.260	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	2,470	Hidrocarboneto aromático

23	12.529	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,993	Éter
24	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,692	Éter
25	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,370	Éter
26	12.765	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,716	Aldeído
27	12.927	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,951	Fenol
28	13.266	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,157	Fenol
29	13.334	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,540	Aldeído
30	13.439	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,391	Hidrocarboneto Alifático
31	13.501	Phenol, 2,4,6-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,773	Fenol
32	13.568	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	4,633	Fenol
33	13.745	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	228	1,544	Álcool
34	13.868	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,511	Hidrocarboneto Alifático
35	14.044	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,721	Hidrocarboneto aromático
36	14.156	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,841	Cetona
37	14.203	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,635	Hidrocarboneto aromático
38	14.295	Benzocycloheptatriene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,422	Hidrocarboneto aromático
39	14.658	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	1,188	Fenol
40	14.782	Tricyclo[4.3.1.1<2,5>]undec-3-en-10-ol, 10-methyl-, stereoisomer	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,460	Álcool
41	14.816	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,357	Álcool
42	14.916	Benzenemethanol, α-ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	0,709	Álcool
43	15.236	9-Heptadecanol	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	246	0,586	Álcool
44	15.346	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,528	Hidrocarboneto Alifático
45	15.515	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-2,5,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub>	174	0,910	Hidrocarboneto aromático
46	15.889	Naphthalene, 1,4-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,836	Hidrocarboneto aromático
47	15.956	Cyclopentanecarboxylic acid, 4-methylene-2-phenyl-, methyl ester, trans-	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	216	0,724	Éster
48	16.029	3,5-Dimethoxy-4-hydroxytoluene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,961	Fenol
49	16.163	Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	2,345	Fenol

50	16.397	Cyclopenta[1,3]cyclopropano[1,2]cyclohepten-3(3aH)-one, 1,2,3b,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,899	Cetona
51	16.640	1-Pentadecene	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210	0,765	Hidrocarboneto Alifático
52	16.692	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,7,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O	188	0,330	Cetona
53	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,340	Hidrocarboneto Alifático
54	17.048	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,026	Éster
55	17.100	5-tert-Butylpyrogallol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	0,840	Álcool
56	17.315	Dibenzofuran	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> O	168	0,788	Éter
57	17.641	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	1,548	Ácido carboxílico
58	17.695	Undecanoic acid	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	1,455	Ácido carboxílico
59	17.801	1,1'-Butadiynylenedicyclohexanol	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	246	1,062	Álcool
60	17.970	cis-Vaccenic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,707	Ácido carboxílico
61	18.218	Fluorene-9-methanol	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O	196	1,393	Álcool
62	19.064	Erucic acid	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	338	0,486	Ácido carboxílico
63	19.130	Benzene, [3-(2-cyclohexylethyl)-6-cyclopentylhexyl]-	C <sub>25</sub> H <sub>40</sub>	340	0,888	Hidrocarboneto aromático
64	19.240	1-Tricosanol	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub> O	340	0,491	Álcool
65	19.322	2-Pentadecanone	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226	1,267	Cetona
66	19.616	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	2,345	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 42: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 7 do Exp.1.

Ponto 7						
N°	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,361	Cetona
2	7.094	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,367	Cetona
3	7.173	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,533	Éter
4	8.161	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,325	Aldeído
5	8.470	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	7,930	Fenol
6	8.686	Cyclodecane	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140	0,262	Hidrocarboneto Alifático
7	8.791	Benzene, 1,2,3-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,240	Hidrocarboneto Aromático
8	8.823	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,306	Cetona
9	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,401	Éter
10	9.310	7-Octenal, 3,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0,363	Aldeído
11	9.479	2-Acetyl-5-methylfuran	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	0,294	Éter
12	9.541	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,816	Cetona
13	9.751	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,336	Hidrocarboneto Aromático
14	9.815	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,299	Fenol
15	9.916	1,2,3,4,5,8-Hexahydronaphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,327	Hidrocarboneto Alifático
16	9.968	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,398	Cetona
17	10.111	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,616	Cetona
18	10.198	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,718	Fenol
19	10.275	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,345	Fenol
20	10.316	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,366	Éter
21	10.443	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	2,735	Fenol
22	10.618	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,530	Hidrocarboneto Alifático

23	10.675	2-Propenal, 3-phenyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,524	Aldeído
24	10.803	Phenol, 2,6-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,069	Fenol
25	10.877	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	0,994	Éter
26	11.260	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,480	Fenol
27	11.465	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,378	Fenol
28	11.499	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,523	Fenol
29	11.597	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,698	Hidrocarboneto Alifático
30	11.667	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,350	Hidrocarboneto Aromático
31	11.700	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,568	Hidrocarboneto Alifático
32	11.767	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,710	Fenol
33	11.817	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,316	Fenol
34	11.946	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,442	Éter
35	12.160	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	0,916	Aldeído
36	12.207	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,395	Fenol
37	12.260	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	1,500	Aldeído
38	12.295	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,388	Hidrocarboneto Alifático
39	12.457	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,473	Fenol
40	12.528	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,847	Éter
41	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,574	Éter
42	12.697	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,084	Éter
43	12.766	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,605	Éter
44	12.925	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,836	Hidrocarboneto Alifático
45	13.014	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,348	Fenol
46	13.267	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,976	Fenol
47	13.333	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,488	Aldeído
48	13.439	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,189	Hidrocarboneto Alifático
49	13.504	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,526	Fenol
50	13.569	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	2,877	Fenol

51	13.746	Acetic acid, 10-chlorodecyl ester	$C_{12}H_{23}Cl$ $O_2$	234	1,115	Éster
52	13.868	Tridecane	$C_{13}H_{28}$	184	1,106	Hidrocarboneto Alifático
53	13.977	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	$C_{12}H_{16}$	160	0,342	Hidrocarboneto Aromático
54	14.045	Naphthalene, 1-methyl-	$C_{11}H_{10}$	142	1,284	Hidrocarboneto Aromático
55	14.155	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl-	$C_{11}H_{12}O$	160	0,585	Cetona
56	14.203	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	$C_{12}H_{16}$	160	0,507	Hidrocarboneto Aromático
57	14.295	Benzocycloheptatriene	$C_{11}H_{10}$	142	1,853	Hidrocarboneto Aromático
58	14.464	1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-5,7-dimethyl-	$C_{11}H_{12}O$	160	0,333	Cetona
59	14.615	1,3-Cyclohexadiene-1-methanol, $\alpha$ ,2,6,6-tetramethyl	$C_{11}H_{18}O$	166	0,310	Álcool
60	14.658	Phenol, 2,6-dimethoxy-	$C_8H_{10}O_3$	154	1,070	Fenol
61	14.778	Methyl 4,6-tetradecadiynoate	$C_{15}H_{22}O_2$	234	0,513	Éster
62	14.816	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	$C_{11}H_{14}O_2$	178	0,488	Álcool
63	14.916	Benzenemethanol, $\alpha$ -ethyl-4-methoxy-	$C_{10}H_{14}O_2$	166	0,883	Álcool
64	14.975	Naphthalene, 1,2,3,4,5,6-hexahydro-1,1,6-trimethyl-	$C_{13}H_{20}$	176	0,303	Hidrocarboneto Aromático
65	15.236	(E)-Hexadec-2-enal	$C_{16}H_{30}O$	238	0,607	Aldeído
66	15.279	Biphenyl	$C_{12}H_{10}$	154	0,314	Hidrocarboneto Aromático
67	15.346	Tetradecane	$C_{14}H_{30}$	198	0,502	Hidrocarboneto Alifático
68	15.450	2(1H)-Naphthalenone, 7-ethynyl-4 <sup>a</sup> ,5,6,7,8,8 <sup>a</sup> -hexahydro-1,4 <sup>a</sup> -dimethyl-, (1 $\alpha$ ,4 $\alpha\beta$ ,7 $\beta$ ,8 $\alpha\alpha$ )-	$C_{14}H_{18}O$	202	0,401	Cetona
69	15.515	5,8,11-Heptadecatriynoic acid, methyl ester	$C_{18}H_{24}O_2$	272	0,835	Éster
70	15.708	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	$C_{12}H_{14}O$	174	0,762	Cetona
71	15.799	Longiverbenone	$C_{15}H_{22}O$	218	0,486	Cetona
72	15.887	Naphthalene, 1,4-dimethyl-	$C_{12}H_{12}$	156	0,672	Hidrocarboneto Aromático
73	15.954	Cyclopentanecarboxylic acid, 4-methylene-2-phenyl-, methyl ester, trans-	$C_{14}H_{16}O_2$	216	0,563	Éster
74	16.029	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	$C_9H_{12}O_3$	168	0,844	Fenol
75	16.161	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	$C_{10}H_{12}O_2$	164	1,626	Fenol

<b>76</b>	16.396	Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, 1,2,5 <sup>a</sup> ,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,741	Cetona
<b>77</b>	16.449	Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, 1,2,5 <sup>a</sup> ,6,7,8-hexahydro-6,6-dimethyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190	0,240	Cetona
<b>78</b>	16.640	E-2-Hexadecacen-1-ol	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	0,726	Álcool
<b>79</b>	16.691	Falcarinol	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,301	Álcool
<b>80</b>	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,223	Hidrocarboneto Alifático
<b>81</b>	16.856	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,302	Álcool
<b>82</b>	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,801	Éster
<b>83</b>	17.101	5-tert-Butylpyrogallol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	0,840	Álcool
<b>84</b>	17.314	3,5-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,805	Álcool
<b>85</b>	17.704	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	3,060	Ácido Carboxílico
<b>86</b>	17.791	3H-Cyclodeca[b]furan-2-one, 4,9-dihydroxy-6-methyl-3,10-dimethylene-3 <sup>a</sup> ,4,7,8,9,10,11,11 <sup>a</sup> -octahydro-	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	264	0,933	Cetona
<b>87</b>	17.842	Bicyclo[4.4.0]dec-2-ene-4-ol, 2-methyl-9-(prop-1-em-3-ol-2-yl)-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	236	1,070	Álcool
<b>88</b>	17.972	2-((2R,4aR,8aS)-4 <sup>a</sup> -Methyl-8-methylenedecahydronaphthalen-2-yl)acrylaldehyde	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	0,759	Aldeído
<b>89</b>	18.062	12,14,14-Trimethyl-3,6,9-trioxapentadecan-1-ol	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O <sub>4</sub>	276	0,454	Álcool
<b>90</b>	18.119	Cyclohexane, 1,2,3,4-bis(epoxy)-2,6,6-trimethyl-1-(pent-2-em-4-one-2-yl)-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	236	0,338	Cetona
<b>91</b>	18.221	1,3-Dimethoxy-5-(1-methyl-heptyl)-benzene	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	250	0,966	Éter
<b>92</b>	19.008	2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 2-hydroxy-5-(3-methyl-2-butenyl)-4-(1-methylethenyl)-	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	230	0,318	Cetona
<b>93</b>	19.062	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	0,426	Ácido Carboxílico
<b>94</b>	19.131	Retinal	C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O	284	0,691	Aldeído
<b>95</b>	19.236	Erucic acid	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	338	0,579	Ácido Carboxílico
<b>96</b>	19.321	8-Octadecenal	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O	266	1,364	Aldeído
<b>97</b>	19.614	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	1,463	Éster

<b>98</b>	20.448	5,8-Dihydroxy-4 <sup>a</sup> -methyl-4,4 <sup>a</sup> ,4b,5,6,7,8,8 <sup>a</sup> ,9,10-decahydro-2(3H)-phenanthrenone	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	250	0,594	Cetona
<b>99</b>	20.553	Eicosanoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	0,835	Ácido Carboxílico
<b>100</b>	20.683	Eicosanoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	1,284	Ácido Carboxílico
<b>101</b>	20.784	9,10-Ethanoanthracene, 9,10-dihydro-11,12-diacetyl-	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	290	2,305	Cetona
<b>102</b>	20.890	Eicosanoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	1,336	Ácido Carboxílico
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 43: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 8 do Exp.1.

Ponto 8						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,568	Cetona
2	6.872	o-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	0,266	Fenol
3	7.098	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0,489	Cetona
4	7.175	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,693	Cetona
5	8.165	Benzene, 1-ethyl-2-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,409	Hidrocarboneto Aromático
6	8.468	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	9,336	Fenol
7	8.792	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	0,455	Hidrocarboneto Aromático
8	8.823	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,389	Cetona
9	8.848	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,536	Éter
10	9.542	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,879	Cetona
11	9.752	3-Methylphenylacetylene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,402	Hidrocarboneto Aromático
12	9.815	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,666	Fenol
13	9.917	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene,4-methylene1(1-methylethyl)	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,419	Hidrocarboneto Alifático
14	9.964	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,428	Cetona
15	10.110	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,757	Cetona
16	10.196	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	7,645	Fenol
17	10.271	Phenol, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0,593	Fenol
18	10.316	Allyl o-tolyl ether	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148	0,463	Éter
19	10.444	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,600	Fenol
20	10.619	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,729	Hidrocarboneto Alifático
21	10.803	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,117	Fenol
22	10.878	Benzofuran, 2-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,201	Éter

23	11.261	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,584	Fenol
24	11.466	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,457	Fenol
25	11.500	Phenol, 2,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,692	Fenol
26	11.598	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,923	Hidrocarboneto Alifático
27	11.667	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	1,090	Hidrocarboneto Aromático
28	11.783	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,177	Fenol
29	11.818	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,981	Fenol
30	11.945	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	1,978	Éter
31	12.160	2-Dodecenal, (E)-	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	1,187	Aldeído
32	12.207	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	3,147	Fenol
33	12.261	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,985	Hidrocarboneto Aromático
34	12.295	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,568	Hidrocarboneto Alifático
35	12.457	Phenol, 2,4,5-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,543	Fenol
36	12.529	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,057	Éter
37	12.653	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,712	Éter
38	12.698	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,380	Éter
39	12.764	2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,683	Aldeído
40	12.926	Phenol, 3-ethyl-5-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,862	Fenol
41	13.267	Phenol, 2-ethyl-4-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,130	Fenol
42	13.334	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,704	Aldeído
43	13.440	Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,507	Hidrocarboneto Alifático
44	13.503	Phenol, 2,3,5-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,630	Fenol
45	13.570	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,539	Fenol
46	13.746	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O	228	1,321	Álcool
47	13.869	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,176	Hidrocarboneto Alifático
48	13.978	Tricyclo[4.3.1.1<2,5>]undec-3-en-10-ol, 10-methyl-, stereoisomer	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178	0,272	Álcool
49	14.044	Naphthalene, 1-methyl	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,238	Hidrocarboneto Aromático
50	14.155	3-Buten-2-one, 3-methyl-4-phenyl	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,602	Cetona

51	14.202	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,456	Hidrocarboneto Aromático
52	14.295	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,757	Hidrocarboneto Alifático
53	14.464	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-5,7-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,265	Hidrocarboneto Aromático
54	14.616	Phenol, 4-(2-propenyl)-, acetate	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	176	0,327	Fenol
55	14.658	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	0,763	Fenol
56	14.779	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,548	Álcool
57	14.815	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,428	Álcool
58	14.917	Benzenemethanol, $\alpha$ -ethyl-4-methoxy-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	1,076	Álcool
59	15.236	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	0,596	Hidrocarboneto Alifático
60	15.279	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,270	Hidrocarboneto Aromático
61	15.345	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	0,522	Hidrocarboneto Alifático
62	15.453	Tetracyclo[5.3.1.0(2,6).0(8,11)]undecan-4-one, 6-methoxy-2-methyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206	0,338	Cetona
63	15.513	Naphthalene, 1,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,562	Hidrocarboneto Aromático
64	15.706	1(2H)-Naphthalenone, 8-ethyl-3,4-dihydro-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,391	Cetona
65	15.800	Phenol, 2-methyl-5-(1,2,2-trimethylcyclopentyl)-, (S)-	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	0,395	Fenol
66	15.887	Naphthalene, 1,7-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,609	Hidrocarboneto Aromático
67	15.959	Naphthalene, 1,7-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,569	Hidrocarboneto Aromático
68	16.029	Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,793	Fenol
69	16.162	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1,736	Fenol
70	16.397	1,4-Bis(1'-hydroxycyclopentyl)-1,3-butadiyne	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	218	0,685	Álcool
71	16.641	1-Hexadecanol, 2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0,679	Álcool
72	16.692	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,7,8-trimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O	188	0,230	Cetona
73	16.743	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,261	Hidrocarboneto Alifático
74	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0,960	Éster
75	17.100	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	0,755	Éter
76	17.315	Dibenzofuran	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> O	168	0,524	Éter
77	17.647	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	1,314	ácido carboxílico
78	17.703	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	1,437	ácido carboxílico

<b>79</b>	17.801	2H-Cyclohepta[b]furan-2-one, 6-[1-(acetyloxy)-3-oxobutyl]-3,3a,4,7,8,8a-hexahydro-7-methyl-3-methylene-	$C_{17}H_{22}O_5$	306	0,612	Cetona
<b>80</b>	17.971	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282	0,671	ácido carboxílico
<b>81</b>	18.220	Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166	0,755	hidrocarboneto aromático
<b>82</b>	19.009	10-Heptadecen-8-ynoic acid, methyl ester, (E)-	$C_{18}H_{30}O_2$	278	0,391	Éster
<b>83</b>	19.065	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	0,517	ácido carboxílico
<b>84</b>	19.128	Retinal	$C_{20}H_{28}O$	284	1,011	Aldeído
<b>85</b>	19.239	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	0,510	ácido carboxílico
<b>86</b>	19.320	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	$C_{20}H_{42}O_2$	314	1,099	álcool
<b>87</b>	19.612	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	2,023	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 44: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 9 do Exp.1.

Ponto 9						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.876	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0,603	Cetona
2	7.095	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	98	0,513	Cetona
3	7.173	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,577	Cetona
4	8.158	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	110	0,380	Aldeído
5	8.463	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	8,982	Fenol
6	8.822	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,353	Éter
7	8.846	Benzofuran	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O	118	0,486	Cetona
8	9.539	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0,990	Éter
9	9.750	Indene	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116	0,380	Hidrocarboneto Aromático
10	9.813	Phenol, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	3,597	Fenol
11	9.914	Benzene, n-butyl-	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0,377	Hidrocarboneto Aromático
12	9.960	2-Cyclopenten-1-one, 3,4,4-trimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0,407	Cetona
13	10.109	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0,650	Cetona
14	10.194	Phenol, 3-methyl	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	6,848	Fenol
15	10.441	Phenol, 2-methoxy-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	3,408	Fenol
16	10.615	Undecane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0,651	Hidrocarboneto Alifático
17	10.801	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,188	Fenol
18	10.875	Benzofuran, 2-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,137	Éter
19	11.258	Phenol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	0,571	Fenol
20	11.464	Phenol, 2,4-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,676	Fenol
21	11.497	Phenol, 2,4-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,650	Fenol
22	11.593	Tetracyclo[5.3.0.0<2,6>.0<3,10>]deca-4,8-diene	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	0,739	Hidrocarboneto Alifático

23	11.665	Benzene, pentyl-	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148	0,977	Hidrocarboneto Aromático
24	11.783	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,007	Fenol
25	11.815	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,425	Fenol
26	11.945	Phenol, 3-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,559	Fenol
27	12.158	3-Tetradecene, (E)-	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	1,006	Hidrocarboneto Alifático
28	12.205	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	2,668	Fenol
29	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	1,504	Hidrocarboneto Aromático
30	12.456	Phenol, 2,4,6-trimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,478	Fenol
31	12.528	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	0,879	Hidrocarboneto Aromático
32	12.651	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	0,589	Éter
33	12.696	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,138	Éter
34	12.764	1,5-Dihydroxy-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	0,653	Álcool
35	12.925	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,915	Fenol
36	13.264	Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	1,040	Fenol
37	13.331	Benzenepentanal	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	162	0,598	Aldeído
38	13.437	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,176	Hidrocarboneto Alifático
39	13.502	Phenol, 2,4,6-trimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136	0,552	Fenol
40	13.567	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	3,311	Fenol
41	13.744	Benzenepropanoic acid, octyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	262	1,184	Éster
42	13.866	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,205	Hidrocarboneto Alifático
43	14.042	Naphthalene, 2-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,226	Hidrocarboneto Aromático
44	14.152	1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-3,3-dimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O	160	0,576	Cetona
45	14.196	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub>	160	0,523	Hidrocarboneto Aromático
46	14.293	1-Phthalanol, 1,3,3-trimethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	1,903	Álcool
47	14.612	1,3-Cyclohexadiene-1-methanol, α,2,6,6-tetramethyl	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O	166	0,315	Álcool
48	14.657	Phenol, 2,6-dimethoxy	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	154	0,850	Fenol
49	14.776	Aristol-1(10)-em-9-ol	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	220	0,526	Álcool
50	14.814	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-diene-9,10-diol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	178	0,524	Álcool

51	14.914	Phenol, 2-methoxy-4-propyl	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	166	0,969	Fenol
52	15.233	(E)-Tetradec-2-enal	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O	210	0,627	Aldeído
53	15.277	Biphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	0,313	Hidrocarboneto Aromático
54	15.343	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0,533	Hidrocarboneto Alifático
55	15.511	Tricyclo[5.2.1.0(2,6)]decane, 3-methylene-4-phenyl-	C <sub>17</sub> H <sub>20</sub>	224	0,605	Hidrocarboneto Aromático
56	15.668	Falcarinol	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,364	Álcool
57	15.707	2-cyclohexen-1-ol, 1-phenyl-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O	174	0,413	Álcool
58	15.796	5-Isopropylidene-4,6-dimethylnona-3,6,8-trien-2-ol	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206	0,484	Álcool
59	15.886	Naphthalene, 1,3-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,665	Hidrocarboneto Aromático
60	15.954	Naphthalene, 1,3-dimethyl	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	156	0,620	Hidrocarboneto Aromático
61	16.026	Vanillic acid	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	168	0,838	Ácido Carboxílico
62	16.160	Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1,669	Fenol
63	16.394	4-(6,6-Dimethyl-2-methylene-cyclohex-3-enylidene)-pentan-2-one	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O	204	0,700	Cetona
64	16.638	1-Hexadecanol, 2-methyl	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0,768	Álcool
65	16.740	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,410	Hidrocarboneto Alifático
66	16.850	2,9-Heptadecadiene-4,6-diyn-8-ol, (Z,E)-	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O	244	0,308	Álcool
67	16.957	Cyclopentanol, 3,3,4-trimethyl-4-p-tolyl-, (R,R)-(+)-	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	0,256	Álcool
68	17.047	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	1,522	Éster
69	17.097	5-tert-Butylpyrogallol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	182	1,004	Álcool
70	17.311	3,5-Dimethoxybenzyl alcohol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	168	0,680	Álcool
71	17.652	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	2,317	Ácido Carboxílico
72	17.701	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	1,651	Ácido Carboxílico
73	17.797	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	1,069	Álcool
74	17.836	Bicyclo[4.1.0]heptan-2-ol, 1β-(3-methyl-1,3-butadienyl)-2α,6β-dimethyl-3β-acetoxy-	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	264	1,082	Álcool
75	17.968	Oleic Acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	1,038	Ácido Carboxílico
76	18.064	Geranyl isovalerate	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	238	0,472	Éster

<b>77</b>	18.217	Benzene, 1-ethyl-3-(phenylmethyl)-	$C_{15}H_{16}$	196	1,224	Hidrocarboneto Aromático
<b>78</b>	19.060	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	0,641	Ácido Carboxílico
<b>79</b>	19.124	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	1,235	Ácido Carboxílico
<b>80</b>	19.235	Erucic acid	$C_{22}H_{42}O_2$	338	0,616	Ácido Carboxílico
<b>81</b>	19.319	2-Pentadecanone	$C_{15}H_{30}O$	226	1,357	Cetona
<b>82</b>	19.611	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	2,586	Éster
<b>83</b>	21.992	Pentadecanoic acid, 13-methyl-, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	270	1,494	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 45: Compostos identificados por GC-MS para o ponto 10 do Exp.1.

Ponto 10						
Nº	Tempo de Retenção (min)	Nome	Fórmula Molecular	Peso Molecular	% em área	Grupo Funcional
1	5.874	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	2,184	Cetona
2	8.464	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	94	16,181	Fenol
3	9.543	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	2,575	Cetona
4	9.815	Phenol, 2-methyl	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	7,599	Fenol
5	10.195	Phenol, 2-methyl	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	10,544	Fenol
6	10.442	Phenol, 2-methoxy	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	6,067	Fenol
7	10.802	Phenol, 2,6-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	1,761	Fenol
8	10.877	Benzofuran, 2-methyl	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O	132	1,643	Éter
9	11.465	Phenol, 2,4-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,112	Fenol
10	11.499	Phenol, 2,5-dimethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,402	Fenol
11	11.783	Phenol, 3-ethyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	2,661	Fenol
12	11.816	Phenol, 2,5-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	3,576	Fenol
13	11.952	Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	162	2,067	Éter
14	12.205	Creosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	4,129	Fenol
15	12.258	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	2,729	Hidrocarboneto Aromático
16	12.697	Benzofuran, 4,7-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	146	1,660	Éter
17	13.436	Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	1,669	Hidrocarboneto Alifático
18	13.567	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	152	5,697	Fenol
19	13.744	7-Tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196	2,021	Hidrocarboneto Alifático
20	13.867	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1,724	Hidrocarboneto Alifático
21	14.043	Naphthalene, 1-methyl-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	1,784	Hidrocarboneto Aromático
22	14.294	1H-Indene, 1-ethylidene-	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	142	2,751	Hidrocarboneto Aromático

<b>23</b>	14.914	Phenol, 2-methoxy-4-propyl-	$C_{10}H_{14}O_2$	166	1,603	Fenol
<b>24</b>	16.741	Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	212	2,000	Hidrocarboneto Alifático
<b>25</b>	17.046	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	214	1,551	Éster
<b>26</b>	17.642	Dodecanoic acid	$C_{12}H_{24}O_2$	200	2,948	Ácido Carboxílico
<b>27</b>	18.214	Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166	1,242	Hidrocarboneto Aromático
<b>28</b>	19.317	2-Pentadecanone	$C_{15}H_{30}O$	226	1,331	Cetona
<b>29</b>	19.612	Methyl tetradecanoate	$C_{15}H_{30}O_2$	242	3,789	Éster
					100	

Fonte: Autor (2022)