



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS E
ANÁLISE OLFATIVA DOS MATERIAIS E DA ATMOSFERA
DA CABINE DE VEÍCULOS RECÉM MANUFATURADOS**

WARLEN LIBRELON DE OLIVEIRA

Belo Horizonte, 04 de Abril de 2018

WARLEN LIBRELON DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS E
ANÁLISE OLFATIVA DOS MATERIAIS E DA ATMOSFERA
DA CABINE DE VEÍCULOS RECÉM MANUFATURADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica.

Área de concentração: (Engenharia de manufaturas e materiais)

Orientadora: Profa. Vanessa de Freitas Cunha Lins
(Universidade Federal de Minas Gerais)

Coorientador: Júlio Cesar de Souza
(Fiat Chrysler Automobiles - FCA)

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2018



Universidade Federal de Minas Gerais

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - 31.270-901 - Belo Horizonte – MG

Tel.: +55 31 3499-5145 - Fax.: +55 31 3443-3783

www.demec.ufmg.br - E-mail: cpgmec@demec.ufmg.br

CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS E ANÁLISE OLFATIVA DOS MATERIAIS E DA ATMOSFERA DA CABINE DE VEÍCULOS RECÉM MANUFATURADOS

WARLEN LIBRELON DE OLIVEIRA

Dissertação defendida e aprovada em 04, de abril de 2018, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Mestre em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**(Engenharia de manufatura e materiais)**"

Vanessa de Freitas Cunha Lins – Universidade Federal de Minas Gerais

Júlio Cesar de Souza – Fiat Chrysler Automobiles (FCA)

Gislaine Aparecida da Silva – Fiat Chrysler Automobiles (FCA)

AGRADECIMENTO

A todas pessoas do meu convívio e não importando o grau de contribuição, deixo minha gratidão por terem participado dessa conquista. Conquista essa que entre apertos de alívios conseguimos concluir. Uma conclusão que passa a ser um novo propósito de uma nova busca do conhecimento. Firmo então minha gratidão por:

À Vanessa de Freitas Cunha Lins. Uma professora que não me canso de elogiar e principal responsável pela minha evolução acadêmica. Agradeço especialmente pela confiança que depositou em mim desde o primeiro contato e sem nenhum vínculo acadêmico.

Ao Júlio César de Souza. Mais que um coorientador, uma pessoa o qual foi responsável por grande parte do aprendizado que obtive nessa jornada de pesquisa. Conduzindo de forma profissional nos diversos momentos de dificuldades e desafios.

A todos do laboratório de materiais pela convivência e aprendizado ao longo desse período de convivência.

A Kamilla Ribeiro pela ajuda na análise instrumental. Especialmente com muito boa vontade. Uma virtude para poucos.

Ao Eustáquio Librelon pela essencial ajuda na disponibilização dos materiais de análise. Sem essa ajuda, o atraso seria certo.

A FCA Fiat Chrysler Automobiles e o projeto Inovar Auto pela oportunidade da pesquisa e recursos repassados.

Ao meu amigo Paulo Uliana que sempre a postos para ajuda e cooperação nessa e outras pesquisas.

A todos colegas que passaram comigo pelas disciplinas, colaborando para que o conhecimento ficasse claro e a evolução pudesse ser comprovada.

Aos meus pais pela educação que me proporcionou.

À toda família pela companhia e incentivo que fortalece sempre a busca dos objetivos.

A Luciana Librelon que, apesar do pouco tempo de convívio, trouxe energia para seguir rumo aos propósitos.

Aos meus queridos filhos Thainan Augusto e Luanna Alice, pelo amor que saltam ao coração e que sempre serão minha base para acreditar em tudo que desejo.

“Inteligência é a habilidade de se adaptar as mudanças”

Stephen Hawking

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Cora Coralina

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE TABELAS E QUADROS	13
LISTA DE ABREVIATURAS	16
RESUMO.....	18
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivo Geral.....	20
1.2. Objetivos Específicos	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. Estudo sensorial do odor.....	21
2.1.1. Percepção olfativa.....	22
2.1.2. Limite olfativo	22
2.1.3. Caracterização e formação de odores	23
2.1.4. Limites Olfativos	24
2.2. Polímeros	25
2.3. Análise Instrumental	27
2.3.1. Cromatografia.....	27
2.3.2. Cromatografia Gasosa	30
2.3.2.1. Head Space	31
2.3.2.2. Espectrometria de massa	32
2.3.3. Chromatografia Líquida de Alta Eficiência.....	33
2.3.3.1. Cromatografia de partição.....	34
3. METODOLOGIA.....	35
3.1. Equipamentos e materiais	35
3.2. Componentes para análises olfativa e instrumental	35
3.3. Análise Olfativa	37
3.3.1. Componentes	39
3.3.1.1. Procedimento de amostragem	39
3.3.1.2. Análise olfativa dos componentes.....	39
3.3.2. Habitáculo veicular.....	39
3.3.3. Análise de resultados	40

3.3.3.1.	Estatística	40
3.3.3.2.	Inteligência Artificial	40
3.4.	Análise Instrumental	41
3.4.1.	Cromatografia gasosa com Headspace e Espectrometria de massas	41
3.4.1.1.	Condições cromatográficas	41
3.4.1.2.	Procedimentos de amostragem.....	42
3.4.2.	Cromatografia líquida de alta resolução	42
3.4.2.1.	Condições analíticas	42
3.4.2.2.	Procedimento de amostragem	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1.	Identificação dos compósitos nos componentes da cabine	46
4.2.	Análise olfativa	47
4.2.1.	Habitáculo veicular.....	47
4.2.2.	Componentes	55
4.3.	Análise por cromatografia gasosa	62
4.3.1.	Componentes	62
4.3.1.1.	Caixa de ar.....	63
4.3.1.2.	Console anterior	65
4.3.1.3.	Forro de teto	66
4.3.1.4.	Volante	66
4.3.1.5.	Guarnição de porta	68
4.3.1.6.	Assento em tecido	68
4.3.1.7.	Tampa interna porta malas	69
4.3.1.8.	Carpete	70
4.3.1.9.	Painel de coluna	71
4.3.1.10.	Painel de porta.....	72
4.3.1.11.	Cinto de segurança	73
4.3.1.12.	Tapete	74
4.3.1.13.	Painel de Instrumentos	75
4.3.1.14.	Parasol	75
4.3.1.15.	Assento em couro	77
4.4.	Análise por Cromatografia Líquida	78
4.5.	Relação entre análise Olfativa e Instrumental para os componentes	80

5. CONCLUSÕES	84
ABSTRACT.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXO A.....	93
ANEXO B.....	111

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Fases do frasco de <i>Headspace</i>	31
FIGURA 2.2 - Componentes de um espectrômetro de massas.....	33
FIGURA 3.1 – Estrutura para preparação de amostras para HPLC.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 - Espectro de massas para substância <i>p</i> -xileno.....	33
GRÁFICO 4.1 - Gráfico das notas das análises olfativas do habitáculo veicular por ambiente.....	50
GRÁFICO 4.2 - Gráfico de intervalo de confiança para médias de cada ambiente.	51
GRÁFICO 4.3 - Gráfico das notas das análises olfativas dos materiais do habitáculo veicular.....	58
GRÁFICO 4.4 - Gráfico de distribuição das notas das análises olfativas dos materiais em função da representatividade e do limite de aprovação.....	60
GRÁFICO 4.5 - Gráfico de distribuição das notas das análises olfativas dos componentes em função da representatividade e do limite de aprovação.....	62
GRÁFICO 4.6 – Curva cromatográfica de HPLC para amostras da atmosfera veicular.....	78
GRÁFICO 4.7 - Gráfico de estatística de ocorrência das substâncias com nota > 5.....	81
GRÁFICO 4.8 - Gráfico de estatística de ocorrência das substâncias com nota <= 5.....	83
GRÁFICO A.1.1- Cromatograma Capa tubulação da Caixa de ar.....	94
GRÁFICO A.1.2- Cromatograma Espuma adesiva da Caixa de ar.....	94
GRÁFICO A.1.3- Cromatograma Espuma comum da Caixa de ar.....	95
GRÁFICO A.1.4- Cromatograma Botões da Caixa de ar.....	95
GRÁFICO A.1.5- Cromatograma Mangueira da Caixa de ar.....	96
GRÁFICO A.1.6- Cromatograma Carcaça da Caixa de ar.....	96
GRÁFICO A.1.7- Cromatograma Rotor da Caixa de ar.....	97
GRÁFICO A.1.8- Cromatograma Borracha de proteção da Caixa de ar.....	97
GRÁFICO A1.9- Cromatograma Palhetas da Caixa de ar.....	98
GRÁFICO A.2.1- Cromatograma Material externo da Console anterior.....	98
GRÁFICO A.2.2- Cromatograma Material interno da Console anterior.....	99
GRÁFICO A.3.1- Cromatograma Forro de teto.....	99
GRÁFICO A.4.1- Cromatograma Capa do Volante.....	100
GRÁFICO A.4.2- Cromatograma Botões do Volante.....	100
GRÁFICO A.4.3- Cromatograma Borracha interna do Volante.....	101

GRÁFICO A.5.1- Cromatograma Guarnição da porta.....	101
GRÁFICO A.6.1- Cromatograma Tecido do Assento em Tecido.....	102
GRÁFICO A.6.2- Cromatograma Espuma do Assento em Tecido.....	102
GRÁFICO A.7.1- Cromatograma da tampa interna porta malas.....	103
GRÁFICO A.8.1- Cromatograma do Carpete.....	103
GRÁFICO A.9.1- Cromatograma do Painel de Coluna.....	104
GRÁFICO A.10.1- Cromatograma Polímero principal do Painel de porta.....	104
GRÁFICO A.10.2- Cromatograma Poliestireno do Painel de porta.....	105
GRÁFICO A.10.3- Cromatograma Tecido do Painel de porta.....	105
GRÁFICO A.10.4- Cromatograma Tela do autofalante do Painel de porta.....	106
GRÁFICO A.11.1- Cromatograma do Cinto de Segurança.....	106
GRÁFICO A.12.1- Cromatograma do Tapete.....	107
GRÁFICO A.13.1- Cromatograma do Painel de Instrumentos.....	107
GRÁFICO A.14.1- Cromatograma Polímero flexível (capa) do Parasol.....	108
GRÁFICO A.14.- Cromatograma Polímero rígido (estrutura) do Parasol.....	108
GRÁFICO A.14.3- Cromatograma Espuma (acolchoamento) do Parasol.....	109
GRÁFICO A.15.1- Cromatograma Couro com espuma do Assento em Couro.....	109
GRÁFICO A.15.2- Cromatograma Couro sintético do Assento em Couro.....	110
GRÁFICO A.15.3- Cromatograma Carpete (acabamento) do Assento em Couro..	110
GRÁFICO A.15.4- Cromatograma Feltro (acabamento) do Assento em Couro...	111

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 2.1- Limite de percepção olfativa.....	23
QUADRO 2.2- Fatores a serem considerados para caracterização de um odor.....	23
QUADRO 2.3- Detectores para cromatografia gasosa.....	31
QUADRO 3.1- Relação de equipamentos e materiais.....	35
QUADRO 3.2- Relação de componentes para análises olfatométrica e instrumental	36
QUADRO 3.3- Escala de odor para componentes do habitáculo veicular.....	37
QUADRO 3.4- Escala de odor para habitáculo veicular.....	38
QUADRO 3.5- Dados de configuração do método do HeadSpace.....	41
QUADRO 3.6- Dados de configuração do método do HPLC.....	43
QUADRO 3.7- Identificação das amostras para análise em HPLC.....	43
QUADRO 3.8- Materiais consumíveis utilizados para preparação dos cartuchos para análise em HPLC.....	45
TABELA 4.1- Relação de componentes com as identificação dos compósitos.....	46
TABELA 4.2- Resultado das análises olfativas do habitáculo veicular em ambiente de sombra.....	47
TABELA 4.3- Resultado das análises olfativas do habitáculo veicular em ambiente de sol.....	48
TABELA 4.4- Teste de normalidade das análises olfativas do habitáculo veicular por ambiente.....	49
TABELA 4.5- Teste Wilcoxon para diferenças entre ambientes.....	49
TABELA 4.6- Interpretação do coeficiente de correlação de Spearman.....	52
TABELA 4.7- Resultado do teste de correlação de Spearman entre a nota e a temperatura interna.....	52
TABELA 4.8- Resultado do teste de correlação de Spearman entre classes no ambiente sombra.....	53
TABELA 4.9- Resultado do teste Mann-Whitney-Wilcoxon entre as notas dos ambientes.....	53
TABELA 4.10- Resultado do programa de inteligência artificial para temperaturas extremas.....	54
TABELA 4.11- Resultado das análises olfativas dos materiais do habitáculo	

veicular.....	55
TABELA 4.12- Resultado das análises olfativas dos materiais em ordem de execução.....	56
TABELA 4.13- Organização dos materiais do habitáculo veicular por representatividade.....	58
TABELA 4.14- Resultado das análises olfativas dos componentes do habitáculo veicular.....	60
TABELA 4.15- Representação dos componentes do habitáculo veicular em função da área superficial.....	61
TABELA 4.16- Identificação das substâncias dos Materiais da Caixa de ar.....	63
TABELA 4.17- Identificação das substâncias dos Materiais do Console anterior.....	65
TABELA 4.18- Identificação das substâncias do Forro de teto.....	66
TABELA 4.19- Identificação das substâncias dos Materiais do Volante.....	67
TABELA 4.20- Identificação das substâncias dos Materiais da Guarnição de porta.	68
TABELA 4.21- Identificação das substâncias dos Materiais do Assento em tecido..	69
TABELA 4.22- Identificação das substâncias dos Materiais da tampa interna do porta malas.....	70
TABELA 4.23- Identificação das substâncias dos Materiais do Carpete.....	70
TABELA 4.24- Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de coluna.....	71
TABELA 4.25- Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de porta	72
TABELA 4.26- Identificação das substâncias dos Materiais do Cinto de Segurança	74
TABELA 4.27- Identificação das substâncias dos Materiais do Tapete.....	74
TABELA 4.28- Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de Instrumentos.....	75
TABELA 4.29- Identificação das substâncias dos Materiais do Parasol	76
TABELA 4.30- Identificação das substâncias dos Materiais do Assento de Couro...	77
TABELA 4.31- Resultado analítico para cromatografia líquida – Análise de Formaldeído.....	79
TABELA 4.32- Resultado analítico para cromatografia líquida – Análise de Acetaldeído.....	79
TABELA 4.33- Substâncias com maior proporção para materiais com notas superiores a 5.....	80
TABELA 4.34- Ocorrências das principais substâncias nos materiais com nota	

superior a 5.....	81
TABELA 4.35- Substâncias com maior proporção para materiais com notas inferiores a 5.....	81
TABELA 4.36- Ocorrências das principais substâncias nos materiais com nota inferior a 5.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS

VME	Valor Médio de Exposição
PVC	Policloreto de Vinila
PU	Poliuretano
PP	Polipropileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PC	Policarbonato
ABS	Acrilonitrilo-butadieno-estireno
PET	Politereftalato de Etila
TNT	Tecido não Tecido
VCN	Vinyl Chloride Monomer (Monômero de Cloreto de Vinila)
TCDD	Tetra Cloro Dibenzeno Dioxina
ABINT	Associação Brasileira de Indústrias não Tecidos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGL	Cromatografia Gás-Líquido
CGS	Cromatografia Gás-Sólido
CG	Cromatografia a Gás
UV	Ultra Violeta
HPLC eficiência)	High Performance Liquid Chromatograph (Cromatografia líquida de alta
MS	Mass Spectrometer (Espectrômetro de massas)
UV-Vis	Ultra Violeta Visível
PMMA	Poli Metil Meta Acrilato
EPDM	Etileno-propileno-dieno
TPE	Elastômero Termo Plástico

NIST National Institute Standard Technology

DNPH Dinitrofenil Hidrazina

PES Poliéter Sulfona

RESUMO

O odor é uma característica peculiar nos automóveis recém manufaturados e causam diferentes reações olfativas às pessoas. Podendo ser agradável ou não, alta ou baixa intensidade e duração longa ou curta. Identificar as substâncias voláteis a partir de amostras de vários materiais e da atmosfera do habitáculo veicular, analisar os odores através da olfatometria e correlacionar essas duas análises, foram os pontos principais dessa pesquisa. Foram retiradas 35 amostras de materiais dos componentes internos da cabine veicular e ensaiado no cromatógrafo gasoso. A partir dos cromatogramas e do software do equipamento, foram identificadas as substâncias voláteis de cada material e registrado as proporções de área após a integração dos picos. Para identificação de aldeídos, que são substâncias já esperadas de se encontrar na atmosfera, foi analisado a partir da coleta dos gases da cabine por meio de cartucho do tipo sep-pak, recheado com sílica gel em um cromatógrafo líquido de alta resolução. Foi identificado Formaldeído e Acetaldeído com intensidade de picos sem muita expressão quando comparados com amostras obtidas do ambiente exterior ao veículo. A análise olfatométrica foi baseada na norma LP.7T103 - FCA US LLC FCA Italy S.p.A para a atmosfera da cabine e a norma LP-463KC-09-01 - FCA US LLC FCA Italy para os materiais. Nos resultados das análises instrumentais destacaram as presenças de tolueno, *p*-xileno e alguns derivados de benzeno. Mas sempre com baixas relações de áreas dos picos, uma vez que não buscou a quantificação das concentrações. Nas análises olfatométrica, os resultados foram satisfatórios com base nas duas normas utilizadas, sendo a nota média de 5 para análise dos materiais com um limite de 5 e 12 para a análise da atmosfera veicular com um limite de 20 de aceitação. Os dados mostraram uma correlação entre a análise olfatométrica e instrumental quando materiais com destaque de presença de tolueno e *p*-xileno apresentaram notas melhores para a agradabilidade do avaliador, e na presença marcante de derivados de benzeno a nota foi de desagradabilidade. Tais informações conferem com as características dessas substâncias.

Palavras chaves: *Olfatometria, cromatografia gasosa, cheiro de carro novo, habitáculo veicular*

1. INTRODUÇÃO

Em Abril de 2012, o governo brasileiro anunciou a criação do Programa denominado INOVAR AUTO, que objetivou contribuir para aumentar a competitividade, a tecnologia e a segurança dos carros produzidos e vendidos no Brasil por meio do investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), inovação, engenharia local, tecnologia industrial básica, capacitação de fornecedores, produção nacional, conteúdo nacional e eficiência energética entre 2012 e 2017 (FILHO, 2013).

O programa INOVAR AUTO incentivou o relacionamento entre universidades e montadoras. Dentro desse conceito, surgiu o Programa de Residência Tecnológica para Engenheiros. O objetivo do programa foi a pesquisa e o estímulo a inovação através da parceria com estudantes bolsistas, nível mestrado, com dedicação exclusiva ao tema. Com o procedimento para atuar junto aos profissionais de engenharia no desenvolvimento de pesquisas em temas no portfólio de projetos correntes da Fiat Chrysler Automobiles (FCA) (SOUZA, 2016).

A indústria automobilística como as demais, está em constante evolução no que se refere, por exemplo, à seleção de materiais mais leves, resistentes (mecânica e quimicamente) e a otimização do desempenho do veículo. Segundo Hoffman e Bateson, (2003), a satisfação do cliente é uma necessidade para ser competitivo no mercado. O que não é diferente na indústria automobilística. Diante desse ponto, satisfazer um cliente é sempre um grande desafio, uma vez que envolve a individualidade e sensações que muitas vezes são momentâneas e condicionais. O aspecto a ser abordado neste trabalho foi identificar as substâncias voláteis dos materiais usados no interior dos automóveis e verificar a relação com as percepções olfativas das pessoas.

Segundo Guimarães (2009), uma pesquisa desenvolvida na Universidade de São Paulo (USP) descobriu que o cérebro reconhece combinações e não receptores. É por esse motivo que o ser humano detecta milhares de odores e não apenas 400 que representam os receptores.

De uma forma ampla, os odores do interior de um veículo novo podem ou não agradar as pessoas. Existem pessoas que gostam do cheiro, como existem outras que não o suportam. De acordo com o site da BBC Brasil (2016), as montadoras já estão trabalhando na redução dos odores originários de substâncias voláteis do interior dos veículos.

A satisfação pelo odor é um processo subjetivo, apesar de ter uma metodologia científica para a apuração. Contudo, análises instrumentais para identificação das substâncias voláteis que, são liberadas pelos materiais usados no interior dos veículos, serão fundamentais para comparar com os resultados olfatométricos.

Em relação aos odores internos do veículo, tema pouco estudado, pode-se atentar para questões de saúde e de agradabilidade. O quesito saúde torna-se importante como forma de divulgação demonstrando total transparência para com os clientes. Existe uma preocupação, por exemplo, quanto à toxicidade das substâncias exaladas, segundo o instituto Ecoloy Center dos Estados Unidos que monitora e testa os níveis de substâncias químicas no interior dos veículos, apesar de não existir uma regulamentação desses compostos (BBC – 2016). Para a agradabilidade, já se sabe que é um ponto com duas faces: há pessoas que gostam dos odores de carros novos e há pessoas que não gostam. Portanto, caracterizar os materiais do interior dos veículos que exalam substâncias voláteis pode contribuir para demonstrar as relações dos odores com os materiais. A partir dos resultados, será possível selecionar os materiais mais adequados a serem utilizados ou sugerir mudanças na composição química que geram um determinado odor, prezando sempre pela qualidade e satisfação do cliente.

Através da análise instrumental de 33 materiais, foram identificadas substâncias voláteis, possíveis de serem as responsáveis pela formação dos odores internos do veículo, conhecido popularmente como “cheiro de carro novo”. Em paralelo a esse procedimento, foi executada a análise olfatométrica para interpretação dos odores. Através de uma nota o avaliador pontuava sua percepção olfativa. Os resultados da análise olfatométrica foram comparados com as substâncias mais representativas encontradas na análise instrumental. E com isso, foi feita uma inferência das relações sensoriais humanas com as substâncias encontradas. Com essas relações, abre um

caminho para uma melhor condução de novas pesquisas direcionadas para melhoria e satisfação do cliente para com os odores internos.

1.1. Objetivo Geral

Identificar substâncias voláteis dos materiais internos da cabine veicular através de análise instrumental e associar com a análise olfatométrica para possíveis correlações.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar os materiais empregados na construção dos componentes do habitáculo veicular;
- Identificar as substâncias voláteis provenientes dos materiais através de análise instrumental;
- Avaliar o odor do habitáculo veicular, de forma subjetiva através da metodologia olfatométrica;
- Correlacionar análise instrumental com análise sensorial possibilitando identificar as substâncias que contribuem de forma mais representativa para a formação do odor;
- Contribuir para a customização do controle do cheiro de automóveis novos, apontando as substâncias mais críticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estudo sensorial do odor

Odor é a propriedade sensorial perceptível pelo órgão olfativo quando certas substâncias voláteis são aspiradas (ABNT, 1993). Diferentes receptores são estimulados em função das concentrações de cada substância e dos valores de limiar específico (TEIXEIRA, 2009). A presença de substâncias voláteis no ar inspirado estimula diferentes receptores químicos no epitélio nasal em diferentes níveis, dependentes da concentração dessas substâncias e dos limiares específicos de sensibilização.

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado. Durante esse tipo de avaliação, os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensoriais, numa percepção somato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

XU et al (2016) fizeram uma revisão sobre a qualidade do ar em cabine de veículos automotores e constataram que vários pesquisadores identificaram substâncias voláteis que dependendo da concentração pode comprometer a saúde dos ocupantes. Vários fatores podem contribuir para a concentração dessas substâncias dentro da cabine. O modo de ventilação a taxa de fluxo de ar, idade do veículo, número de passageiros, poluição externa e especialmente os materiais dos componentes, tem influências na qualidade do ar. Ainda nessa revisão os autores encontraram algumas sugestões para melhorar a qualidade do ar na cabine veicular, como: Aumentar a taxa de fluxo de ar, instalação de unidade de purificação de ar, filtro de ar de alta eficiência e melhoria nos materiais.

2.1.1. Percepção olfativa

De acordo com Mainland et al (2013), o organismo humano possui aproximadamente 400 tipos de receptores olfativos, que são responsáveis pela identificação dos odores. Porém, é o conjunto único de variações genéticas que levam à variação na percepção olfativa de cada pessoa. Essa percepção de resposta que cada ser humano tem com um odor está relacionada com a sequência de aminoácidos que forma cada um dos receptores. Essa característica faz com que cada pessoa tenha uma percepção diferente do mesmo odor.

Ainda segundo Mainland et al (2013), cada indivíduo tem um conjunto único de variações genéticas que levam a variação na percepção olfativa. Foi identificada substância capaz de se ligar a um receptor celular e ativá-lo para 18 receptores odorantes. Essa ativação provoca uma resposta biológica que resultará na percepção olfativa. O resultado da pesquisa sugere que a resposta de um único receptor pode ter uma grande influência na percepção de um odor (bom ou ruim), embora o sistema olfativo utilize um código combinatório em que as respostas de múltiplos tipos de receptores conduzam ao reconhecimento de um dado odor.

Segundo Teetaert (1999), a percepção de um odor coloca o indivíduo em um estado de alerta. Esta sensação pode acarretar um embaraço (odor desagradável) ou um bem-estar (odor agradável), mas também pode colocar a pessoa em um estado de vigilância, em previsão de um eventual risco tóxico. A percepção humana dos odores é função da concentração da mistura odorante.

2.1.2. Limite olfativo

No QUADRO 2.1 são apresentadas as características dos principais compostos relacionados aos maus odores e seus limites olfativos.

QUADRO 2.1
Limites de Percepção Olfativa

Classe de Composto	Composto	Característica dos odores	Limite Olfativo (mg/Nm ³ ar)
Enxofre	Ácido Sulfídrico	Ovo podre	0,0001 a 0,03
	Metilmercaptana	Repolho, alho	0,0005 a 0,08
	Etilmercaptana	Repolho podre	0,0001 a 0,03
	Dimetilsulfeto	Legume podre	0,0025 a 0,65
	Dietilsulfeto	Etéreo	0,0045 a 0,31
	Dimetildissulfeto	Pútrico	0,003 a 0,014
Nitrogênio	Amônia	Picante, irritante	0,5, 37
	Metilamina	Peixe podre	0,0021
	Etilamina	Picante, amoniacal	0,05 a 0,83
	Dimetilamina	Peixe deteriorado	0,047 a 0,16
	Indol	Fecal, nauseante	0,0006
	Escatol	Fecal, nauseante	0,0008 a 0,10
	Cadaverina	Carne em decomposição	
Ácidos	Acético	Vinagre	0,025 a 6,5
	Butírico	Manteiga	0,0004 a 3
	Valérico	Suor	0,0008 a 1,3
Aldeídos e Cetonas	Formaldeído	Ocro sufocante	0,033 a 1,12
	Acetaldeído	Maçã	0,04 a 1,8
	Acroleína		0,49
	Butiraldeído	Ranço	0,013 a 15
	Isovaleraldeído	Fruta, maçã	0,072
	Acetona	Fruta doce	1,1 a 240
Alcoóis e Fenóis	Butanol		0,006 a 0,13
	Fenol		0,0002 a 0,004
	Cresol		0,00001

FONTE: Adaptado Humeau, 2001

2.1.3. Caracterização e formação de odores

Conforme Carmo Jr (2005 apud NUVOLARI et al, 2003), quatro parâmetros independentes são exigidos para uma completa caracterização de um odor: qualidade, detectabilidade, hedonicidade e intensidade. O QUADRO 2.2 apresenta a relação desses parâmetros.

QUADRO 2.2

Fatores a serem considerados para caracterização de um odor

Fator	Descrição
Qualidade ou Caráter	Relaciona as associações mentais feitas pelas pessoas ao sentirem o odor; a determinação pode ser bastante

	subjetiva.
Detectabilidade e Concentração do odor	O número de diluições exigidas para se reduzir um odor ao mínimo que se pode detectar.
Hedonicidade	A relativa agradabilidade ou desagradabilidade do odor sentido pelas pessoas.
Intensidade	A força do odor, normalmente medida com um olfatômetro tendo como composto de referência o butanol por diluição até o limiar olfativo.

FONTE: CARMO JR (2005 apud NUVOLARI et al, 2003)

A qualidade do odor é uma analogia baseada em interpretações pessoais e faz uma referência a odores marcantes como: fruta, peixe, ovo, pútrico, picante, etc.

A concentração odorante é determinada pela diluição do odor com ar neutro até o limite de percepção do odor. (Norma VDI 3881 (1986) e VDI 3883 (1992)). É expressa por $UO \cdot m^{-3}$ (Unidade de Odor). O valor de referência de 1 UO = 123 μg n-butanol. A Unidade de Odor (UO) dividida pela unidade de volume (m^3). Quando 123 μg n-butanol é evaporado em 1 m^3 de gás neutro nas condições (20°C), para a olfatometria, a concentração é 0.040 $\mu mol/mol$ (40ppb).

A hedonicidade refere-se apenas a caracterização se o odor é agradável ou desagradável.

A intensidade pode ser identificada através de dois métodos descritos na norma ASTM E544-97: Método da escala dinâmica e método da escala estática. A escala dinâmica utiliza um olfatômetro, que é um dispositivo com fluxo contínuo de butanol. Um júri compara o odor de interesse na análise com o butanol e atribui uma identificação de escala com: fraca, moderada ou forte. (CARMO JR 2005 apud Gostelow *et al.*, 2000). O método estático utiliza uma série de frascos contendo concentrações de butanol (padrão) diluída em água. Um júri compara a intensidade de uma amostra de interesse com o nível de concentração da escala do padrão e pondera se o odor é fraco, moderado ou forte.

2.1.4. Limites Olfativos

Os limites olfativos são técnicas complementares na olfatometria que contribuem para a caracterização de odores. São eles:

- Limite de percepção olfativa. 50% dos membros de um júri conseguem perceber a existência de moléculas odorantes no ar.
- Limite de caracterização olfativa. 50% dos membros de um júri conseguem reconhecer nominalmente um produto odorante.
- Limite de identificação olfativa. 100% dos membros de um júri caracterizam e reconhece a natureza do odor.

2.2. Polímeros

Segundo Akcelrud (2007), polímeros são compostos de origem natural ou sintética com massa molar na ordem de 10^4 a 10^6 formados pela repetição de um grande número de unidades químicas denominadas meros. Os monômeros são as moléculas que dão origem aos polímeros. Ainda de acordo com Akcelrud (2007), em nenhum outro material de engenharia, as diferenças estruturais e variáveis de processo estão tão intimamente ligadas ao desempenho como nos polímeros.

Entre diversos polímeros utilizados no mercado, pode-se destacar o Policloreto de Vinila (PVC), Poliuretano (PU), Polipropileno (PP), Polietileno de alta densidade (PEAD), Polietileno de baixa densidade (PEBD), Policarbonato (PC), Acrinotrila Butadieno Estireno (ABS), Polietileno Tereftalato (PET), Poliamida (PA) e Poliéster. São conhecidos como plásticos da engenharia e suas aplicações variam de acordo com as características físicas, especialmente e químicas.

O Policloreto de Vinila (PVC), largamente aplicado em tubos hidráulicos possui boa resistência mecânica. Com a fórmula $(C_2H_3Cl)_n$, o PVC, na primeira etapa de polimerização ocorre uma reação de etileno e cloro, formando o gás cloreto de vinila. Em seguida, com a polimerização forma-se a cadeia de polímeros. PVC possui uma temperatura de $180^\circ C$ para decomposição e os produtos desse processo são: Cloreto de hidrogênio, fosgênio, dibenzofuranos e dibenzo-dioxinas policloradas, entre eles a 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-1,4-dioxina de elevada toxidez (TCDD) e outros gases de pirólise tóxicas. (LUCAS, 2001).

O Poliuretano (PU) é um polímero com unidades orgânicas formado por ligações uretânicas (-NHCO₂). Largamente usadas em espumas rígidas e flexíveis. Mas também encontrado em elastômeros, adesivos, tintas entre outros. Sua principal reação é entre um dissocianato com um diol ou um poliálcool poliéster na presença de catalisador e materiais para controle de estrutura. A estrutura interna da cadeia pode ser modificada de acordo com as aplicações. (LUCAS, 2001).

O Polipropileno é um dos polímeros mais usados no mercado. Segundo Happer (2000), o Polipropileno é um polímero versátil que pode ser trabalhado por extrusão ou moldagem por injeção.

O Polietileno de alta densidade (PEAD), com formulação (CH₂-CH₂)_n é um polímero produzido pela polimerização do etileno. Segundo Coutinho (2003) a alta densidade faz com que a orientação, o alinhamento e o empacotamento das cadeias sejam mais eficientes e conseqüentemente a cristalinidade é maior. Ainda de acordo com Coutinho (2003), o peso molecular influencia nas propriedades do PEAD. Especialmente com o efeito na cinética de cristalização, cristalinidade final, ao caráter morfológico da amostra e na resistência ao impacto. O efeito do peso molecular depende de sua extensão. O PEAD de baixo peso molecular é frágil e quebra sob baixas deformações, sem formação de “pescoço” no ensaio de tração. Na faixa de peso molecular entre 80.000 e 1.200.000, típica para PEAD comercial, sempre ocorre formação de “pescoço”. Apesar do baixo peso molecular fazer com que o polímero seja frágil, com o aumento do peso molecular, a resistência ao impacto aumenta e é bastante alta para o PEAD com peso molecular na faixa de 5×10^5 a 10^6 . (HARPER, 2000).

De acordo com Coutinho (2003), PEBD é um polietileno de baixa densidade, parcialmente cristalino entre 50 e 60%, com temperatura de fusão na faixa de 110 a 115° C e pode ser degradado com temperatura acima de 300° C. Com propriedades importantes, o PEBD se destaca pela tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, estabilidade e propriedades elétricas notáveis. Ainda de acordo com Coutinho (2003) o PEBD é altamente resistente à água e a algumas soluções aquosas, inclusive a altas temperaturas e é atacado lentamente por agentes oxidantes.

Acrinotrila Butadieno Estireno (ABS) é um polímero formado por um componente elastomérico e dois componentes termoplásticos amorfos. Tornou um polímero muito utilizado pela engenharia, devido as suas boas propriedades mecânicas e considerados como plásticos estruturais. (LANDI e SILVA - 2003). Esse copolímero pode ser produzido com várias proporções dos monômeros. Mas normalmente ficam entre 15 e 35% de acrilonitrila, de 5 a 30% de butadieno e de 40 a 60% de estireno.

Polietileno Tereftalato (PET) ($C_{10}H_8O_4$)_n. Segundo Romão (2009), a síntese do Polietileno Tereftalato pode ser realizada em duas ou três etapas, dependendo de sua aplicação: pré-polimerização, policondensação e polimerização no estado sólido. A cinética de degradação do PET é afetada pela presença e pelo tipo de co-monômero. A degradação também é importante para os processos de reciclagem, pois ela afeta as propriedades finais dos produtos reciclados. A degradação pode ser iniciada por cisalhamento, calor, oxigênio, resíduos de catalisador, etc., conduzindo a degradação mecânica, térmica, química, etc., ou ainda a uma combinação destas. A degradação termomecânica ocorre durante o processamento, quando o polímero sob aquecimento é submetido ao cisalhamento.

2.3. Análise Instrumental

2.3.1. Cromatografia

A cromatografia é um método de separação com diversas aplicações na ciência e teve uma evolução significativa nas últimas décadas. Segundo Skoog (1992), a cromatografia foi desenvolvida pelo botânico russo Mikhail Tswett no início do século 20, empregando técnicas para separar diversos pigmentos de plantas.

A cromatografia pode ser classificada em duas formas, sendo uma através de colunas e outra por superfície. Nas colunas, o transporte dos componentes é feito por pressão e na forma de superfície é feito por ação de capilaridade. Porém o uso de colunas é a forma mais comum que inclusive será a classificação adotada nessa pesquisa (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998).

A cromatografia permite a separação, identificação e determinação de componentes em misturas complexas. Nessas separações, a amostra é transportada por uma fase móvel, que pode ser gasosa ou líquida. Além da fase móvel, existe a fase estacionária que é usada para passagem da fase móvel de forma forçada, que pode ser como uma coluna ou uma superfície. As duas fases são definidas de acordo com os componentes da amostra para uma distribuição em graus variados. Os componentes retidos fortemente na fase estacionária, movem-se lentamente na fase móvel. Através dessa velocidade de migração, os componentes são separados. Essa separação é identificada por picos que podem ser analisadas de forma qualitativa e quantitativamente. De acordo com Degani (1998), a cromatografia está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária.

O processo de eluição consiste no arraste da amostra através da coluna que contém um sólido inerte que representa a fase estacionária com capacidade de adsorção. A velocidade com que cada elemento migra gera os picos que serão avaliadas. Com a detecção dos picos a partir desse processo, é construído um cromatograma obtendo uma série de picos. Cada pico representa um componente e através do cálculo da área pode-se obter a quantidade do componente. (SKOOG; LEARY, 1992).

A constante de distribuição da atividade de um soluto nas duas fases da cromatografia é a quantidade fundamental afetada no processo. Essa constante de distribuição é dada pela razão entre a atividade do soluto na fase estacionária pela atividade do soluto na fase móvel. Contudo, se as concentrações são baixas ou as espécies envolvidas são não-iônicas, os coeficientes são próximos de 1. Com isso, recomenda-se substituir a atividade pela concentração analítica molar. Dessa forma, a constante de distribuição fica como a razão da concentração do soluto na fase estacionária pela concentração do soluto na fase móvel. Essa constante pode ser manipulada pela escolha apropriada da fase móvel, da fase estacionária ou de ambas. Apesar da constante de distribuição ser um parâmetro fundamental, a sua obtenção não é fácil. Como forma de substituir esse dado, pode ser utilizado o tempo de retenção do componente durante a corrida. Na maioria das análises, a amostra possui um componente não-retido. Esse componente será a referência para observar o tempo de

retenção. Contudo, se a amostra não possuir um componente não-retido, poderá ser adicionado um elemento para ser usado como referência. (SKOOG, 1992)

O fator de retenção é um dado importante, comumente usado para comparar as velocidades de migração dos solutos. Esse fator tem uma vantagem de não depender da geometria da coluna ou da vazão. Esse fator é calculado de acordo com a EQUAÇÃO 2.1.

$$k_A = \frac{(K_A \cdot V_S)}{V_M} \quad (2.1)$$

Onde:

K_A = Constante de distribuição para o soluto A

V_S e V_M = Volume na fase estática e móvel

Quando o fator de retenção é menor que 1, significa que o tempo de saída do soluto é próximo do tempo de retenção de um componente não-retido. Se o fator de retenção for muito grande (acima de 20), os tempos de eluição serão muito longos. Como forma ideal, os fatores de retenção devem estar entre 1 e 10. E para conseguir esse valor, deve-se otimizar os valores de K. A otimização do processo de separação na cromatografia visa especialmente na redução do tempo. Essa redução reflete diretamente na diminuição da base do pico e na velocidade de migração.

A resolução de uma coluna é um dado importante e fornece a medida da capacidade de separação de dois analitos. É um dado que mostra quanto dois picos se distanciam entre si em relação às suas larguras. Sendo assim, uma resolução mais alta tem maior eficiência na separação. (SKOOG, 1992).

Ainda Segundo Skoog (1992), a eficiência de uma coluna cromatográfica é afetada pelo alargamento da banda que ocorre à medida que composto passa pela coluna. De acordo com a cinética da cromatografia, o alargamento da banda está relacionado com o mecanismo de caminhos aleatórios da migração das moléculas pela coluna. Esse processo ocorre em função de algumas variáveis, e quando manipuladas, provoca alargamento na banda. Esse movimento de migração das moléculas requer

energia que são originadas de sua vizinhança. Contudo, o tempo de permanência em cada fase pode ser curto ou longo. Com esses processos, o resultado é uma distribuição simétrica de velocidade em torno de um valor médio, que representa o comportamento da molécula. A largura do pico aumenta em função do tempo de permanência e diminui com o aumento da velocidade de migração.

Entre as diversas vantagens do uso da cromatografia estão: velocidade, simplicidade, custo e ampla aplicação, o resultado quantitativo é considerado um ponto chave. Essa quantificação é baseada na área do pico comparando com um ou mais padrões. Porém é importante observar as variáveis de controle como: temperatura da coluna, vazão do eluente e a velocidade de injeção da amostra. (SKOOG, 1992).

2.3.2. Cromatografia Gasosa

É um método de separação de amostra gasosa, que através do transporte com o uso de gás inerte, conduz o analito por uma coluna que contém um sólido ou um líquido que servirá como adsorvente dos compostos a serem separados. O gás inerte é considerado como fase móvel e o material sólido ou líquido contido na coluna é a fase estacionária. Devido a possibilidade de usar um material sólido ou líquido na fase estacionária, a cromatografia gasosa é dividida em dois tipos: Cromatografia gás-sólido (CGS) e cromatografia gás-líquido (CGL). A escolha do uso de um tipo ou outro depende do tipo de analito. No caso da CGS, o processo de separação é feito por adsorção física. Com a CGS a aplicação fica limitada devido a retenção de moléculas polares. Por isso é uma técnica pouco usada exceto para separação de substâncias com massa molar baixa. A CGL já difundida apenas como cromatografia gasosa (CG) é amplamente usada e possui um líquido imobilizado em um suporte sólido ou nas paredes do tubo capilar. (COLLINS, 2006).

A temperatura da coluna é uma variável importante e seu controle deve ser por décimos de graus. Para melhor desempenho, a coluna é abrigada dentro de um forno termostaticado. A temperatura regulada para o forno depende do tipo de material da amostra. O sistema de detecção em cromatografia é um módulo fundamental para todo o processo, pois será responsável pela quantificação e identificação dos elementos

separados. A escolha do tipo de detector dependerá do tipo de amostra. O QUADRO 2.3 apresenta os detectores mais comuns com devidas amostras aplicadas e os limites de detecção. (SEVCIK, 1976)

QUADRO 2.3

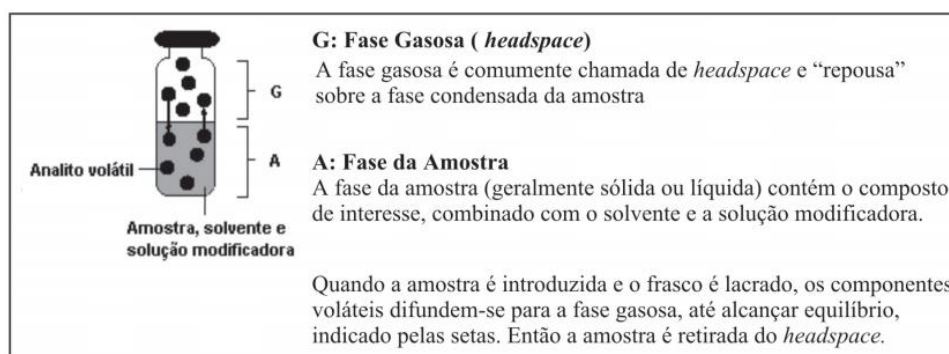
Detectores para cromatografia gasosa

Tipo	Tipo de Amostras	Limites
Ionização em chama	Hidrocarbonetos	1 pg/s
Condutividade térmica	Universal	50 pg/mL
Captura de Elétrons	Compostos halogenados	5 fg/s
Espectrômetro de massa	Ajustável a qualquer composto	0,25 a 100pg
Termoiônico	Compostos de nitrogênio e fósforo	0,1pg/s (P) 1,0pg/s (N)
Condutividade eletrolítica	Compostos contendo halogênios, enxofre ou nitrogênio	0,5 pg Cl/s 2 pg S/s 4 pg N/s
Fotoionização	Compostos ionizáveis por radiação UV	2 pg C/s
Infra vermelho com transformada de Fourier	Compostos orgânicos	0,2 a 40 ng

FONTE: Adaptado Sevcik (1976)

2.3.2.1. Head Space

Head Space é uma técnica utilizada para preparar a amostra a ser injetada no cromatógrafo gasoso. Sua principal vantagem é o prolongamento da vida útil da coluna e a prevenção da contaminação do injetor. É uma análise com uma extração fase vapor e outra fase líquida, como mostra a FIG. 2.1. (MELQUADES et al., 2006).

FIGURA 2.1 - Fases do frasco de *Headspace*

FONTE - MELQUADES et al. (2006).

A possibilidade de determinação de componentes voláteis da amostra a ser analisada de forma direta, torna o *Headspace* uma técnica muito utilizada. Possibilita também a introdução da amostra no cromatógrafo, sem um pré-tratamento (KOLB, 1998).

Quando a composição da amostra influencia a concentração do analito na fase gasosa, conhecido como efeito matriz, compromete a exatidão do resultado. Para minimizar esse efeito, padrões internos de calibração são usados (REGO, 2008). Segundo Portari (2006), adiciona-se uma quantidade conhecida de uma substância (padrão interno), diferentes daqueles que estão sendo analisados, e em seguida é construída uma curva de calibração utilizando a razão da área do analito e a do padrão interno em função da concentração do analito.

2.3.2.2. Espectrometria de massa

A espectrometria de massa propõe a identificação e quantificação de elementos presentes em uma amostra. O espectrômetro é acoplado a um cromatógrafo trabalhando como uma ferramenta complementar na análise instrumental. Diversas vantagens são reconhecidas no uso dessa técnica: (1) limites de detecção; (2) espectros mais simplificados para interpretação; (3) capacidade de medidas de razões isotópicas atômicas (SKOOG, 2009).

O espectrômetro de massas produz íons separando-os pela razão massa/carga (m/z). Esse procedimento ocorre com o bombardeamento de elétrons, convertendo os componentes da amostra em íons. Através de calor ou eletricidade, a ionização é obtida e transferida para o analisador de massas. O analisador converte o feixe de íons em sinal elétrico para ser armazenado e processado. Com esses dados é gerado o espectro para interpretação. A FIG. 2.2 demonstra o fluxo desse procedimento contendo os componentes de um espectrômetro. (SKOOG, 2009).

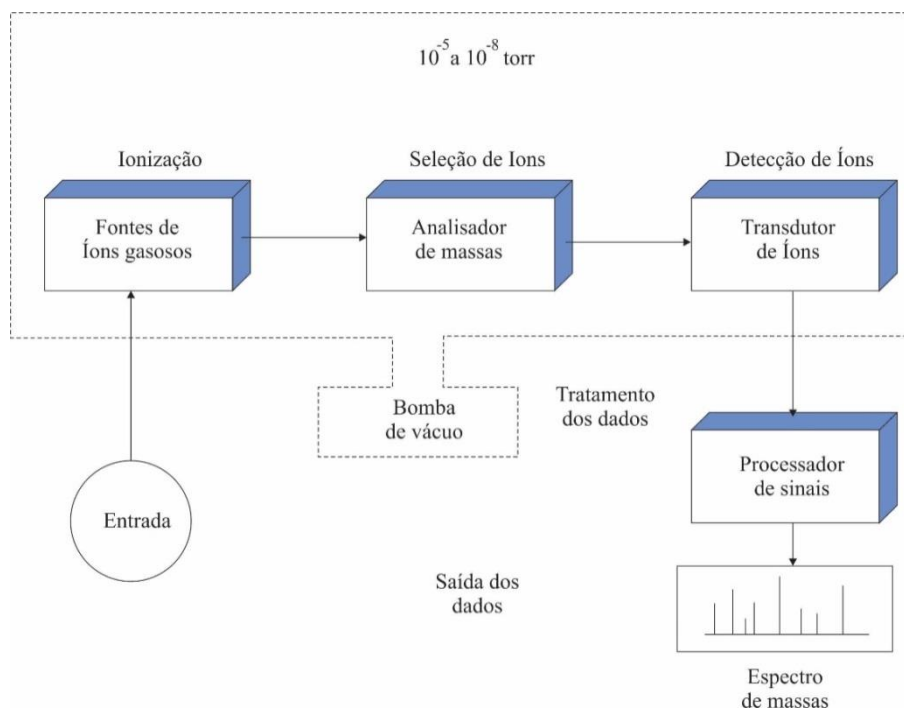


FIGURA 2.2 - Componentes de um espectrômetro de massas.
FONTE: SKOOG (2009)

O espectro de massas é representado por um gráfico onde no eixo Y é apresentada a abundância relativa e no eixo X a razão massa/carga. O GRAF. 2.1 mostra um espectro de massas da substância *p*-xileno.

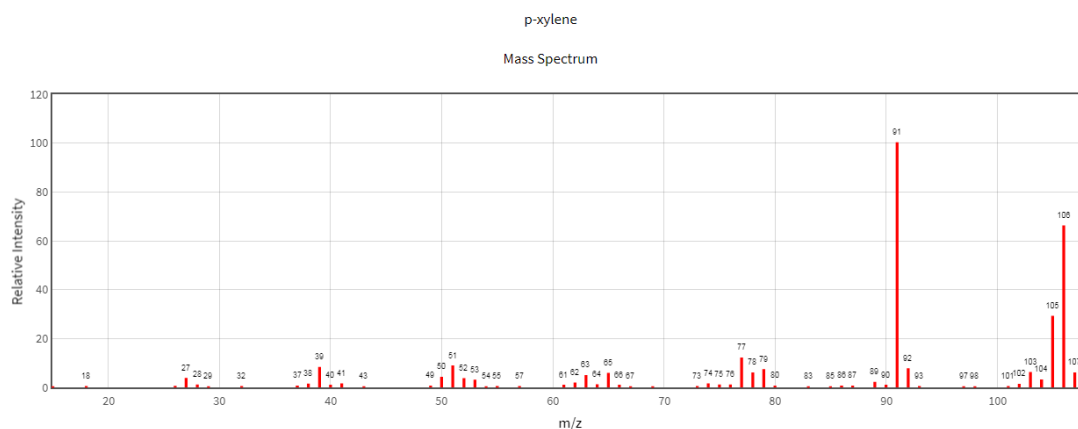


GRÁFICO 2.1 - Espectro de massas para substância *p*-xileno

2.3.3. Chromatografia Líquida de Alta Eficiência

Hoje a cromatografia líquida conhecida como HPLC (High Performance Liquid Chromatograph) é uma das técnicas de análise instrumental mais usada. Segundo Skoog (1992), essa popularidade se deu em função da detectabilidade, adaptabilidade às

determinações quantitativas com exatidão e adequação para separação de compostos não voláteis e termicamente instáveis. A característica que determina que uma cromatografia seja líquida, é que a fase móvel seja através de substâncias líquidas. As formas por meio das quais os compostos da amostra serão separados classifica o tipo de cromatografia. Essa classificação pode ser: cromatografia de partição, adsorção, troca iônica, cromatografia de exclusão por tamanho, cromatografia por afinidade e cromatografia quiral.

2.3.3.1. Cromatografia de partição

É o tipo de cromatografia mais utilizado, no qual as fases móvel e estacionária utilizam líquido. Nesse tipo de cromatografia, a fase líquida estacionária é mantida por adsorção física em recheio colocado na coluna. Atualmente a cromatografia utiliza a fase líquida ligada quimicamente, onde o recheio são materiais compostos de sílica. Esse material é formado por partículas uniformes, porosas e rígidas. Sua superfície é hidrolisada por aquecimento com HCl e possui uma área entre 100 e 300 m² g⁻¹. (COLLINS, 2006).

A polaridade é uma característica importante para definição da seleção de coluna de separação. Pois é importante o equilíbrio das forças intermoleculares entre os três componentes do processo (amostra, fase móvel e fase estacionária). As forças intermoleculares dos analitos são definidas qualitativamente pela ordem: hidrocarbonetos < éteres < ésteres < cetona < aldeídos < amidas < álcoois. Na escolha da coluna, a polaridade da fase estacionária é igualada com a polaridade do analito e diferente da fase móvel. Essas diferenças e semelhanças das polaridades interferem diretamente no tempo de retenção. Com isso é importante avaliar bem a combinação para um melhor resultado na separação. (SKOOG, 2006).

3. METODOLOGIA

3.1. Equipamentos e materiais

A metodologia da pesquisa foi dividida em dois principais grupos, sendo um para análise olfativa e outro para análise instrumental.

O quadro 3.1 apresenta a lista de equipamentos e materiais utilizados na pesquisa.

QUADRO 3.1

Relação de equipamentos e materiais

Nome	Fabricante	Modelo
Cromatógrafo a gás.	Perkin Elmer	Clarus 680
Tubos para Adsorção DNPH	Supelco	21026-UA
Espectrômetro de massa	Perkin Elmer	Clarus SQ 8
Cromatógrafo líquido de alta eficiência	Agilent	1100
Coluna para HPLC	Agilent	C18 Comprimento: 25cm Diâmetro: 5µm
Bomba de sucção	Gilian	LFS-113D
Medidor de vazão	Hewlett Packard	0101-0113
Termohigrômetro	Instrutemp	26.981
Estufa	Fanem	315-SE
Becker		20 mL
Seringa de vidro		10 mL
Cartucho Tipo: sep-pak	Supelco	350mg de sílica gel
Papel Alumínio		Embalagem

3.2. Componentes para análises olfativa e instrumental

Foram selecionados vários componentes do habitáculo veicular que haviam suspeita de característica odorante. O QUADRO 3.2 apresenta a identificação desses componentes.

QUADRO 3.2

Relação de componentes para análises olfatométrica e instrumental

Componente	Código	Sub-Componente
Caixa de ar	16	Capa tubulação
	10	Espuma adesiva
	18	Espuma comum
	1	Botões
	19	Mangueira
	2	Carcaça
	3	Rotor
	20	Borracha de proteção
	21	Palhetas
Console Anterior	4	Material. Externo
	22	Material. Interno
Forro de teto	5	
Volante	6	Capa
	7	Botões
	23	Borracha interna
Guarnição de porta	24	
Assento em tecido	34	Tecido
	35	Espuma
Tampa interna porta malas	8	
Carpete	9	
Painel de coluna	25	
Painel de porta	17	Polímero principal
	26	Poliestireno
	27	Tecido
	28	Tela auto falante
Cinto de Segurança	29	
Tapetes	11	
Painel de Instrumentos	12	
Parasol	13	Polímero flexível (capa)
	30	Polímero rígido (estrutura)
	31	Espuma (acolchoamento)
Assento em Couro	14	Couro com Espuma
	15	Couro sintético
	32	Carpete (acabamento)
	33	Feltro (acabamento)

3.3. Análise Olfativa

A análise foi desenvolvida em dois segmentos: análise olfativa de cada material dos componentes existente no interior do veículo e análise olfativa do habitáculo veicular. A análise de materiais foi baseada na norma LP-463KC-09-01 e a análise do habitáculo foi com base na norma LP.7T103. Para as análises foi utilizado o veículo Argo e seus componentes. Detalhes para os procedimentos com base na norma está descrito nos itens 3.3.1.1 e 3.1.1.2.

Para a análise dos materiais, foi organizado um grupo de 19 avaliadores para registro da percepção olfativa. Dentro desse grupo, cinco participaram de todas as análises. Outros cinco avaliadores foram aleatórios dentro do grupo restante de 14 avaliadores. Dessa forma, formou-se um grupo de dez avaliadores para a análise de cada material. De acordo com a metodologia, os avaliadores não poderiam ser usuários de tabaco, ter problemas sinusais e não usar perfumes fortes ou estarem com gripe/resfriado no dia da análise.

Para a análise da atmosfera veicular foi formado um grupo de 20 avaliadores, onde o procedimento foi, permanecer dentro do carro e avaliar os odores com base na intensidade, agradabilidade e duração. De acordo com a metodologia, os avaliadores não poderiam ser usuários de tabaco, ter problemas sinusais e não usar perfumes fortes ou estarem com gripe/resfriado no dia da análise.

A ponderação da análise olfativa é baseada em uma nota dada pelo avaliador de acordo com a sensibilidade individual. Os QUADROS 3.3 e 3.4 representam uma escala para avaliação dos odores dos componentes e do habitáculo veicular, respectivamente. Durante a análise, os dados foram registrados em formulário padronizado de acordo com ANEXO B.

QUADRO 3.3

Escala de odor para componentes do habitáculo veicular

Nota	Descrição
1	Sem odor notável
2	Um odor leve, mas notável

3	Um odor suave, notável, mas não ofensivo
4	Odor notável, mas não ofensivo
5	Odor definido, mas não forte o suficiente para ser ofensivo
6	Odor definido, levemente ofensivo
7	Odor desagradável
8	Forte odor ofensivo
9	Odor ofensivo muito forte
10	O odor é insuportável

FONTE: Norma LP-463KC-09-01 - FCA US LLC FCA Italy S.p.A

QUADRO 3.4

Escala de odor para habitáculo veicular

	Nota	Descrição
Intensidade	5	Insuportável. Não posso cheirar mais nada por causa desse odor.
	4	Forte. Cheiro muito facilmente distinguível.
	3	Moderado. O odor distinto pode ser identificado
	2	Perceptível. Pode cheirar algo além do cheiro de fundo
	1	Indetectável. Não é possível identificar odor específico
Agradabilidade	5	Odor extremamente desagradável. Provoca reação física negativa
	4	Cheiro muito desagradável e distintivo. Não foi possível tolerar uma exposição prolongada
	3	Um cheiro distinto e desagradável. A maioria das pessoas descreveria isso como censurável
	2	Neutro. Não causa prazer ou desagrado
	1	A maioria das pessoas descreveria esse cheiro como agradável
Duração	5	Persistente. O cheiro não se dissipou após mais de 5 minutos de tentativas de ventilação do veículo.
	4	Persistente, mas foi capaz de dissipar o cheiro em menos de 5 minutos de ventilação ativa do veículo
	3	Transiente. O cheiro estava presente, mas depois se dissipou em mais de 5 minutos sem qualquer ação específica a eliminar.
	2	Transiente. O cheiro estava presente, mas depois dissipado em menos de 5 minutos sem qualquer ação específica para eliminar
	1	Nada detectado ou pegou um "cheiro" de algo, mas não conseguiu detectá-lo novamente

FONTE: Norma LP.7T103 - FCA US LLC FCA Italy S.p.A

3.3.1. Componentes

3.3.1.1. Procedimento de amostragem

A metodologia usada para análise olfativa dos componentes foi baseada na norma interna da empresa LP-463KC-09-01, como descrito abaixo.

Os componentes para análise foram cortados em pedaços pequenos obtendo uma área total de $250 \pm 25 \text{ cm}^2$. Antes do processo de análise, as amostras foram colocadas em um recipiente de vidro com tampa e condicionadas durante 24 horas a uma temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $50\% \pm 10\%$ de umidade relativa. Após o condicionamento, o material foi levado à estufa a uma temperatura de 85°C durante uma hora para início da análise.

3.3.1.2. Análise olfativa dos componentes

Após o período na estufa, cada avaliador abriu o pote e a uma distância de 15 cm entre o nariz e a abertura do recipiente, sentiu o odor e pontuou com uma nota de acordo com o QUADRO 3.3. Foram analisados entre 5 e 6 materiais de cada vez e de 1 a 3 avaliadores no mesmo momento. A cada análise o frasco era fechado imediatamente até que o próximo avaliador fosse analisar. Após as análises que duravam em média de 10 minutos, o material foi retornado para a estufa e permaneceu por no mínimo de uma hora até a próxima análise de outros avaliadores. As notas indicadas por cada avaliador foram registradas em planilha para análise de resultados. A análise do resultado é baseada na média das notas. Considerando satisfatório a nota até 5 e insatisfatório para nota acima de 5.

3.3.2. Habitáculo veicular

A metodologia usada para análise olfativa do interior da cabine foi baseada na norma interna da empresa LP.7T103.

De acordo com a norma foram considerados dois ambientes para análise olfativa do interior do veículo: em ambiente de sombra e exposto ao sol.

Para ambos os ambientes, o veículo permaneceu por no mínimo uma hora antes da análise dos avaliadores. Com portas e vidros fechados e motor desligado, cada avaliador ficou dentro da cabine por 15 min para avaliação dos odores. Ao concluir o tempo de exposição, o avaliador pontuou com uma nota de acordo com o QUADRO 3.4. As notas foram registradas em planilha para análise de resultados. A avaliação do veículo exposto ao sol foi executada com o mesmo procedimento quando exposto à sombra. A análise do resultado é baseada no produto das notas das classes intensidade, agradabilidade e duração. Se o resultado do produto for menor que 20, a análise é considerada aceitável. Para notas maior ou igual a 20 o resultado é considerado inaceitável. Porém existem duas exceções: Quando a Intensidade for igual a 1, Agradabilidade igual a 4 e Duração igual a 5 ou Intensidade igual a 1, Agradabilidade igual a 5 e Duração igual a 4, o produto para ambas situações será de 20. Nesses dois casos apesar do resultado ser igual a 20, será considerado aceitável. Para qualquer outra situação com o resultado igual a 20, será considerado inaceitável.

3.3.3. Análise de resultados

3.3.3.1. Estatística

Para obtenção dos resultados estatísticos, foram utilizados o Microsoft Excel e o software R versão 3.3.1. Sendo o Excel uma licença da FCA e o R com licença de freeware.

3.3.3.2. Inteligência Artificial

Através do software Python 2,7, distribuição Anaconda e biblioteca de funções específicas para inteligência artificial PyBrain, foi desenvolvido o programa para prever novas notas. A metodologia empregada nas funções de inteligência artificial foi de rede neural com mecanismo de aprendizagem e validação através de retropropagação de erros. Foram escolhidas as temperaturas de 60°C e 5°C como extremas para a previsão das notas. Os dados de entrada para o sistema de inteligência

artificial executar as operações foram retiradas da TAB 4.2. O programa foi configurado para rodar 1000 ciclos de treinos. Para cada ciclo de treino o sistema calculou uma nota para 60°C e outra para 5°C. Para obter uma média de uma população, o sistema foi executado 20 vezes, obtendo assim 20 notas para cada uma das duas temperaturas trabalhadas.

3.4. Análise Instrumental

3.4.1. Cromatografia gasosa com Headspace e Espectrometria de massas

O método para o Headspace foi ajustado de acordo com o QUADRO 3.5

QUADRO 3.5
Dados de configuração do método do HeadSpace

Descrição	Valor
Seringa	2,5 mL
Volume de amostra	1 mL
Temperatura de incubação	100°C
Tempo de incubação:	1 h
Velocidade de agitação	500 RPM
Tempo de agitação ligado	30 s
Tempo de parada da agitação	30 s
Temperatura da seringa	110°C
Velocidade de enchimento	100 µL/s

FONTE: Laboratório de materiais - FCA

3.4.1.1. Condições cromatográficas

A análise cromatográfica foi executada em uma coluna de 30 m de comprimento considerando uma vazão de 5 mL.min⁻¹ para o gás de arraste, uma pressão de entrada de 10,5 psi, pressão auxiliar de 10,0 psi, rampa de aquecimento iniciando a 40°C a uma taxa de 6° C.min⁻¹ até 150°C, etapa final com taxa de 10°C.min⁻¹ até 180°C e tempo total de 21 minutos. O espectrômetro de massa utilizou o modo de ionização por elétrons em pesquisa ampla na faixa de entre 45 e 300 m/z, com tempo de início de leitura de 1 minuto.

3.4.1.2. Procedimentos de amostragem

As amostras foram obtidas a partir da retirada de fragmentos em partes distintas de cada tipo de material em cada componente totalizando uma massa de aproximadamente 300 mg. Cada amostra foi condicionada em frascos de vidro com capacidade de 10 mL específico do equipamento e mantido a uma temperatura de 20°C antes da execução das análises.

3.4.2. Cromatografia líquida de alta resolução

A análise por cromatografia líquida foi para identificação de aldeídos presentes na atmosfera veicular. Especificamente para Acetaldeídos e Formaldeídos. Para esse procedimento foi usado metanol e acetonitrila como solventes.

A identificação foi com base nos padrões:

Formaldeído-2,4-DNPH

Solução em acetonitrila.

Material de referência certificado: ISSO GUIA 34

Fabricante: Absolute Standards

Lote: 083117

Acetaldeído-2,4-DNPH

Solução em acetonitrila.

Material de referência certificado: ISSO GUIA 34

Fabricante: Absolute Standards

Lote: 083117

3.4.2.1. Condições analíticas

A análise foi realizada usando um cromatógrafo líquido de alta eficiência descrito no QUADRO 3.1. O método para a análise está descrito no QUADRO 3.6.

QUADRO 3.6
Dados de configuração do método do HPLC

Descrição	Valor
Fluxo da bomba	1 mL min ⁻¹
Coluna HPLC – Comprimento	25m
Coluna HPLC – Diâmetro	5µm
Gradiente de eluição - Água	35%
Gradiente de eluição - Acetonitrila	65%
Tempo de corrida:	8 min
Comprimento de Onda específico	365 nm
Temperatura da coluna	22°C
Volume de injeção da amostra	20 µL

FONTE: Laboratório de Emissões - FCA

3.4.2.2. Procedimento de amostragem

O cartucho empregado é um tubo do tipo sep-pak, recheado com cerca de 350 mg de sílica gel, da marca Supelco. Os cartuchos foram impregnados com uma solução de 2,4-dinitrofenil-hidrazina (2,4-DNPH) que reage especificamente com compostos carbonílicos, em meio ácido, para formar um composto colorido estável que pode ser lido num comprimento de onda de 365 nm usando Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) com detetor de ultra violeta visível. O procedimento de preparação dos cartuchos foi feito em duas etapas: limpeza e impregnação. Para a limpeza, as vidrarias foram lavadas e secas em estufa, seguida de uma montagem de um suporte para receber os cartuchos de forma que a lavagem ocorresse por gravidade de acordo com a FIG. 3.1. Após a montagem da estrutura, foi inserido 5 mL de Metanol em cada cartucho e aguardou até o final da passagem pela sílica gel. Em seguida foi inserida 2 mL de Acetonitrila, aguardando até o final da passagem pela sílica gel. Repetiu-se o procedimento anterior com acetonitrila com 3 mL. Após a lavagem, os cartuchos foram colocados em outra estrutura para secagem com passagem de nitrogênio a 2 Bar de pressão durante 15 minutos para cada cartucho.

Os cartuchos foram identificados de acordo com o QUADRO 3.7.

QUADRO 3.7
Identificação das Amostras para análise em HPLC

Amostra	Descrição	Réplica
1	Interior do Veículo	1
2	Interior do Veículo	2

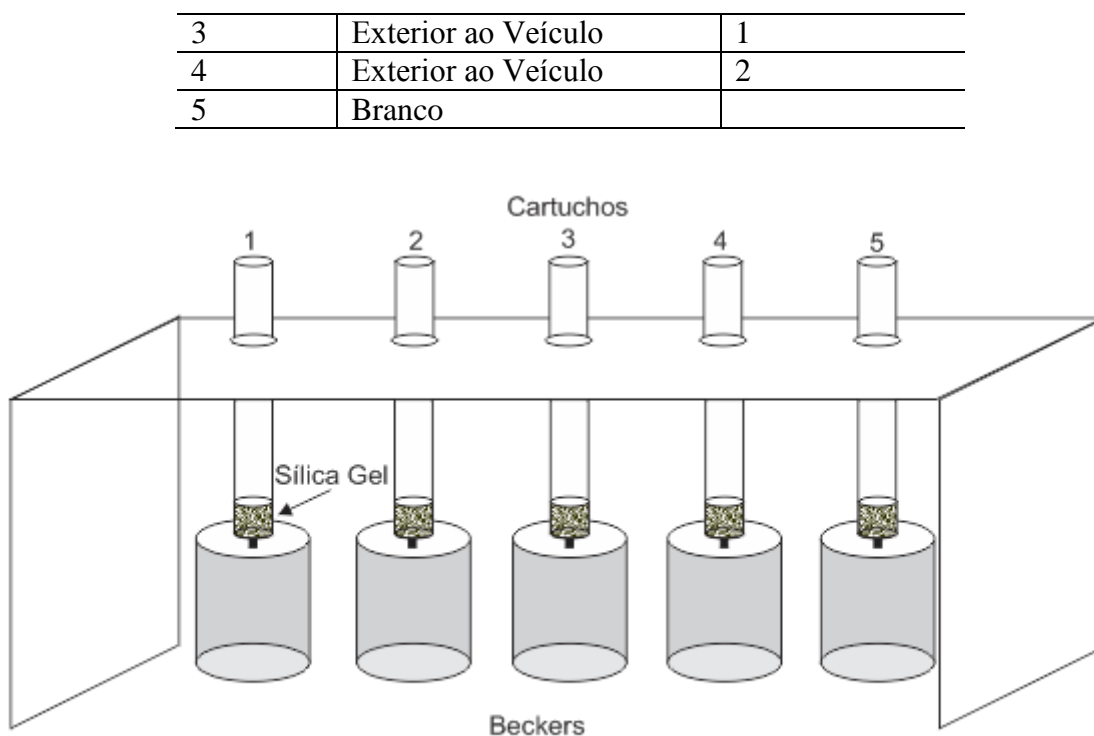


FIGURA 3.1 – Estrutura para preparação de amostras para HPLC

A impregnação com DNPH, foi através de uma solução de acetonitrila com concentração de 116,6 mg/mL. O procedimento de impregnação foi executado por gravidade através da mesma estrutura apresentada na FIG 3.1 utilizando 2mL da solução na primeira passagem e 3 mL na segunda, em cada cartucho. Em seguida e mantendo na mesma estrutura, efetuou-se a secagem com nitrogênio a 2 Bar de pressão por 45 minutos para cada cartucho. Após a secagem os cartuchos foram envolvidos com papel alumínio, colocadas em sacos plásticos e colocados em um frasco de vidro fechado. Em seguida foi armazenado em geladeira até o momento da coleta da amostra.

A coleta de amostra foi obtida em duplicata dentro do veículo em ambiente de sombra com portas fechadas, motor desligado e sem ventilação interna, durante 30 minutos. No momento da coleta, a temperatura ambiente estava em 29°C. Em seguida foi coletada outra amostra também em duplicata e por 30 minutos porém em ambiente externo. O procedimento de coleta foi através de uma conexão com uma bomba de sucção instalada na extremidade específica do tubo com uma vazão de 5 mL.min⁻¹. Após cada coleta, os tubos foram fechados, colocados nas mesmas embalagens e estocado em geladeira até o momento da análise.

Para análise por HPLC iniciou-se com a eluição de 5 mL de acetronitrila por passagem por gravidade, homogeneizados e tomado uma alíquota de 20 µl em seringa e injetado manualmente no cromatógrafo. A corrida cromatográfica foi iniciada e através do software específico do equipamento foram registrados os cromatogramas.

As características dos materiais consumíveis utilizados na preparação dos cartuchos para amostragem estão descritas no QUADRO 3.8.

QUADRO 3.8

Materiais consumíveis utilizados na preparação dos cartuchos para análise em HPLC

Descrição	Fabricante	CAS	Obs
Acetonitrila	Honeywell	75-05-8	41g/mol – 100% de pureza HPLC
Álcool Metílico	Fmaia	67-56-1	99,8% de pureza
DNPH	Panreac	119-26-6	33% de umidade
Nitrogênio	White Martins		99.995% de pureza

FONTE: Laboratório de Emissões - FCA

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Identificação dos compósitos nos componentes da cabine

As identificações dos materiais foram obtidas nos próprios materiais e em registros da empresa, os quais já passaram por ensaios de caracterização. A TAB 4.1 apresenta a relação dos materiais de cada componente analisado.

TABELA 4.1

Relação de componentes com as identificações dos compósitos

Componente	Código	Sub-Componente	Compósito
Caixa de ar	1	Capa tubulação	Elastômero Termoplástico
	2	Espuma	Poliuretano com adesivo com base butílica
	3	Espuma comum	Poliuretano
	4	Botões	Polimetilmetaacrilato (PMMA) + ABS/PC + ABS
	5	Mangueira	PVC – Policloreto de Vinila
	6	Carcaça	Polipropileno
	7	Rotor	Poliamida
	8	Espuma	Polietileno expandido
	9	Paletas	Polipropileno + Elastômero EPDM
Console Anterior	10	Mat. Externo	Policarbonato + ABS
	18	Mat. Interno	Polipropileno
Forro de teto	12		Tecido+TNT+PU
Volante	13	Capa	Couro natural
	14	Botões	TPE – Elastômero Termoplástico
	15	Borracha interna	Poliuretano
Guarnição de porta	17		EPDM – Borracha de Etileno Propileno e Terpolímero
Assento em tecido	11	Tecido	Poliestireno
	16	Espuma	Polipropileno
Tampa interna porta malas	26		Composito PP+fibra de madeira
Carpete	20		PES+desfiado de brim+termoplástico PP+PE como aglomerante
Painel de coluna	25		Polipropileno
Painel de porta	19	Polímero princ.	Polipropileno
	22	Poliestireno	Poliestireno
	23	Tecido	PES(poliuretano+poliester-tecido)

			revestimento) // PP+fibra sisal (estrutura)
	24	Tela	Polipropileno
Cinto de Segurança	21		PES – Poliéter Sulfona
Tapetes	30		NR (Borracha Natural – virgem) + reciclado de pneus (proporção de 5:95)
Painel de Instrumentos	27		Polipropileno
Parasol	31	Polímero flexível	PVC – Policloreto de Vinila
	32	Polímero rígido	Polipropileno
	33	Espuma	Poliestireno expandido
Assento em Couro sintético	34	Couro com Espuma	Poliuretano+poliuretano expandido+polyester
	35	Couro sintético	Poliuretano
	36	Carpete	Poliestireno Expansível
	37	Feltro	Poliestireno Expansível

4.2. Análise olfativa

4.2.1. Habitáculo veicular

De acordo com a metodologia aplicada para análise de odores, os avaliadores pontuaram sua percepção que estão representadas nas TAB 4.2 e TAB 4.3 com veículos expostos em ambiente de sombra e sol respectivamente. As temperaturas internas foram obtidas com o termômetro entre os dois bancos. As temperaturas externas foram obtidas próximo ao veículo com o termômetro sempre na sombra.

TABELA 4.2
Resultado das análises olfativas do habitáculo veicular em ambiente de sombra

Veículo	Avaliador	Intensidade	Agradabilidade	Duração	Nota Final	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
Banco em tecido	1	2	2	4	16	28,5	30,1
	2	2	2	2	8	28,5	30,8
	3	3	3	4	(36)	28,7	31,3
	4	4	1	5	(20)	29,0	31,8
	5	2	2	3	12	29,5	31,9
	6	1	1	5	5	29,3	31,9
	7	2	2	2	8	30,0	32,3
	8	3	3	4	(36)	30,1	32,4
	9	2	2	2	8	30,3	32,5
	10	1	2	1	2	30,5	32,8
Banco em couro	11	2	3	2	12	30,5	32,8
	12	2	1	5	10	30,0	32,5

	13	3	2	3	18	29,8	33,5
	14	2	2	2	8	29,7	33,9
	15	3	3	5	(45)	29,8	34,0
	16	2	2	3	12	29,8	34,2
	17	3	3	3	(27)	29,9	34,3
	18	2	2	2	8	30,0	34,0
	19	1	2	1	2	30,0	33,4
	20	2	2	3	12	30,2	33,5

As dez primeiras notas da TAB. 4.2 foram obtidas em um veículo com assento em tecido e as dez próximas em outro veículo de mesmo modelo, porém com assento em couro. A média das notas para o veículo com assento em tecido foi de 15,1 e para o veículo com assento em couro foi de 15,4. Para certificar que não existe diferença entre as duas amostragens, foi executado o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon e obtido o valor de *P-Value* igual a 0,7888, confirmando que as notas não são diferentes ao nível de 95% de confiança. Esse resultado demonstra que o tipo de material do banco não interfere nas notas pontuadas pelos avaliadores. Com essa confirmação as análises foram feitas com um único modelo de veículo com assento em tecido. Na sequência das análises foi utilizado a médias das notas entre assento em tecido e assento em couro, com o valor de 15,3.

Os registros das notas analisadas no ambiente sol estão apresentados na TAB. 4.3

TABELA 4.3
Resultado das análises olfativas do habitáculo veicular em ambiente de sol

Avaliador	Intensidade	Agradabilidade	Duração	Nota Final	Temp. Interna (°C)	Temp. Externa (°C)
1	3	2	2	12	36,6	28,8
2	2	2	2	8	43,3	30,1
3	2	2	2	8	34,2	29,1
4	3	1	5	15	32,3	29,0
5	2	2	4	16	42,5	30,1
6	4	1	5	(20)	38,6	31,5
7	2	2	3	12	37,2	30,7
8	2	2	3	12	30,4	27,3
9	2	2	2	8	43,8	30,5
10	1	2	1	2	40,8	30,6
11	1	2	1	2	42,8	30,1
12	2	1	3	6	44,5	30,8

13	4	2	2	16	41,3	30,4
14	2	3	5	(30)	42,8	29,9
15	3	3	4	(36)	39,4	30,9
16	3	2	2	12	42,1	30,2
17	3	2	2	12	41,9	29,9
18	3	2	2	12	34,9	28,6
19	1	2	1	2	36,8	29,1
20	3	1	5	15	36,3	28,7

Cada nota dos avaliadores foi avaliada de acordo com os critérios da norma apresentados no item 3.3.2 e destacada entre parênteses nas TAB 4.2 e 4.3 as notas reprovadas. De acordo com as mesmas tabelas, obteve então um percentual de representatividade de 25% de notas reprovadas para o ambiente de sombra e 15% para o ambiente de sol. Mesmo com algumas reprovações, média de 12,8 e 15,3 para os ambientes sol e sombra respectivamente, configura a aprovação do teste de acordo com a norma.

Para verificar a normalidade dos dados, foi executado o teste Shapiro-Wilk e obteve os resultados de *P-Value* de acordo com a TAB. 4.4.

TABELA 4.4
Teste de normalidade das análises olfativas do habitáculo veicular por ambiente

Classe	Sol	Sombra
Intensidade	0,02324	0,00533
Agradabilidade	0,00008	0,00056
Duração	0,00710	0,04453
Nota Total	0,01349	0,00395

Com os resultados da TAB. 4.4, e todos valores menores que 0,05, não segue uma distribuição normal, e com isso, foi executado o teste Wilcoxon para certificar a diferença nas amostragens entre os ambientes sol e sombra. A TAB. 4.5 apresenta os resultados do teste Wilcoxon, confirmando que as notas não são diferentes ao nível de 95% de confiança.

TABELA 4.5
Teste Wilcoxon para diferenças entre ambientes

Classe	<i>P-Value</i>
Intensidade	0,4316
Agradabilidade	0,2912
Duração	0,4938
Nota Total	0,8264

Através do GRAF. 4.1, observa-se alguns valores de *outliers*, que estão representados entre parênteses e sublinhado na TAB. 4.3. Porém, o fato dos resultados serem de origem subjetiva, a exclusão dos *outliers* não deve ser recomendada. Observa-se também no GRAF. 4.1, que a faixa entre o 1º e o 3º quartil do ambiente sombra, possui mais notas aceitáveis que na mesma faixa do ambiente sol. Essa informação favorece o ambiente sombra. Porém, o ambiente de sombra fica em desvantagem com relação as notas, quando observa uma quantidade maior de notas acima do limite de aceitação. Para essa observação, o ambiente sol possui menos notas acima do limite de aceitação.

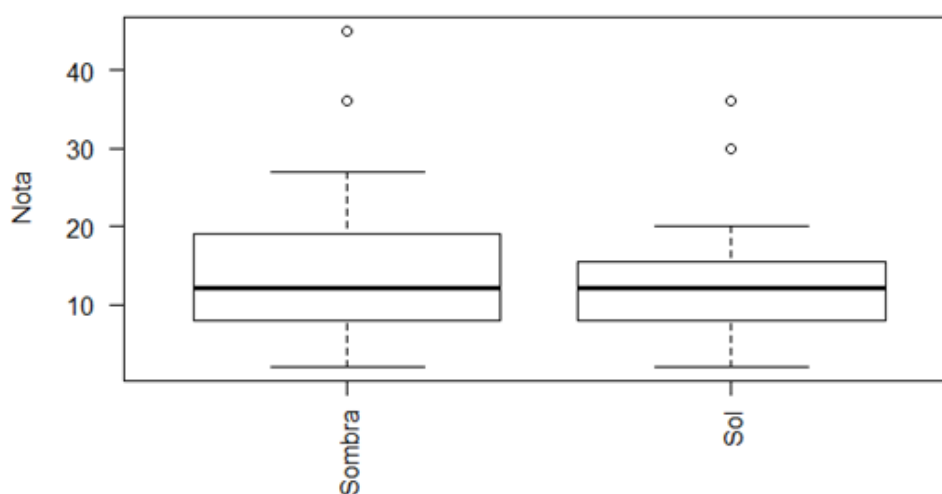


GRÁFICO 4.1 - Gráfico das notas das análises olfativas do habitáculo veicular por ambiente

O GRAF. 4.2 apresenta o intervalo de confiança das médias de cada ambiente utilizando os valores reais de 15,3 e 12,8 para ambiente sombra e sol respectivamente.

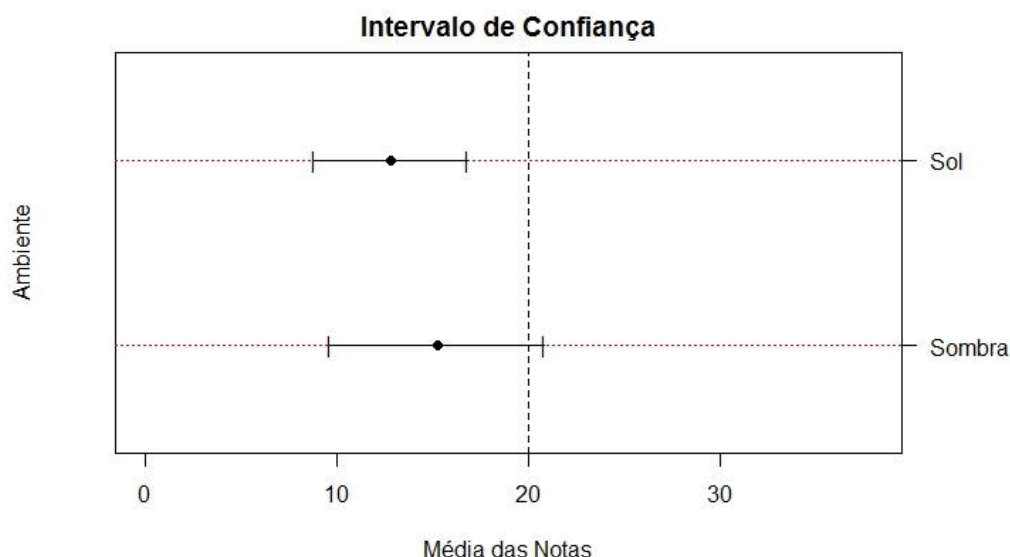


GRÁFICO 4.2 - Gráfico de intervalo de confiança para médias de cada ambiente

Observa-se que no GRAF. 4.2, o intervalo de confiança para o ambiente sombra possui maior variação e inclusive chegando a passar do limite da nota máxima de aceitação do método. Os valores calculados pelo software foi de 8,80 a 16,79 para ambiente sol e 9,66 a 20,83 para ambiente sombra.

De acordo com os valores obtidos no teste Shapiro-Wilk, todas as amostras não representam uma distribuição normal ao nível de confiança de 95%. Com isso, os testes subsequentes foram com base em dados não paramétricos.

Para observação de correlações entre valores, foi utilizado o teste de Spearman, o qual resulta em um coeficiente. Para interpretação do coeficiente de Spearman, compara-se com faixas de valores que representa o nível da correlação entre duas variáveis. O coeficiente pode variar entre -1 e 1, representando os limites da correlação. O que significa que: valores próximos de -1 ou 1 tem alta correlação e valores próximos de zero, representa baixa ou nenhuma correlação. Coeficiente negativo representa que uma variável aumenta enquanto a outra diminui, ou vice-versa. Coeficiente positivo significa que as duas variáveis aumentam ou diminuem simultaneamente. A TAB. 4.6 representa as faixas dos coeficientes e sua interpretação.

TABELA 4.6

Interpretação do coeficiente de correlação Spearman

Coeficiente	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

FONTE: Spearman

Para certificar se existe correlação entre as notas e as temperaturas, foi executada a análise de correlação de Spearman para cada ambiente, cujo resultados estão apresentados na TAB. 4.7.

TABELA 4.7

Resultado do teste de correlação de Spearman entre a nota e a temperatura interna

Classe	Sol	Sombra
Intensidade	-0,26	-0,26
Agradabilidade	0,18	0,20
Duração	-0,16	-0,45
Nota Total	-0,17	-0,26

Com os valores calculados, pode-se constatar que não existe correlação entre as notas e as temperaturas. Valores menores que 0,25 possui uma baixa ou nenhuma correlação. De acordo com a TAB 4.6, os valores entre 0,26 e 0,50 representam uma correlação fraca. Ou seja, a nota não varia em função da temperatura.

Durante a análise olfativa no habitáculo veicular, foram registradas as temperaturas internas e externas ao veículo, como apresentadas nas TAB 4.2 e 4.3. A correlação entre nota e temperatura foi feito apenas com a temperatura interna. Pois o avaliador fica dentro da cabine e não recebe influência da temperatura externa.

Em 2008 a FCA fez uma análise de temperatura em diversos pontos do habitáculo veicular e constatou uma variação significativa. Porém, como não existe uma correlação forte entre a temperatura e a nota aferida pelo avaliador, essa variação de temperatura no habitáculo não influenciaria nos resultados das notas. Além dessa constatação, a temperatura amostrada para essa pesquisa foi obtida no mesmo ponto e próximo do assento do motorista.

Foi avaliado também as correlações entre as classes em cada ambiente e apresentado na TAB. 4.8.

TABELA 4.8
Resultado do teste de correlação de Spearman entre classes no ambiente sombra

Classes	Sol	Sombra
Intensidade x Agradabilidade	-0,24	0,40
Intensidade x Duração	0,44	0,51
Duração x Agradabilidade	-0,26	-0,13

De acordo com os resultados das correlações apresentados na TAB. 4.7 e identificado na TAB. 4.8 para interpretação, todos os resultados estão abaixo de moderado, ou seja, não existiu nenhuma correlação importante entre as classes. É uma informação importante porque remete que os avaliadores não tem influência em relação a interpretação das classes, trazendo a ideia de que as observações foram de forma isolada. O fato de não existir uma correlação significativa entre as classes, demonstra que o avaliador não deu nota para uma determinada classe influenciada pela outra. Ou seja, uma classe com nota alta não necessariamente faz com que outra classe fique sempre com nota alta ou baixa. As notas foram independentes entre as classes.

Apesar de observar que as notas para os ambientes sol e sombra estão muito próximas, foi executado o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para certificar se existem diferenças significativas. A TAB. 4.9 apresenta os resultados dessa análise.

TABELA 4.9
Resultado do teste Mann-Whitney-Wilcoxon entre as notas dos ambientes

Classe	<i>P-Value</i>
Intensidade	0,4402
Agradabilidade	0,2985
Duração	0,5026
Nota Final	0,8371

Com os resultados apresentados e todos os valores de *P-Value* acima de 0,05, conclui-se que não existe diferença entre as notas dos dois ambientes de estudo ao nível de confiança de 95% entre cada classe. Com esse resultado, análises futuras podem ser executadas somente com o veículo na sombra.

Com o propósito de prever possíveis notas caso as temperaturas estejam extremamente alta ou extremamente baixa em relação ao que foi registrado, utilizou-se da técnica de inteligência artificial, como apresentado na metodologia.

Os resultados obtidos através do programa de computador estão apresentados na TAB 4.10

TABELA 4.10
Resultado do programa de Inteligência artificial para temperaturas extremas

Notas para Temp. de 60°C	Notas para Temp. de 5°C
15,31	15,06
15,21	15,27
15,18	14,27
15,27	14,68
15,20	13,77
15,05	14,10
15,35	14,75
15,14	15,09
15,13	15,22
15,09	14,77
15,10	14,59
15,98	12,13
14,86	11,98
15,63	12,98
15,62	13,51
15,50	13,53
15,17	14,90
15,33	11,04
15,31	15,21
15,27	14,98

A média das notas para temperatura de 60°C foi de 15,28 e para temperatura de 5°C foi de 14,09. Com esses valores, não se espera uma mudança significativa nas notas caso os avaliadores analisem em ambientes com temperaturas extremas. É importante salientar que a metodologia usada nas redes neurais artificiais é processada em função de valores de referência, os quais são usados para o treinamento dos neurônios artificiais. Com isso, quanto mais dados forem coletados e aplicados ao sistema, melhor serão os resultados.

4.2.2. Componentes

De acordo com a metodologia aplicada para análise de odores, os avaliadores pontuaram sua percepção e os resultados estão apresentados na TAB 4.11 organizada por componentes e materiais.

TABELA 4.11

Resultado das análises olfativas dos materiais do habitáculo veicular

Componentes		Cod	Notas										Média
Caixa de ar	Capa Tubulação	16	5	4	6	7	5	5	7	9	5	8	6,1
	Espuma c/ Adesivo	17	3	3	3	4	4	3	5	4	4	3	3,6
	Espuma comum	18	6	6	8	6	6	4	7	9	4	9	6,5
	Botões	1	5	4	4	1	4	6	6	10	5	7	5,2
	Mangueira	19	6	7	9	7	7	6	8	10	6	10	7,6
	Carcaça	2	5	5	9	5	7	8	9	4	4	4	6,0
	Rotor	3	8	10	10	6	8	10	8	4	6	8	7,8
	Espuma de Impacto	20	7	8	4	7	8	6	9	6	9	8	7,2
	Paletas	21	7	4	7	4	6	4	5	5	7	2	5,1
Console anterior	Mat. Externo	4	5	2	5	3	5	4	4	4	8	7	4,7
	Mat. Interno	22	6	9	7	2	6	5	5	5	9	4	5,8
Forro de Teto		5	4	7	6	5	6	7	4	4	9	2	5,4
Volante	Capa	6	6	8	5	4	5	8	5	5	9	2	5,7
	Botões	7	7	9	7	5	7	4	7	3	8	3	6,0
	Borracha interna	23	8	8	9	5	7	9	7	4	10	4	7,1
Guarnição de porta		24	4	7	4	5	6	8	3	5	4	4	5,0
Tampa interna porta malas		8	5	7	4	4	5	7	5	7	7	5	5,6
Carpete		9	5	7	3	8	7	9	6	9	7	3	6,4
Painel de coluna		25	3	7	3	4	4	4	7	8	4	3	4,7
Painel de portas	Polímero principal	10	3	6	4	2	4	3	2	5	4	3	3,6
	Poliestireno	26	2	4	1	3	2	3	2	3	5	2	2,7
	Tecido	27	3	6	3	2	3	1	2	4	5	2	3,1
	Tela	28	4	3	4	4	5	4	3	6	3	3	3,9
Cinto de Segurança		29	2	2	2	2	2	2	3	4	3	3	2,5
Tapetes		11	7	8	10	6	4	8	8	5	7	9	7,2
Painel de Instrumentos		12	4	5	4	6	6	4	4	3	4	2	4,2
Parasol	Polímero flexível	13	2	2	4	6	4	2	3	1	3	2	2,9
	Polímero rígido	30	4	5	8	5	8	4	10	1	2	3	5,0
	Espuma	31	3	3	5	4	5	3	7	2	2	3	3,7
Assento Couro	Couro com Espuma	14	4	9	1	4	3	6	4	4	5	4	4,4
	Couro sintético	15	6	9	3	5	6	4	4	5	8	5	5,5
	Carpete	32	5	8	3	4	4	1	5	2	5	3	4,0
	Feltro	33	3	4	1	2	2	1	3	1	6	3	2,6

De acordo com a amostragem de 33 materiais apresentados na TAB 4.11 a média geral das notas foi e 5,1. Do total de material, 48% estão com nota satisfatória e 52% com nota insatisfatória. Apesar de ter uma quantidade significativa de materiais

reprovados, muitas notas acima de 5 estão próximas do limite de aceitação. Nesse caso, não será complicado melhorar essa nota com alguma estratégia.

Durante a análise olfatométrica dos materiais, existiu um pequeno intervalo de tempo entre a análise de um avaliador e outro. Houve também um retorno do material para a estufa por algumas vezes até que todos avaliadores fizessem a análise. Esse ciclo de retorno do material para a estufa ocorreu entre 3 e 4 vezes. Com o objetivo de certificar que esse ciclo de retorno do material para a estufa, bem como o intervalo entre a análise de um avaliador e outro, não comprometesse o resultado, foi feita uma análise de correlação entre as notas e a ordem de avaliação dos avaliadores. A TAB. 4.12 apresenta as notas das avaliações em ordem de execução com o coeficiente de correlação. Esse coeficiente pode ser interpretado usando a TAB. 4.6. Ainda na TAB. 4.12, os dados foram organizados em grupos materiais e grupo de análise simultânea. Esse grupo de análise simultânea representa que, no mesmo momento de retirada dos materiais da estufa, um ou vários avaliadores fizeram a análise. Como exemplo de interpretação da TAB. 4.12, a amostragem 1 foi feita com 5 materiais e analisado por 5 grupos de avaliadores em momentos diferentes.

TABELA 4.12

Resultado das análises olfativas dos materiais em ordem de execução

Grupo	Material	Código	Notas em ordem de análise										Coef. Correlação
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Amostragem 1	Capa tubulação	16	5	6	7	5	5	7	9	8	5	4	-0,05
	Espuma c/ adesivo	17	3	3	4	4	3	5	4	3	4	3	0,10
	Espuma comum	18	6	8	6	6	4	7	9	9	4	6	0,00
	Mangueira	19	6	9	7	7	6	8	10	10	6	7	0,16
	Carcaça	2	5	9	5	7	8	9	4	4	4	5	-0,50
Amostragem 2	Botões	1	5	4	4	4	7	6	5	6	10	1	0,22
	Rotor	3	8	10	10	8	6	10	4	8	8	6	-0,48
	Espuma de impacto	20	7	8	4	8	9	6	6	9	8	7	0,13
	Paletas	21	7	4	7	6	7	4	5	5	2	4	-0,59
	Mat. Externo	4	5	2	5	5	8	4	4	4	7	3	-0,11
Amostragem 3	Mat. Interno	22	5	5	7	2	6	5	9	4	6	9	0,37
	Forro teto	5	7	4	6	5	6	4	9	2	4	7	-0,09
	Capa Volante	6	8	5	5	4	5	5	9	2	6	8	0,15
	Botões Volante	7	4	7	7	5	7	3	8	3	7	9	0,3
	Borracha interna V.	23	9	7	9	5	7	4	10	4	8	8	-0,12

Amostragem 4	Guarnição de porta	24	4	4	4	7	8	3	5	4	5	6	0,28
	Tecido	34	3	3	3	2	5	3	3	1	2	4	-0,10
	Espuma	35	8	4	3	8	7	4	5	2	6	4	-0,29
	Tampa interna porta malas	8	7	5	5	7	7	5	7	4	4	5	-0,49
	Carpete	9	7	3	5	7	9	6	9	3	8	7	0,26
Amostragem 5	Painel de coluna	25	4	7	3	4	3	3	7	8	4	4	0,17
	Polímero princ	10	4	6	4	4	3	3	2	5	2	3	-0,57
	Poliestireno	26	2	4	1	5	2	2	2	3	3	3	0,17
	Tecido	27	3	6	3	5	2	3	2	4	2	1	-0,61
	Tela	28	5	3	4	3	3	4	3	6	4	4	0,17
	Cinto de Seg	29	2	2	2	3	3	2	3	4	2	2	0,19
Amostragem 6	Tapetes	11	5	7	9	6	4	8	8	10	7	8	0,41
	Painel de Instrum.	12	3	4	2	6	6	4	4	4	4	5	0,36
	Polímero flexível	13	1	3	2	6	4	2	3	4	2	2	0,06
	Polímero rígido	30	1	2	3	5	8	4	10	8	4	5	0,61
	Espuma parasol	31	2	2	3	4	5	3	7	5	3	3	0,45
Amostragem 7	Couro c/ espuma	14	4	4	6	4	1	5	4	3	4	9	0,10
	Couro sintético	15	6	5	4	4	3	8	5	6	5	9	0,38
	Carpete assento	32	5	4	1	5	3	5	3	4	2	8	0,04
	Feltro assento	33	3	2	1	3	1	6	3	2	1	4	0,13

Com base na TAB. 4.6 e nos coeficientes apresentados na TAB. 4.12, existem 51% dos materiais com coeficiente de correlação menor que 0,20, que representa uma correlação bem fraca. 23% dos materiais possuem uma correlação fraca e 25% dos materiais possuem correlação moderada. Não existiu nenhum coeficiente acima de 70% que seria uma correlação forte ou muito forte.

Com os resultados dos coeficientes apresentados na TAB. 4.12 pode-se concluir que não existe uma correlação entre a ordem de execução das análises com os valores das notas apontadas pelos avaliadores. Isso quer dizer que, mesmo que o material vá para estufa por várias vezes não significa que a nota avaliada tenha interferência. Ou também uma interferência na nota em relação ao primeiro avaliador e o último no mesmo momento de análise, quando o frasco tenha algumas aberturas e possíveis perdas de vapores odorantes.

Para uma representação da estatística descritiva da análise olfatométrica dos materiais, foi criado o boxplot apresentado no GRAF. 4.3.

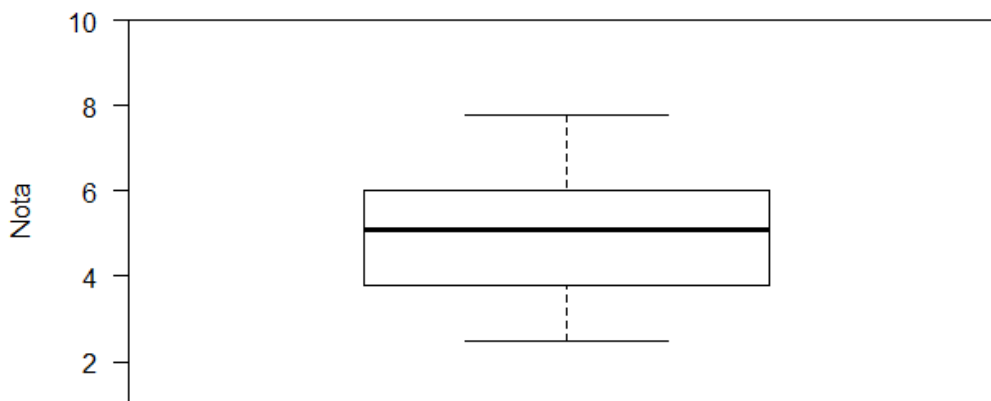


GRÁFICO 4.3 - Gráfico das notas das análises olfativas dos materiais do habitáculo veicular

No GRAF. 4.3 pode-se observar um equilíbrio nas notas, uma vez que os valores de mínimo, máximo e os quartis, não destoam. Mas também pode verificar que a dispersão dos dados é pequena representada pelo intervalo interquartil. O que representa que os dados são relativamente semelhantes. Isso demonstra um equilíbrio nas avaliações. Outra informação que reflete esse equilíbrio é o valor da mediana que foi calculado em 5.1. É possível identificar também a ausência de *outliers*.

De acordo com o *P-Valor* de 0,9981 para o teste Shapiro-Wilk, as notas representam uma distribuição normal ao nível de confiança de 95%. Com isso, os testes subsequentes foram com base em dados paramétricos.

A TAB. 4.13 apresenta os materiais do habitáculo veicular com os resultados na análise olfativa, organizado por representatividade. Como definido na metodologia, essa representatividade está relacionada diretamente com materiais de grande área superficial ou que tenha uma influência importante na circulação de ar.

TABELA 4.13

Organização dos materiais do habitáculo veicular por representatividade			
Representatividade	Código	Material	Nota
Alta	1	Carcaça - caixa de ar	6,00
	2	Rotor - caixa de ar	7,80
	3	Forro teto	5,40
	4	Tampa interna porta malas	5,60
	5	Carpete	6,40
	6	Polímero – Pannel de porta	3,60
	7	Tapetes	7,20

	8	Painel de Instrumentos	4,20
	9	Couro com Espuma – Assento	4,40
	10	Couro sintético – Assento	5,50
Baixa	11	Capa Tubulação – Caixa de ar	6,10
	12	Botões - caixa de ar	5,20
	13	Mat. Externo – Console anterior	4,70
	14	Couro – Volante	5,70
	15	Botões - Volante	6,00
	16	Polímero flexível - Parasol	2,90
	17	Espuma Adesivo – Caixa de ar	3,60
	18	Espuma comum– Caixa de ar	6,50
	19	Mangueira– Caixa de ar	7,60
	20	Espuma Impacto – Caixa de ar	7,20
	21	Paletas – Caixa de ar	5,10
	22	Mat. Interno – Console anterior	5,80
	23	Borracha interna – Volante	7,10
	24	Guarnição de porta	5,00
	25	Painel de coluna	4,70
	26	Poliestireno – Painel de porta	2,70
	27	Tecido - Painel de porta	3,10
	28	Tela - Painel de porta	3,90
	29	Cinto de Segurança	2,50
	30	Polímero rígido - Parasol	5,00
	31	Espuma - Parasol	3,70
	32	Carpete - Assento	4,00
	33	Feltro - Assento	2,60

O GRAF. 4.4 apresenta a distribuição das notas com destaque da região de aprovação e reprovação e o percentual de representação. O eixo X representa os códigos dos materiais de acordo com a TAB 4.12. Apesar da média de materiais aprovados estar próximo da média de reprovados, observa-se que possui menor quantidade de materiais no quadrante 3. Esse quadrante é o mais importante por estar na faixa de reprovação e com materiais mais representativos. Para qualquer busca de melhoria nos resultados, deve-se ter como objetivo, fazer com que mais materiais se apresentem no quadrante 3. Para os materiais com reprovação e alta representatividade, apresentado no GRAF. 4.4, quadrante 1, tem a maior quantidade de materiais o que representa também uma atenção especial. Apesar do equilíbrio das médias de aprovação e reprovação, o cenário atual merece uma atenção especial, quando observado o quadrante 1.

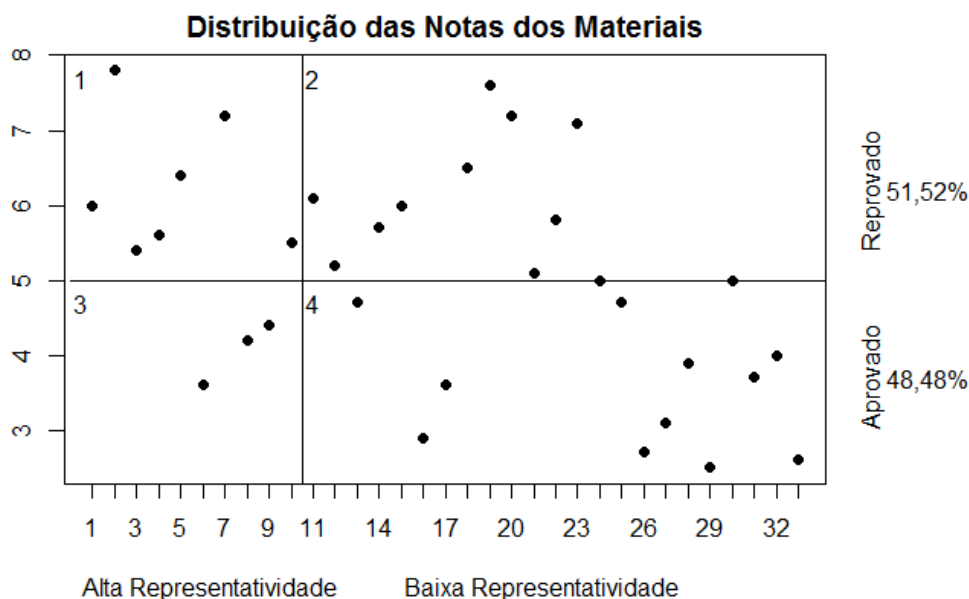


GRÁFICO 4.4 - Gráfico de distribuição das notas das análises olfativas dos materiais em função da representatividade e do limite de aprovação

A TAB. 4.14 apresenta os resultados das médias das notas dos componentes considerando o agrupamento de materiais. Foi eliminado o assento em tecido por possuir o mesmo valor de nota comparado com o assento em couro.

TABELA 4.14
Resultado médios das análises olfativas dos componentes do habitáculo veicular

Componente	Nota
Caixa de ar	6,1
Console anterior	5,2
Forro teto	5,4
Volante	6,2
Guarnição de porta	5,0
Tampa interna porta malas	5,6
Carpete	6,4
Painel de coluna	4,7
Painel de portas	3,3
Cinto de Segurança	2,5
Tapetes	7,2
Painel de Instrumentos	4,2
Parasol	3,8
Assento em couro	4,1

Com base na representatividade dos componentes em função da área de exposição, foram criadas duas faixas para análise das notas. A TAB. 4.15 apresenta os componentes agrupados pela representatividade.

TABELA 4.15
Representação dos componentes do habitáculo veicular em função da área superficial

Representatividade	Código	Componente	Média
Alta	1	Caixa de ar	6,1
	2	Forro teto	5,4
	3	Assento	4,0
	4	Carpete	6,4
	5	Tapetes	7,2
	6	Painel de Instrumentos	4,2
	7	Painel de portas	3,3
Baixa	8	Tampa interna porta	5,6
	9	Volante	6,2
	10	Guarnição de porta	5,0
	11	Console anterior	5,2
	12	Painel de coluna	4,7
	13	Cinto de Segurança	2,5
	14	Parasol	3,8

Para avaliar a diferença das amostras em relação a representatividade, foi executado o teste *t*-Student e obteve o valor de *P-Value* de 0,4852. Com esse valor acima de 0,05, conclui-se que não existe diferença entre as médias amostrais das duas classes de representatividade ao nível de confiança de 95%. Apesar dessa afirmação é importante salientar que o grupo de alta representatividade tem maior influência na formação dos odores. Com isso, se em futuras análises o grupo de alta representatividade tiver uma média acima do limite, deve-se atentar para possíveis ajustes e melhoria nos materiais. Considerando que a norma determina que as médias devem ser analisadas com valores arredondados, apenas os componentes Caixa de ar, carpete, tapete, tampa interna porta malas e volante estão com notas acima do limite. Apesar de representar apenas 36% dos componentes, todos com exceção do volante tem alta representatividade na cabine. Isso chama a atenção pelo fato de se enquadrarem no grupo de alta representatividade.

O GRAF. 4.5 apresenta a distribuição das notas com destaque da região de aprovação e reprovação e o percentual de representação. O eixo X representa os códigos dos componentes de acordo com a TAB 4.13. A distribuição deixa evidente o equilíbrio das notas entre aprovação e reprovação. O quadrante 1 representa o pior dos cenários e o quadrante 3 o melhor. Apesar da igualdade entre aprovação e reprovação representar

57,14% das notas, é importante estar atento com as notas e a quantidade de componentes com alta representatividade.

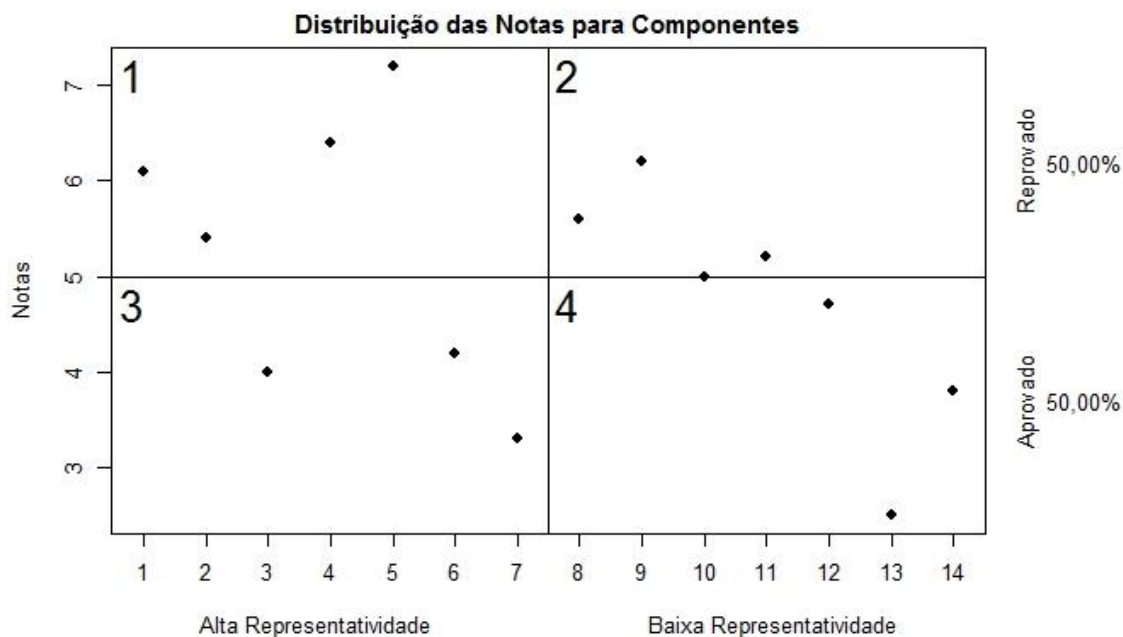


GRÁFICO 4.5 - Gráfico de distribuição das notas das análises olfativas dos componentes em função da representatividade e do limite de aprovação

4.3. Análise por cromatografia gasosa

O objetivo da análise instrumental foi a caracterização das substâncias voláteis dos materiais e relacioná-las com as análises olfatométricas. Os valores apresentados abaixo não representam uma quantificação de concentração dos materiais. É apenas uma referência de proporcionalidade entre eles, obtido a partir da área dos picos cromatográficos. Para quantificar a concentração das substâncias volatizadas em cada material, teria que ter o projeto de cada componente com identificação exata de área superficial e massa. Assim seria possível fazer uma relação de quanto um material representa dentro da cabine. Por esse motivo, a abordagem foi apenas qualitativa.

4.3.1. Componentes

Após as análises cromatográficas e espectrometria de massas, foram

identificadas as principais substâncias através do software do equipamento, o qual possui um banco de dados com base no National Institute of Standards and Technology (NIST). Essa identificação se baseou na integração dos picos e em seguida na seleção daqueles que apresentaram uma área mais representativa. As tabelas de 4.16 a 4.30 apresentam todas as substâncias identificadas com as áreas dos picos cromatográficos e a proporção das mesmas. O Anexo A contém todos os cromatogramas os quais foram analisados para a formação das tabelas.

4.3.1.1. Caixa de ar

A caixa de ar é um componente importante na formação de odores em função da sua atividade, apesar de ter pouca área superficial. Possui vários materiais que possam contribuir com os odores internos devido a passagem força de ar. A TAB. 4.16 apresenta todos os materiais e as substâncias identificadas de cada um.

TABELA 4.16

Identificação das substâncias dos Materiais da Caixa de ar

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Capa interna de tubulação	1	Tolueno	43811	8,28
		Etilbenzeno	35305	6,68
		<i>p</i> -xileno	68929	13,03
		1,3-Dimetil, Benzeno	14672	2,77
		Ciclohexano, Isotiocianato	25722	4,86
Espuma Adesiva	2	Propilexedrina	114465	21,37
		1-Bromo, 2-Metil, 2-Propanol	72219	10,49
		Neopentil Glicol	27993	6,62
		Tolueno	117527	2,57
		Etilbenzeno	42293	10,77
		<i>p</i> -xileno	121071	3,88
		1,3-Dimetil, Benzeno	39996	11,10
Poliuretano	3	Propilexedrina	31217	50,93
		Tolueno	30079	49,07
Botões	4	Metil Metacrilato	103952	7,45
		Tolueno	37945	2,72
		Etilbenzeno	48926	3,50
		<i>p</i> -xileno	62011	4,44
		Estireno	288288	20,65
		3-Metil, 3-Fenil, Azetidina	317519	22,74
Mangueira	5	Tolueno	17296	50,76
		1,3-Dimetil, Benzeno	16775	49,24
Carça	6	1-Bromo, 2-Metil, 2-Propanol	21560	12,69

		Heptano, 1,1-Oxibis	16325	9,61
		3-Etil, 3-Metilheptadecano	12263	7,22
		2,3,3,4-Tetrametil Ciclobutanone	44389	26,13
		4,5-Dimetil Nonane	13328	7,85
Rotor	7	Tolueno	42405	4,47
		2-Undecene, 9-Metil-, (Z)-	24216	2,55
		Etilbenzeno	36977	3,89
		1,3-Dimetil, Benzeno	111203	11,71
		1,3-Dimetil, Benzeno	31610	3,33
		1-Etil-4-Metil, Benzeno	31024	3,27
		1-Etil-2-Metil, Benzeno	23014	2,42
		1,2,4-Trimetil, Benzeno	58727	6,18
		Ácido Sulforoso, 2-EtilHexil Nonil	20360	2,14
		Tritetracontane	20035	2,11
		1R,2C,3T,4T-Tetrametil-Ciclohexano	45712	4,81
		1-Fluoro Dodecano	29344	3,09
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	30881	3,25
		Hentriacontane	30420	3,20
		Espuma	8	Tolueno
Ácido Pentanoico, 2-EtilHexil Ester	15868			0,97
3,5-Dimetil Heptano	36568			2,25
1-Fluoro Dodecano	88869			5,46
Etilbenzeno	74582			4,58
1,3-Dimetil, Benzeno	182101			11,18
1-Etil-4-Metil Benzeno	35581			2,18
1-Etil-2-Metil Benzeno	23890			1,47
1,2,3-Trimetil Benzeno	18344			1,13
1-Etil, 2-Metil Benzeno	17940			1,10
1,2,4-Trimetil Benzeno	110559			6,79
Mesetilene	21099			1,30
1,4-Dietil Benzeno	17025			1,05
Hentriacontane	93096			5,72
Paletas	9	Ácido acético, Dicloro	33772	3,19
		Tolueno	94338	8,92
		Etilbenzeno	37258	3,52
		<i>p</i> -xileno	102746	9,71
		1,3-Dimetil Benzeno	28884	2,73

A caixa de ar contém nove materiais como descrito na TAB. 4.16. É um componente importante, uma vez que a circulação de ar passa pelos materiais levando os odores para dentro da cabine. Entre os materiais analisados, destacam-se a presença de tolueno em 8 dos 9 materiais. Dos materiais que possuem tolueno, 7 deles estão com o proporções abaixo de 10%. Apenas o material de poliuretano foi detectado 49% de tolueno. Esse alto percentual foi em função do cromatograma não ter detectado outras substâncias. Apenas dois picos foram integrados e o restante foram ruídos. Lembrando

que essa proporção não se refere a quantificação. A substância etilbenzeno aparece em 6 dos 9 materiais e também com baixas proporções. O (2,3,3,4-tetrametil ciclobutanone) e o (estireno) são as únicas substâncias que aparecem com um percentual de proporcionalidade entre 20 e 30% em dois materiais diferentes. As demais substâncias possuem uma baixa relação de proporção com valores menores que 13%. Em todos os materiais contidos na caixa de ar, as substâncias (*p*-xileno), (estireno), (tolueno), (2,3,3,4- tetrametil ciclobutanone), (1-Bromo, 2-Metil, 2-Propanol), (propilexedrina), (azetidine), (3-Metil, 3-Fenil, benzeno) e (1.3-Dimetil benzeno), (1,2,4-trimetil benzeno) tiveram as maiores proporções de área. Entre eles apenas o Hentriacontane não produz odor após a volatização devido sua alta massa molar. Com isso, as demais substâncias são as responsáveis pela formação dos odores originados pela caixa de ar.

4.3.1.2.Console anterior

O console anterior é o componente que fica entre os dois assentos dianteiros que envolve o câmbio de marcha. A TAB. 4.17 apresenta as substâncias encontradas na análise instrumental.

TABELA 4.17

Identificação das substâncias dos Materiais do Console anterior

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Mat. Externo	10	Tolueno	47284	1,94
		Etilbenzeno	17276	0,71
		<i>p</i> -xileno	60704	2,49
		1,3-Dimetil Benzeno	10877	0,45
		2,6,10,16-Tetrametil- Heptadecano	427957	17,58
		2-EtilHexil Nonil Ester ácido sulfuroso	113295	4,65
		Hexadecano	136549	5,61
		Hentriacontane	810267	33,28
Mat. Interno	18	Sem separação de substância pelo método utilizado.		

De acordo com a TAB 4.17, o componente Console Anterior possui dois materiais. O material externo é um compósito de policarbonato com ABS e apenas a substância (2,6,10,16-Tetrametil-heptadecano) e a (hentriacontane) tem proporções de destaque. Todas as demais substâncias possuem proporção menor que 6%. O material interno feito de Polipropileno não emitiu nenhuma substância na cromatografia. É

possível observar essa afirmação através do cromatograma apresentado no GRAF. A.2.2 no anexo A. Com baixa representatividade e apenas duas substâncias, muito provavelmente o console anterior não deve participar da formação de odores de forma significativa. Seria necessária uma quantificação para melhor estabelecer a influência no odor da cabine.

4.3.1.3. Forro de teto

A TAB. 4.18 apresenta as substâncias encontradas na análise cromatográfica para o componente forro de teto.

De acordo com os cálculos de proporção das áreas dos picos cromatográficos, tolueno, etilbenzeno e *p*-xileno, são as substâncias que se destacaram e possuem as maiores proporções relativa, de acordo com a TAB. 4.18. Todas as substâncias desse componente têm características odorantes. Com isso e ainda por ser um componente com grande representatividade no habitáculo do veículo contendo uma grande área superficial, merece uma atenção especial. Vale ressaltar que as três substâncias em destaque pela área têm características odorantes de agradabilidade.

TABELA 4.18
Identificação das substâncias do Forro de teto

Substância	Área	(%)
Propilexedrina	82048	3,07
Tolueno	379040	14,20
Etilbenzeno	325384	12,19
<i>p</i> -xileno	780868	29,24
1-Ethyl, 2-Metil Benzeno	209035	7,83
Propil- Benzeno	34718	1,30
1-Ethyl-4-Metil Benzeno	121867	4,56
1-Ethyl-2-Metil Benzeno	107295	4,02
1,2,3-Trimetil Benzeno	22235	0,83
1,2,4-Trimetil Benzeno	173544	6,50

4.3.1.4. Volante

O volante possui três materiais e estão representados na TAB. 4.19, com suas substâncias identificadas na análise instrumental.

TABELA 4.19

Identificação das substâncias dos Materiais do Volante

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Couro	13	Propilexedrina	267843	16,60
		Terc-Butildimetilsilanol	524010	32,47
		Tolueno	43412	2,69
		CicloHeximetilSilane	220239	13,65
		Etilbenzeno	25799	1,60
		<i>p</i> -xileno	77127	4,78
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	42867	2,66
		1-Etil-4-Metil Benzeno	14224	0,88
		1,2,4-Trimetil Benzeno	28300	1,75
Botões	14	Propilexedrina	63244	1,81
		Tolueno	75407	2,16
		Cloro- Benzeno	16465	0,47
		Etilbenzeno	48491	1,39
		<i>p</i> -xileno	108319	3,11
		Ácido Isonicotinico, Fenilo Etil	85429	2,45
		Propil- Benzeno	68916	1,98
		1-Etil-4-Metil Benzeno	295809	8,48
		1,2,3-Trimetil Benzeno	99755	2,86
		1,2,4-Trimetil Benzeno	316912	9,09
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	325726	9,34
		1,2,4-Trimetil Benzeno	1384552	39,70
		1-Etil, 3-Propil Benzeno	40467	1,16
		Mesetilene	305981	8,77
		Indane	48807	1,40
		1-Etil, 3-Propil Benzeno	34825	1,00
		1,4-Dietil Benzeno	38496	1,10
Borracha interna	15	1,1,3,3-Tetrametoxi Propano	118489	3,40
		Tolueno	119003	3,41
		Etilbenzeno	42444	1,22
		<i>p</i> -xileno	112687	3,23
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	43150	1,24
		1-Etil-4-Metil Benzeno	17914	0,51
		1,2,3-Trimetil Benzeno	13517	0,39
		1,2,4-Trimetil Benzeno	30065	0,86

O volante, considerado como um componente de baixa representatividade em função da área de exposição possui três materiais: O couro usado no acabamento, os botões de controle e uma borracha interna de poliuretano. O que chama a atenção de muitas substâncias terem sido identificadas nos botões é devido ao uso de diversos materiais em sua fabricação.

1,2,4-trimetil benzeno é a única substância com uma proporção significativa no material dos “Botões”. Todas as demais substâncias estão abaixo de 10%. Com isso, os botões não participam da formação de odores da cabine, em função da baixa representatividade e por não ter áreas de picos com alta proporção nas demais substâncias encontradas.

Para a borracha interna, todas as substâncias estão abaixo de 4% de proporção, não sendo necessário qualquer inferência.

4.3.1.5. Guarnição de porta

A guarnição de porta é um material instala no contorno da porta e possui uma baixa representatividade em área superficial. As substâncias encontradas estão descritas na TAB. 4.20.

TABELA 4.20

Identificação das substâncias dos Materiais da Guarnição de porta

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Guarnição de porta	17	2-Mercapto- Etanol	60256	7,40
		Dissulfeto de carbono	116987	14,36
		Tolueno	69583	8,54
		Etilbenzeno	25811	3,17
		<i>p</i> -xileno	87990	10,80
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	25806	3,17
		1-Etil-4-Metil Benzeno	20617	2,53
		1,2,3-Trimetil Benzeno	24643	3,03
		1,2,4-Trimetil Benzeno	36713	4,51

A guarnição de porta, além de ser um componente de baixa representatividade, todas as substâncias possuem baixa proporção de área. Apenas o dissulfeto de carbono e o *p*-xileno obteve um pequeno aumento de área. Sendo assim não tem nenhum indício que esse componente possa contribuir de forma significativa na formação de odores da cabine veicular.

4.3.1.6. Assento em tecido

O assento é um componente de extrema importância em função da grande área superficial. Na TAB. 4.21 foi apresentado apenas dois materiais de maior relevância.

TABELA 4.21
Identificação das substâncias dos Materiais do Assento em tecido

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Tecido	11	Tolueno	22996	7,12
		Etilbenzeno	11934	3,70
		<i>p</i> -xileno	47557	14,73
		Estireno	120819	37,41
Espuma	16	Tolueno	131101	16,26
		Etilbenzeno	44514	5,52
		<i>p</i> -xileno	112058	13,90
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	34519	4,28
		1-Etil-4-Metil Benzeno	13129	1,63
		1,2,4-Trimetil Benzeno	23508	2,92

Para o tecido do assento, foram identificadas apenas 4 substâncias, sendo duas com maiores proporções de área, o *p*-xileno e o estireno. Apesar de poucas substâncias identificadas no cromatograma, é um componente importante por ser de alta representatividade no contexto geral da cabine. O estireno por ter uma proporção de área bem expressiva e ter característica marcante na geração de odor em sua volatilização, é uma substância que contribui de forma significativa na formação do odor final da cabine. Vale ressaltar que o tolueno e o *p*-xileno possuem odor adocicado.

Para a espuma que é um polipropileno possui tolueno e *p*-xileno como substâncias destacadas e as demais sem importância na relação de proporção. Considerando o componente, podemos dizer que o Tolueno pode exercer uma função importante na formação dos odores por participar dos dois materiais e com proporções significativas.

4.3.1.7. Tampa interna porta malas

A TAB. 4.22 representa as substâncias da tampa que sobrepõe o porta malas e fica diretamente na parte interior da cabine.

TABELA 4.22
Identificação das substâncias dos Materiais da Tampa interna porta malas

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Tampa interna porta malas	26	Propilexedrina	129365	8,29
		Clofenamide	61292	3,93
		Tolueno	149186	9,56
		Etilbenzeno	38176	2,45
		<i>p</i> -xileno	112041	7,18
		1,3-Dimetil Benzeno	29222	1,87
		3-Carene	162971	10,45
		4-Metilene-1-(1-Metiletil) Ciclohexano	37814	2,42
		2-Pentil Furan	30186	1,93
		1,2,4-Trimetil Benzeno	20341	1,30
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	90433	5,80
		Triacontane	35401	2,27
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	106850	6,85
		2,6,10-Trimetil- Dodecano	46030	2,95
		Tritetracontane	103051	6,60

A tampa interna do porta malas é um componente produzido através de um compósito de polipropileno com fibra de madeira. A substância 3-carene é um constituinte da trepentina que é obtido a partir da destilação da resina de espécies coníferas, segundo Corredor (2013). Com uma alta proporção de área de pico, o 3-carene representa a principal substância e se justifica pela utilização da fibra no compósito. Com característica adocicada e intensa, pode ser considerado um material que participa de forma significativa na formação do odor. O tolueno e o *p*-xileno são as outras substâncias que se destacaram extraídos do polipropileno. Como já discutido em outros materiais, são substâncias odorantes que, em função da proporção de área de pico podem contribuir com a formação dos odores na cabine

4.3.1.8. Carpete

Com uma grande representatividade, o carpete é um material que merece uma atenção. A TAB. 4.23 apresenta as substâncias identificadas na análise.

TABELA 4.23
Identificação das substâncias dos Materiais do Carpete

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Carpete	20	Propilexedrina	37365	7,06
		1,1-Oxibis Heptano	18080	3,41
		Tolueno	97923	18,49

	Metil, 2-Metil, 2-Metoxi, 3-Hidroxicand-1-ONE-3-	28520	5,39
	3,5-Dimetil Heptano	18852	3,56
	Etilbenzeno	30998	5,85
	<i>p</i> -xileno	99194	18,73
	1,3-Dimetil Benzeno	27607	5,21
	1,2,4-Trimetil Benzeno	20201	3,81
	Isotiocianato- Ciclohexano	21741	4,11
	1-Fluoro Dodecano	12635	2,39
	Hentriacontane	59927	11,32
	Hexacosil Acetato	21674	4,09

O carpete é um componente considerado de grande importância para o odor interno do veículo por possuir uma grande área superficial. O tolueno e o *p*-xileno se destacam pela proporção da área e que diferencia de todos com exceção do hentriacontane. Mas esse já discutido anteriormente não é uma substância odorante. Com isso a atenção se volta apenas para o tolueno e o *p*-xileno. Por essas duas substâncias estarem em um componente de grande área superficial pode ser considerado um dos principais responsáveis pela formação do odor característico do habitáculo veicular.

4.3.1.9. Painel de coluna

O Painel de coluna é um material de acabamento com pouca representatividade em termos de área superficial. A TAB. 4.24 apresenta as substâncias detectadas na análise.

TABELA 4.24

Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de coluna

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Painel de coluna	25	Tolueno	61833	2,16
		3-Etil, 3-Metilheptadecano	26511	0,92
		Etilbenzeno	19827	0,69
		<i>p</i> -xileno	56831	1,98
		1,3-Dimetil Benzeno	16826	0,59
		1,2,4-Trimetil Benzeno	14548	0,51
		Butil Nonil Ester Ácido Sulforoso	23536	0,82
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	498628	17,39
		Triacantane	92428	3,22
		Hexadecano	21794	0,76
		3,8-Dimetil- Decano	52168	1,82

	Tetrapentacontane	46832	1,63
	Hentriacontane	869677	30,33
	3-(3,3-DimetilButil)- Sidnone	102152	3,56
	Pentriacontane	72573	2,53
	Heneicosane	223835	7,81
	Tolueno	61833	2,61

Apesar de várias substâncias detectadas na cromatografia, apenas duas substâncias tiveram destaque na área de pico. tritetracontane e 2,6,10,15-Tetrametilheptadecano. Sendo duas substâncias com alto peso molecular, não tem nenhuma influência na geração de odores. Por não ter uma alta representatividade dentro da cabine, e não serem substâncias geradoras de odor, não participa da formação dos odores, mesmo com uma alta representação de área de pico. Pode inferir então que o painel de coluna não participa da formação de odores.

4.3.1.10. Painel de porta

Com uma boa representatividade, o painel de porta possui vários materiais que podem contribuir com a formação de odores. A TAB. 4.25 apresenta os materiais e suas substâncias.

TABELA 4.25
Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de porta

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Polímero principal	19	Tolueno	66485	2,26
		2-EtilButil Isobutil Carbonate	10512	0,36
		2-EtilHexil Ester Ácido Pentanoico	123556	4,19
		1-Fluoro Dodecano	29675	1,01
		4,5-Dimetil Nonane	94726	3,21
		<i>p</i> -xileno	60791	2,06
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	20911	0,71
		Nitrofenil-Beta-FenilProprianate	58453	1,98
		1,2,4-Trimetil Benzeno	14950	0,51
		Butil Nonil Ester ácido sulfuroso	50427	1,71
		Hentriacontane	625914	21,23
		Triacontane	146946	4,98
		6-EthuyllOct-3-YL Isobutil Ester ácido oxálico	46636	1,58
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	290162	9,84
		2,6,10-Trimetil- Dodecano	127057	4,31
		Tritetracontane	357412	12,12
		Heneicosane	100000	3,39

		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	84536	2,87
Poliestireno	22	<i>p</i> -xileno	13472	34,14
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	12421	31,48
Tecido	23	<i>p</i> -xileno	14174	53,59
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	12275	46,41
Tela	24	Tolueno	47812	0,63
		2-EtilButil Isobutil Carbonato	41397	0,55
		3-Etil, 3-Metilheptadecano	581071	7,67
		3-MetilPentil Octil Ester ácido málico	60329	0,80
		2-Isopropil-5-Metil-1-Heptanol	410435	5,42
		Ciclohexil Dimetoximetil Silane	239137	3,16
		Butil Nonil Ester ácido sulfúrico	168956	2,23
		Hentriacontane	2170949	28,65
		Triacontane	445938	5,89
		Hexadecano	127803	1,69
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	764980	10,10
		2,6,10-Trimetil- Dodecano	207650	2,74
		Metil-5-Propil Nonane	101415	1,34
		2-EtilHexil Undecil Ester ácido sulfúrico	69825	0,92
		Tritetracontane	773725	10,21
		Dietil(Deciloxi)- Borane	139665	1,84
Pentriacontane	149649	1,98		
Heneicosane	221040	2,92		

Entre todos os materiais contidos no painel de porta, apenas o polímero principal e o tecido possuem uma representatividade significativa. Dentro desses dois materiais apenas o *p*-xileno possui uma área de pico significativa e é uma substância geradora de odor. As demais substâncias como hentriacontane, tritetracontane, (2,6,10,15-Tetrametil-heptadecano), (3,5,24-Trimetil- tetracontane), que também tem áreas de picos mais elevadas, não representam importância na formação de odores por terem pesos moleculares elevados. Com isso, apenas o tecido e o poliestireno pode contribuir com a formação de odor na cabine veicular.

4.3.1.11. Cinto de segurança

Esse componente com baixa representatividade não contribui de forma representativa com a formação dos odores. A TAB. 4.26 apresenta apenas duas substâncias identificadas na análise.

TABELA 4.26
Identificação das substâncias dos Materiais do Cinto de Segurança

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Cinto de Segurança	21	Tolueno	12498	44,60
		<i>p</i> -xileno	15256	54,44

O cinto de segurança possui uma baixa representatividade na composição de todos os componentes da cabine. A alta proporção de área de picos para as duas substâncias é devido por não ter identificado nenhuma outra substância no material. Se comparado com outros componentes, essas substâncias ocupam uma área muito pequena, fazendo com que sua importância na formação do odor não seja representativa.

4.3.1.12. Tapete

Um dos mais importantes componentes no habitáculo veicular, o tapete merece um destaque. A TAB. 4.27 apresenta as substâncias detectadas na análise.

TABELA 4.27
Identificação das substâncias dos Materiais do Tapete

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Tapetes	30	Trisilane	124615	5,11
		Dissulfeto de carbono	1147204	47,06
		2-Ciclopenten-1-one	39944	1,64
		Etilefrin-Propionil	37966	1,56
		Tolueno	42123	1,73
		Etilbenzeno	37669	1,55
		<i>p</i> -xileno	163290	6,70
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	65296	2,68
		1-Etil-4-Metil Benzeno	21572	0,88
		1,2,3-Trimetil Benzeno	24528	1,01
		1,2,4-Trimetil Benzeno	11820	0,48
		Nitrophenil-Beta-PhenilProprianate	12953	0,53
		1,2,4-Trimetil Benzeno	55304	2,27

Com alta representatividade na composição dos componentes da cabine, o tapete merece uma atenção maior, especialmente pelo destaque no pico de dissulfeto de carbono. Com odor característico de éter, o dissulfeto de carbono participa de forma significativa na formação de odor da cabine. O *p*-xileno vem em segundo lugar na proporção de área, mas muito menor que o dissulfeto de carbono, o que não deve

contribuir na formação do odor. As demais substâncias não têm representatividade pelas proporções de área.

4.3.1.13. Painel de Instrumentos

Esse componente apesar de ter apenas um material, possui uma grande área superficial e merece atenção. Especialmente por ter uma influência direta e mais constante sobre os raios solares.

TABELA 4.28
Identificação das substâncias dos Materiais do Painel de Instrumentos

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Painel de Instrumentos	27	Heptano, 1,1-Oxibis	50988	2,06
		Tolueno	80997	3,26
		3-Etil, 3-Metil heptadecano	47191	1,90
		<i>p</i> -xileno	58242	2,35
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	14002	0,56
		1,2,4-Trimetil Benzeno	12007	0,48
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	478762	19,30
		2-EtilHexil Tridecil Ester ácido sulfúrico	106411	4,29
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	252470	10,18
		3,8-Dimetil- decano	94610	3,81
		Tritetracontane	450048	18,14
		Heneicosane	257686	10,39

O Painel de Instrumentos, um componente com alta representatividade na cabine e apesar de possuir algumas substâncias com proporções de área de pico um pouco representativo, não tem sem influência na formação do odor. Todas essas substâncias acima de 10% de relação de área, possuem alto peso molecular, o que caracteriza a não geração de odor. Apesar de possuir uma grande área superficial, o Painel de Instrumentos não deve contribuir com a formação de odor.

4.3.1.14. Parasol

Apesar de pequena área de superfície, o parasol possui diversos materiais e estão apresentados na TAB. 4.29 com as substâncias identificadas pela análise.

TABELA 4.29

Identificação das substâncias dos Materiais do Parasol

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Polímero flexível	31	Dimephetanol	414053	1,71
		Tolueno	1286490	53,19
		3-Hexanol, 2,2-Dimetil	2956575	12,22
		<i>p</i> -xileno	164624	0,68
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	47465	0,20
		Ciclohexanona	6482919	26,80
		Dimefetanol	414053	1,71
Polímero rígido	32	2-Buteno, 1-Bromo	245767	2,86
		2-N-PropilThiane, S, S-Dióxido	156782	1,83
		Tolueno	2407722	28,06
		3-Etil, 3-Metil heptadecano	69737	0,81
		2-Heptene, 5-Etil-2,4-Dimetil	698716	8,14
		2-Undecene, 9-Metil-, (Z)-	192067	2,24
		2-Isopropil-5-Metil-1-Heptanol	90180	1,05
		<i>p</i> -xileno	82385	0,96
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	11075	0,13
		2-EtilHexil Tridecil Ester ácido sulfuroso	164606	1,92
		2-EtilHexil Pentadecil Ester	149373	1,74
		1-Fluoro- Dodecano	360498	4,20
		Di-Tert-Dodecil Dissulfeto	251433	2,93
		2,6,10,15-Tetrametil- Heptadecano	259707	3,03
		1-Octacosanol, 2,4,6,8-Tetrametil-, (All-R)-	159711	1,86
		tetrapentacontane	341560	3,98
Heneicosane	228790	2,67		
1-Decanol, 2-Hexil-	261667	3,05		
Espuma	33	Tolueno	16027	2,74
		1,3-Dimetil Benzeno	46179	7,89
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	14728	2,52
		Dietil Cianamide	17633	3,01
		Ciclo Butanone, 2-(1,1-DimetilEtil)-	12166	2,08
		1,2,4-Trimetil Benzeno	18177	3,11
		Ácido CicloPropanoCarboxilico, 2-Adamantil Ester	59060	10,10
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	99837	17,07

Apesar de pouca representatividade na cabine, o parasol apresentou a extração de muitas substâncias. Um destaque para o tolueno que aparece com alta proporção de área de pico em dois dos três materiais. Outro destaque fica para o ciclohexanona que também tem uma área de pico significativa e possui odor característico de acetona. Ambos podem contribuir para formação de odor da cabine, porém possivelmente de

forma menos atenuada por ser um componente de baixa representatividade. Demais substâncias com área de pico representativa não contribuem com a formação de odor por ter alto peso molecular, como o caso do 3,5,24-trimetil- tetracontane.

4.3.1.15. Assento em couro

Com grande área superficial, o assento é um componente de grande representatividade. A TAB. 4.30 apresenta os materiais e as substâncias detectadas na análise.

TABELA 4.30

Identificação das substâncias dos Materiais do Assento de Couro

Material	Cod	Substância	Área	(%)
Couro com Espuma	34	N,N-Dimetil-N,N-Dinitro-Etanediamide	158884	20,56
		Tolueno	159929	20,69
		Etilbenzeno	35931	4,65
		<i>p</i> -xileno	119940	15,52
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	38807	5,02
		1-Etil-4-Metil Benzeno	15769	2,04
		1,2,4-Trimetil Benzeno	20233	2,62
		1-Fluoro Dodecano	14390	1,86
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	59256	7,67
Couro sintético	35	N,N'-Dimethyl-N,N'-dinitroethanediamide	147808	19,48
		Tolueno	163991	21,61
		Etilbenzeno	30114	3,97
		<i>p</i> -xileno	113578	14,97
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	41864	5,52
		1,2,4-Trimetil Benzeno	24492	3,23
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	61607	8,12
Carpete de acabamento	36	Propano 1,1,3,3-Tetrametoxi	10116	1,69
		1,3-CicloButanediol,2,2,4,4-TetraMetil	46545	7,77
		Benzeno	81563	13,61
		Neopentil Glicol	88224	14,72
		Tolueno	34819	5,81
		Etilbenzeno	20374	3,40
		<i>p</i> -xileno	88529	14,77
		1-Etil, 2-Metil Benzeno	25392	4,24
		1-Etil-4-Metil Benzeno	12145	2,03
		1-Etil, 3-Metil Benzeno	10730	1,79
		1,2,4-Trimetil Benzeno	14111	2,36
		3,5,24-Trimetil- Tetracontane	66357	11,07
Feltro	37	Tolueno	49844	19,79
		Etilbenzeno	10418	4,14

	<i>p</i> -xileno	35453	14,07
	1,2,4-Trimetil Benzeno	17355	6,89
	3-Bromo Dodecano	14489	5,75
	3,5,24-Trimetil- Tetracontane	62418	24,78
	3-CicloHexil- Dodecano	23461	9,31
	Tolueno	49844	19,79

O assento é um componente com alta representatividade, porém entre os materiais avaliados, apenas o couro sintético ocupa uma grande área superficial.

Demais materiais representam pequenas partes no componente e com isso não tem influência na geração de odor. Fica o destaque para tolueno e *p*-xileno como substâncias de maiores proporções de área de pico. Mesmo os materiais com baixa representatividade (Carpete de acabamento e feltro), são também o tolueno e o *p*-xileno que possuem maiores áreas de picos. Demais substâncias com área em destaque, possuem peso molecular elevado e não favorecem a formação de odor.

4.4. Análise por Cromatografia Líquida

A análise por cromatografia líquida de alta eficiência da atmosfera do habitáculo veicular foi executada para identificar aldeídos. O sistema usado para essa análise possui apenas padrões para Formaldeído e Acetaldeído, cujo tempo de retenção foram 4,867 e 5,881 minutos respectivamente. O GRAF. 4.6 apresenta os picos cromatográficos com a identificação das amostras. Além das curvas, o software gerou um relatório que está organizado de acordo com a TAB 4.30 para Formaldeído e a TAB. 4.31 para Acetaldeído.

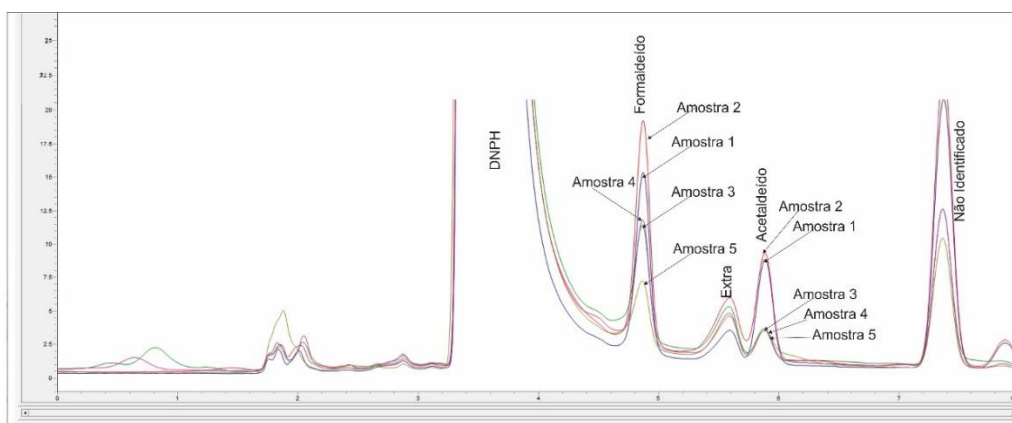


GRÁFICO 4.6 – Curva cromatográfica de HPLC para amostras da atmosfera veicular

De acordo com o QUADRO 3.7 as amostras 1 e 2 foram coletadas no interior do veículo, 3 e 4 no exterior e a amostra 5 refere-se ao branco. Como pode ser observado no GRAF. 4.6 os picos mais intensos de Formaldeído e Acetaldeído referem-se as amostras coletadas no interior do veículo. Formaldeído e Acetaldeído também foram identificados no ambiente externo porém com menor intensidade. Não foi possível identificar o pico próximo ao tempo de retenção 7,5 minutos por não ter padrões configurados no sistema. O pico entre o Formaldeído e o Acetaldeído representado como “Extra”, sugere ser ruído devido a baixa intensidade de sinal.

Com base no relatório fornecido pelo software do equipamento HPLC, foi obtido a concentração das substâncias na solução de acetonitrila e apresentado nas TAB. 4.31 e TAB. 4.32. A partir do volume da solução de acetonitrila, calculou-se a massa da substância. Com a vazão de ar e tempo amostrado, calculou-se o volume amostrado. Com o volume amostrado e a massa da substância, calculou-se a concentração da substância na amostra. As TAB. 4.31 e TAB. 4.32 apresentam também os resultados parciais dos cálculos e a concentração da substância. De acordo com a metodologia aplicada, o volume de acetonitrila foi de 5 mL, a vazão de ar para amostragem foi de 5 mL.min⁻¹ e o tempo de coleta foi de 30 minutos.

TABELA 4.31

Resultado analítico para cromatografia líquida – Análise de Formaldeído

Amostra	(µg/mL)	Substância (µg)	(mg.m ⁻³)
1	0,981020	4,905100	0,03270
2	1,226200	6,131000	0,04087
3	0,553581	2,767905	0,01845
4	0,591520	2,957600	0,01972
5	0,331975	1,659875	0,01107

TABELA 4.32

Resultado analítico para cromatografia líquida – Análise de Acetaldeído

Amostra	(µg/mL)	Substância (µg)	(mg.m ⁻³)
1	0,6034450	3,017225	0,02011
2	0,6354680	3,177340	0,02118
3	0,0343308	0,171654	0,00114
4	0,1372690	0,686345	0,00458
5	0,2448840	1,224420	0,00816

4.5. Relação entre análise Olfativa e Instrumental para os componentes

Foram construídas duas tabelas apresentando as notas obtidas pela análise olfativa e as substâncias com maior representatividade de áreas de picos retirada da análise instrumental de cada componente. A TAB. 4.33 apresenta os materiais com nota superior a 5 e a TAB. 4.35 apresenta os materiais com nota inferior ou igual a 5. Ressalta-se que nota superior a 5 representa a desagradabilidade observada pelos avaliadores. E nota inferior ou igual a 5 representa a agradabilidade.

Para compreender a relação entre as análises olfativa e instrumental com base nas tabelas citadas anteriormente, foi necessário identificar as ocorrências que as substâncias apareciam e comparar com as situações de agradabilidade e desagradabilidade. É sabido que a concentração das substâncias e suas características são as principais responsáveis pela intensidade do odor. As inferências abaixo não traduzem em verdade absoluta, especialmente por não ter as quantificações das substâncias, bem como a percepção olfativa é um processo subjetivo. Mas que pode conduzir para futuras pesquisas com um certo nível de aprofundamento.

TABELA 4.33
Substâncias com maior proporção para materiais com notas superiores a 5

Código Material	Nota	Substâncias		
9	5,1	<i>P-xileno</i>	Tolueno	
4	5,2	Azetidine, 3-Metil, 3-Phenil	Estireno	
12	5,4	<i>P-xileno</i>	Tolueno	Etilbenzeno
35	5,5	Tolueno	Ethane, 1,1,2,2-	<i>P-xileno</i>
26	5,6	3-Careno	Tolueno	<i>P-xileno</i>
13	5,7	Tert-Butildimetilsilanol	CicloHeximetilSilane	
6	6	1-Bromo, 2-Metil, 2-	Ciclobutanone, 2,3,3,4-Tetrametil	
14	6	Benzeno, 1,2,4-Trimetil		
1	6,1	<i>P-xileno</i>	Tolueno	
20	6,4	<i>P-xileno</i>	Tolueno	
3	6,5	Propilexedrina	Tolueno	
15	7,1	Tolueno	Propano 1,1,3,3-	<i>P-xileno</i>
8	7,2	Benzeno, 1,3-Dimetil -	Benzeno, 1,2,4-	Tolueno
30	7,2	Dissulfeto de carbono	Etilbenzeno	
5	7,6	Tolueno	Benzeno, 1,3-Dimetil	
7	7,8	Benzeno, 1,3-Dimetil -	Benzeno, 1,2,4-	Tolueno

TABELA 4.34

Ocorrências das principais substâncias nos materiais com nota superior a 5

Substância	Ocorrência
Tolueno	11
Etilbenzeno	2
<i>P-xileno</i>	7
1,2,4-Trimetil, Benzeno	3
1,3-Dimetil, Benzeno	3
Outros	11

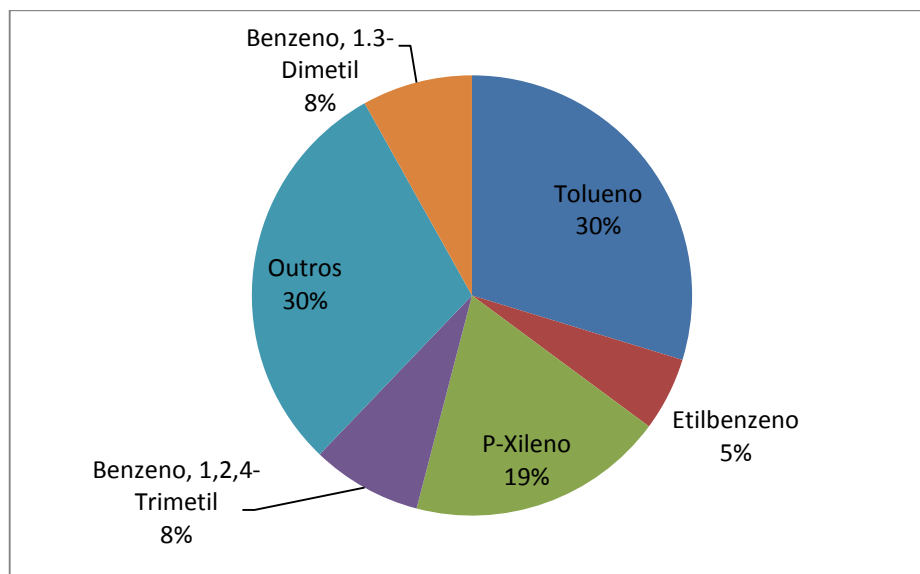


GRÁFICO 4.7 - Gráfico de estatística de ocorrência das substâncias com nota > 5

Observa-se no GRAF. 4.7 mostra que o Tolueno e o *p-xileno* possuem grande ocorrência nos materiais que tiveram notas acima de 5 pontos. Apesar dessas duas substâncias possuírem odores relativamente agradáveis, de uma certa forma pode ter sido camuflado pelas demais substâncias que são derivadas de Benzeno. E nesse caso foi o que pode ter contribuído com a insatisfação observada pelos avaliadores nas análises olfatométricas.

A TAB. 4.35 apresenta os materiais com notas inferiores e as principais substâncias identificadas por cromatografia gasosa.

TABELA 4.35

Substâncias com maior proporção para materiais com notas inferiores a 5

Código Material	Nota	Substância		
21	2,5			
37	2,6	Tetracontane, 3,5,24-	Tolueno	<i>P-xileno</i>
22	2,7			

31	2,9	Tolueno	3-Hexanol, 2,2-Dimetil	Cis-2,4-DimetilThiane, S, S-
23	3,1			
2	3,6	Tolueno	<i>P-xileno</i>	Propilexedrina
19	3,6	Hentriacontane	Tritetracontane	
33	3,7	Tetracontane, 3,5,24-Trimetil-	Ácido CicloPropanoCarboxílico, 2-Adamantil Ester	
24	3,9	Heptadecano, 2,6,10,15-Tetrametil-		
36	4	Benzeno	Neopentil Glicol	<i>P-xileno</i>
27	4,2	Heptadecano, 2,6,10,15-Tetrametil-	Tritetracontane	
34	4,4	N.N-Dimetil-N.N-Dinitro-Etanediamide	Tolueno	<i>P-xileno</i>
10	4,7	Heptadecano, 2,6,10,16-Tetrametil-		
25	4,7	Heptadecano, 2,6,10,15-Tetrametil-		
17	5	Dissulfeto de carbono	<i>P-xileno</i>	
32	5	Tolueno		

TABELA 4.36

Ocorrências das principais substâncias nos materiais com nota inferior a 5

Substância	Ocorrência
<i>P-xileno</i>	5
Heptadecano, 2,6,10,15-Tetrametil-	4
Tetracontane, 3,5,24-Trimetil-	2
Tolueno	5
Tritetracontane	2
Outros	9

Para os materiais com nota inferior a 5, o que caracteriza que os odores foram satisfatórios de acordo com o método utilizado, observa-se que as ocorrências foram menores para *P-xileno* e Tolueno. É possível que o Tolueno e o *p-xileno*, sendo substâncias que não possuem odores desagradáveis, e as demais substâncias não geram odores por terem elevado peso molecular, fizeram com que a nota fosse mais baixa demonstrando uma leve satisfação dos avaliadores.

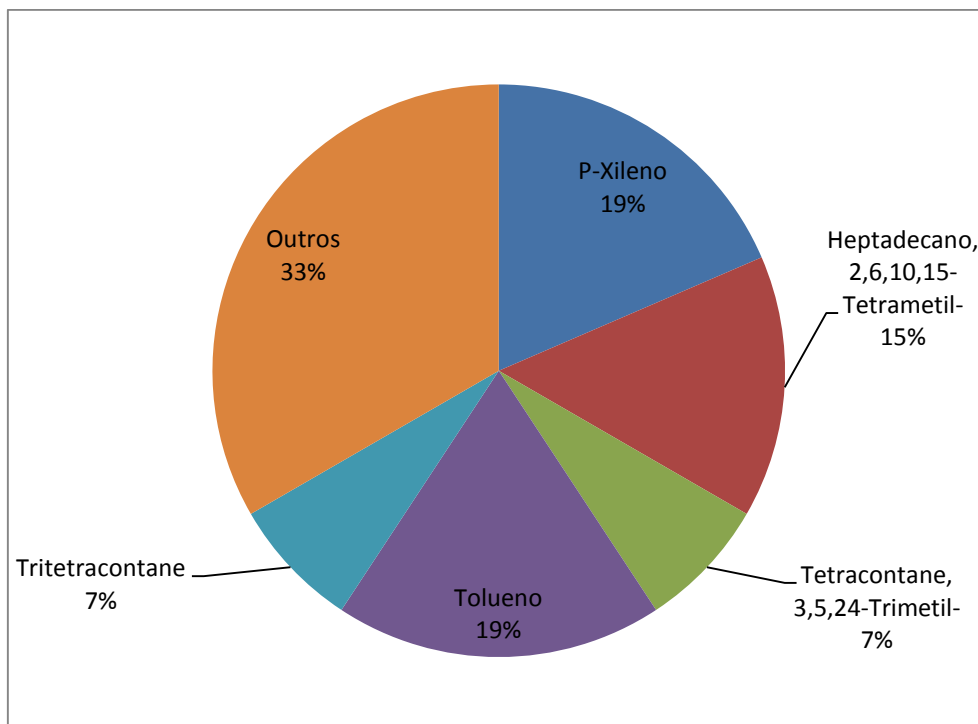


GRÁFICO 4.8 - Gráfico de estatística de ocorrência das substâncias com nota ≤ 5

Sendo o tapete o componente com pior nota inferida pelos avaliadores, foi comparado com a análise instrumental e identificado o Dissulfeto de Carbono com uma área de pico bem significativa com 47% e demais substâncias abaixo de 7%. Indício que essa substância pode ser a principal responsável pela nota desfavorável dos avaliadores.

5. CONCLUSÕES

Observou-se na identificação dos materiais do habitáculo veicular, uma grande variedade de polímeros e alguns com reincidências. Especialmente poliestireno, poliuretano, ABS e polipropileno. O que ressalta que os polímeros já estão bem consolidados como material no interior dos veículos. Isso se dá pela versatilidade na produção dos componentes e pela massa.

A cromatografia gasosa e líquida se mostraram eficientes e comprovaram sua alta flexibilidade nas análises instrumentais, trazendo informações importantes para observações mais criteriosas. Nas análises dos componentes foi possível observar a participação de algumas substâncias na grande maioria dos materiais, como: tolueno, *p*-xileno, 1,3-dimetil benzeno. Outras substâncias como dissulfeto de carbono, etilbenzeno, estireno e outros derivados de benzeno, aparecem com pouca frequência mas com uma proporção de área importante na formação dos odores da cabine veicular. Foi observado também que várias outras substâncias que aparecem com uma proporção significativa de área de pico, porém não interferem na formação dos odores por possuírem elevados pesos moleculares.

Na análise instrumental por cromatografia líquida foi identificado e quantificado Acetaldeído e Formaldeído. Através dos valores encontrados de concentrações dentro da cabine e no ambiente externo e comparando-os, não sugere uma preocupação.

Com a análise olfatométrica, conclui-se que as notas obtidas estão enquadradas como satisfatórias, tanto para os componentes como para a atmosfera veicular. Através das análises estatísticas foi possível comprovar esses resultados e sempre ao nível de confiança de 95%. Na análise da atmosfera veicular foi comprovado que não existiu diferença significativa entre dois veículos de mesmo modelo, mas com assentos diferentes (couro e tecido). Pois entre os diversos modelos da linha avaliada, os assentos são as principais diferenças em termos de materiais. A maior parte dos demais componentes são iguais para todos os modelos. Entre os resultados da análise olfatométrica da atmosfera veicular nos ambientes sombra e sol, foi observado que não

existe diferença nas médias. Com isso, futuras avaliações podem ser feitas sem no ambiente sombra que é mais confortável para os avaliadores.

Para a análise olfatométrica dos componentes, foi observado uma similaridade nos resultados entre o grupo de alta e baixa representatividade. Ambas não passando do limite para a aceitação de acordo com a norma utilizada. O fato do grupo de alta representatividade ter ficado com a nota aceitável, reforça a avaliação favorável dos avaliadores analisada pela atmosfera da cabine. Entre todos os componentes, o tapete obteve a maior insatisfação, e que reforça a necessidade de mais análises.

Apesar das notas nas análises olfatométrica estarem aprovadas de acordo com os resultados discutidos, deve-se buscar a melhoria contínua para satisfação do cliente, trabalhando preferencialmente nos materiais de maior representatividade.

É importante ressaltar que não foi possível inferir possíveis sinergias entre componentes avaliados individualmente com a combinação de vários materiais através da atmosfera veicular. É possível que combinações de substâncias tenham reações entre elas no processo de volatilização e interfira na sensibilidade olfatométrica dos avaliadores e assim tenha interpretações diferentes das que foram constatadas.

De acordo com a ocorrência de várias substâncias em diversos componentes, foi observado uma relação direta entre as substâncias identificadas com as notas obtidas pela análise olfatométrica. Na presença de substâncias derivadas de benzeno a nota ficou mais elevada, mesmo com uma participação significativa de tolueno e *p*-xileno. E na ausência desses derivados a nota ficou mais baixa, indicando mais aceitação. Vale ressaltar que para o grupo com nota superior a 5 obteve uma maior ocorrência de tolueno e derivados de benzeno e mesmo assim não foi suficiente para melhorar a nota, uma vez que os odores dessas duas substâncias são relativamente agradáveis.

Apesar que a produção de materiais poliméricos é um tanto quanto complexo, informações discutidas nessa pesquisa abre um caminho para atenção de algumas substâncias que contribuem de forma importante na formação dos odores. Desde que seja possível a redução das concentrações de substâncias derivadas de Benzeno, pode

ser um ponto importante para análise mais criteriosa. Optar por substâncias com peso molecular acima de 294 g/mol, pode contribuir para a redução dos odores no interior do veículo. Além de trabalhar nos materiais, projetos de melhoria no fluxo de ar na cabine poderá também contribuir para a qualidade da atmosfera interna.

ABSTRACT

Odor is a peculiar feature in newly manufactured automobiles and causes different olfactory reactions to people. It can be pleasant or not, high or low intensity and long or short duration. Identifying the volatile substances from samples of various materials and the atmosphere of the vehicle, analyzing the odors through olfactometry and correlating these two analyzes were the main points of this research. 35 material samples were taken from the internal components of the vehicle cabin and tested on the gas chromatograph. From the chromatograms and the equipment software, the volatile substances of each material were identified and the area proportions recorded after the integration of the peaks. For the identification of aldehydes, which are expected substances to be found in the atmosphere, it was analyzed from the collection of the gases of the cabin through a sep-pak cartridge filled with silica gel in a high resolution liquid chromatograph. Formaldehyde and acetaldehyde were identified with peak intensity without much expression when compared with samples obtained from the external environment to the vehicle. Olfactor analysis was based on standard LP.7T103 - FCA US LLC FCA Italy S.p.A for cabin atmosphere and standard LP-463KC-09-01 - FCA US LLC FCA Italy for materials. In the results of the instrumental analysis, the presence of toluene, p-xylene and some benzene derivatives were highlighted. But always with low relations of areas of the peaks, since it did not seek the quantification of the concentrations. In olfactory analysis, the results were satisfactory based on the two standards used. In olfactory analyzes, the results were satisfactory based on the two standards used. The average grade of 5 for material analysis, where the limit of the standard is 5. For the atmosphere of the cabin of the vehicle, the average grade was 12, where the limit of the standard is 20 of acceptance. The data showed a correlation between olfactory and instrumental analysis when materials with prominence of presence of toluene and p-xylene showed better notes for the acceptability of the evaluator and in the marked presence of benzene derivatives the note was unpleasant. Such information relates to the characteristics of these substances.

Key words: *Olfactometry, gas chromatography, new car smell, vehicular carrier*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINT, Associação Brasileira das Indústrias não Tecidos, Classificação, identificação e aplicações de não tecidos, São Paulo, SP, 2001.

ALBERTAZZI A., SOUSA A., Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial, Ed. Manole, 2015, p. 2.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA), Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil., Resolução RE n° 899 de 29/05/2003, Brasília (DF), 2003.

AKCELRUD, L. , Fundamentos da ciência dos polímeros, Ed. Manole Ltda, Barueri, SP, 2007.

ASME Y14.5-2009, Dimensioning and Tolerancing, ASME, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. ABNT NBR 13370:2017, Nãotecido - Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. ABNT NBR 12546:2017, Materiais têxteis — Ligamentos fundamentais de tecidos planos — Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. ABNT NBR 14341:1999, Água - Determinação de odor - Método de análise sensorial, Rio de Janeiro, 1999.

BARRETO, Ana Marta Fortunato, Implementação da Técnica de Dessorção Térmica Programada (TPD) usando Espectrometria de Massa Quadrupolo, Dissertação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011

XU B., CHEN X., XIONG J., Air quality inside motor vehicles' cabins: A review, Sage Journals, 2016

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RE no. 899, de 29 de maio de 2003. Guia de Validação de Métodos Analíticos e Bioanalíticos, Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

CAO, Xu-Liang, HEWITT, C.N., Thermal desorption efficiencies for different adsorbate/adsorbent systems typically used in air monitoring programmes, Elsevier Chemosphere, vol 27, 1993.

CARMO JR, Gersina Nobre da Rocha, Otimização e Avaliação de Metodologias Olfatométricas voltadas ao Saneamento Ambiental. Tese de doutorado, 2005.

CETESB, Lista completa de todos produtos químicos, Disponível em: http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/produto_consulta_completa.asp.

COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S. Fundamentos de cromatografia. Editora da UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

CORREDOR, J. A. G., VILLA, R. A. S., Obtención de Colofonia y Trementina a partir de resina de pino de la especie patula y posterior evaluación de los parámetros de calidad, *Jornal da Ciencia e Ingenieria*, Vol 5, no. 1, p. 88 – 91, 2013.

CORRÊA, C. L.; PEDROSO, R. C. Headspace gas chromatography with capillary column for urine alcohol determination. *Journal of Chromatography B*, v. 704, p. 365-368, 1997.

DEGANI A. L. G., CASS, Quezia B., VIEIRA, P. C., Cromatografia – Um breve ensaio, *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA*, N° 7, 1998.

FILHO V. S. F, et al. Inovar-Auto & Alianças Estratégicas: Um novo cenário de cooperação para Montadoras e Fornecedores de Autopeças. X SEGet–Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Porto Alegre, Brasil, 2013.

HARPER, C. A., Modern Plastics Handbook. New York, McGraw-Hill, p. 1298, 2000

HOFFMAN, K. D.; BATESON, J. E. G. Princípios de Marketing de Serviços – Conceitos, Estratégias e Casos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos. Documento orientativo, DOQCGCRE- 008. 35 p, 2011.

KOLB, B. Headspace sampling with capillary columns. Journal of Chromatography A, v. 842, p. 163-205, 1999.

LANDI, T. R. L., SILVA, L. G. A., Estudo do efeito da radiação ionizante com feixe de elétrons sobre o terpolímero acrilonitrila butadieno estireno – ABS, Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, Ano 4, n. 4, p. 107-117, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN, São Paulo, SP, 2003.

LUCAS, E. F., Soares, B. G., Monteiro, E. E. C., Caracterização de Polímeros: Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica, Ed. E-Papers, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

MAINLAND, J. D. et al, The missense of smell: functional variability in the human odorant receptor repertoire, Nature Neuroscience, 2013.

MELQUIADES, R. A.; LOBO, I.; GUEDES. C. L. B.; PINTO, J. P. Análise de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em solos por headpace e cromatografia gasosa/detector de ionização de chama. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 27, p. 113-120, 2006.

MENDES, A. S. R., Implementação e Validação de Métodos Analíticos. 2011. Disponível em: <http://www3.uma.pt/valimed/livro%202004/artigo6-AR.pdf>.

OLIVEIRA, L. H. Olfato: O sentido da vida, Revista Super Interessante, Disponível em: <http://super.abril.com.br/comportamento/olfato-o-sentido-da-vida/>.

PERES, T. B. Palestra: Noções básicas de cromatografia, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental-Instituto Biológico São Paulo, São Paulo, 2002.

PICELI, P. C., Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais, Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PORTARI, G. V. Infusão de glucose e tiamina em ratos tratados com dose aguda de etanol. 2006, 101 f. Dissertação (Mestrado na área de investigação biomédica aplicada à clínica médica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RAVVE A., Principles of Polymer Chemistry, Springer Science Business media, New York, 1995.

REGO, T. C. E. D., Avaliação de um método de cromatografia em fase gasosa – Head Space e estudo da estabilidade do etanol em amostras de sangue, Dissertação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A. S.; PAOLI, M. A., Poli(tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem, Instituto de Química Unicamp, Polímeros vol. 19 no. 2 São Carlos, SP, 2009.

SANCHEZ, E. M. S., FERREIRA, M. M. C. e FELISBERTI, M. I., Avaliação da Degradação Térmica e Fotooxidativa do ABS Automotivo, Instituto de Química, UNICAMP, Campinas, SP, 1999.

SANTOS, G. L. G., Desenvolvimento e aplicação de método de dessorção química para determinação de BTEX em ar ambiente de postos de combustíveis utilizando cromatografia a gás, Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2014.

SEVCIK J., Detectors in gas chromatography, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, USA, 1976.

SKOOG, D. A. & LEARY, J. J., High-Performance liquid Chromatography In: Principles of Instrumental Analysis, 4 ed., Harcourt Brace College Publishers, Flórida, 1992, p 628 - 669.

SOUZA, G. L., BRACARENSE , A. Q., MASSARANI, M., Residência Tecnológica para Engenheiros, Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva - SIMEA 2016. São Paulo, Brasil, 2016.

TEETAERT, V. Etude de materiaux adsorbants pour le prelevement de composes volatils odorants. Application au prelevement d'un effluent industriel. Tese (doutorado em chimie et microbiologie de l'eau)-l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. France 1999.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos, Ver. Inst. Latic. Cândido Tostes, no. 366, 64, p. 12-21, 2009.

Travers J. BBC Brasil, Os perigos ocultos do 'cheiro de carro novo', disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/03/160329_vert_autos_carro_novo_ml acesso em 01 de março de 2018.

ANEXO A

A.1 Cromatogramas da Caixa de ar

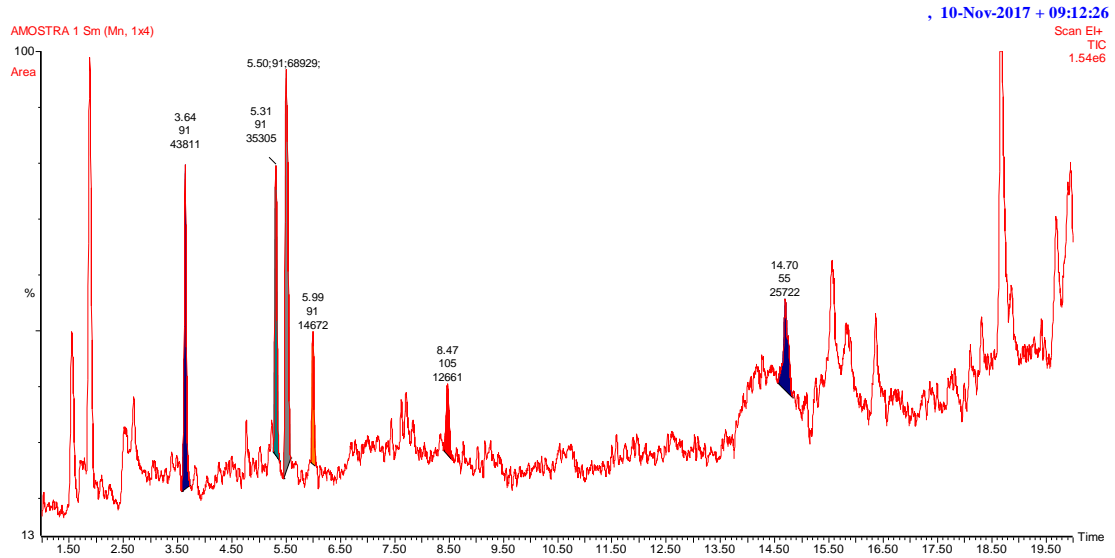


GRÁFICO A.1.1- Capa tubulação

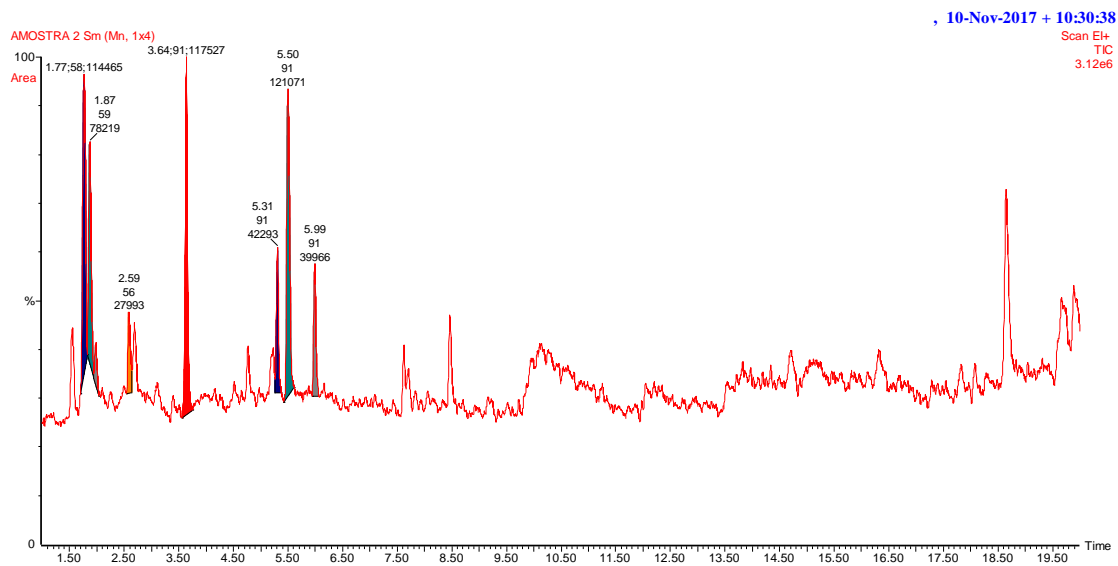


GRÁFICO A.1.2- Espuma adesiva

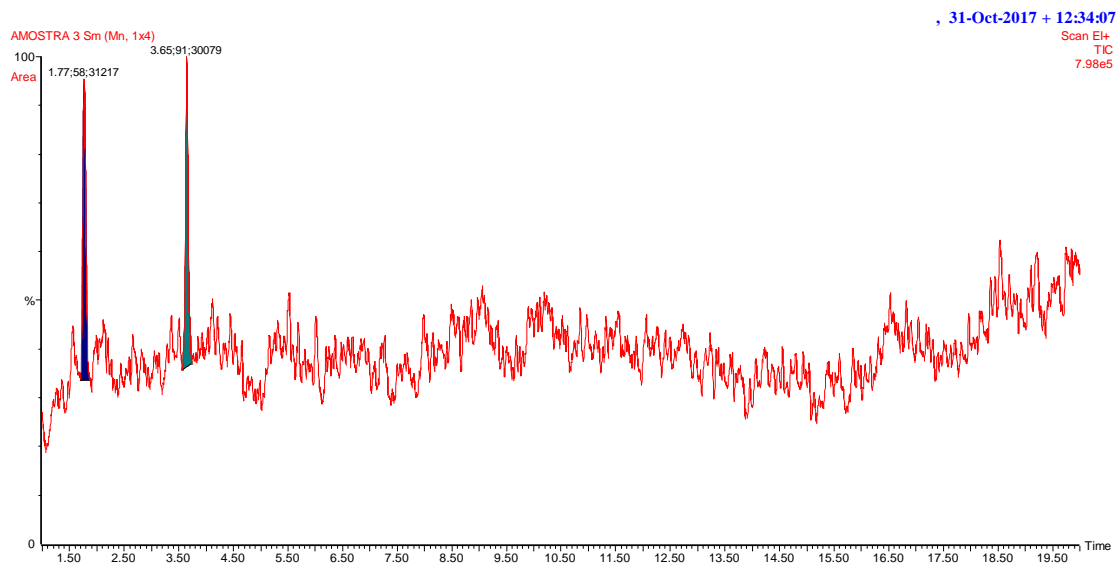


GRÁFICO A.1.3- Espuma comum

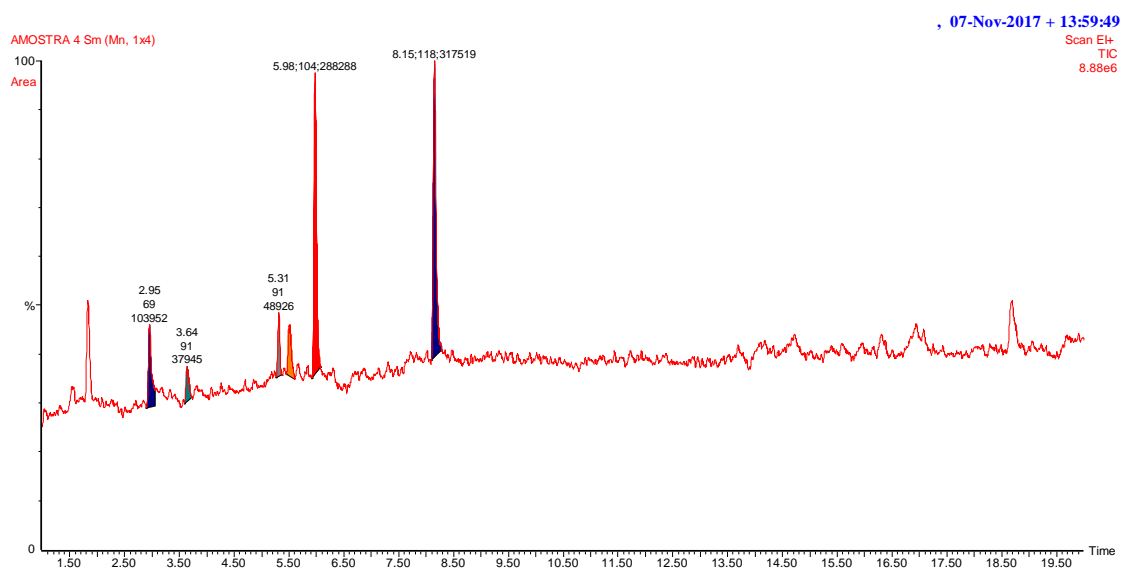


GRÁFICO A.1.4- Botões

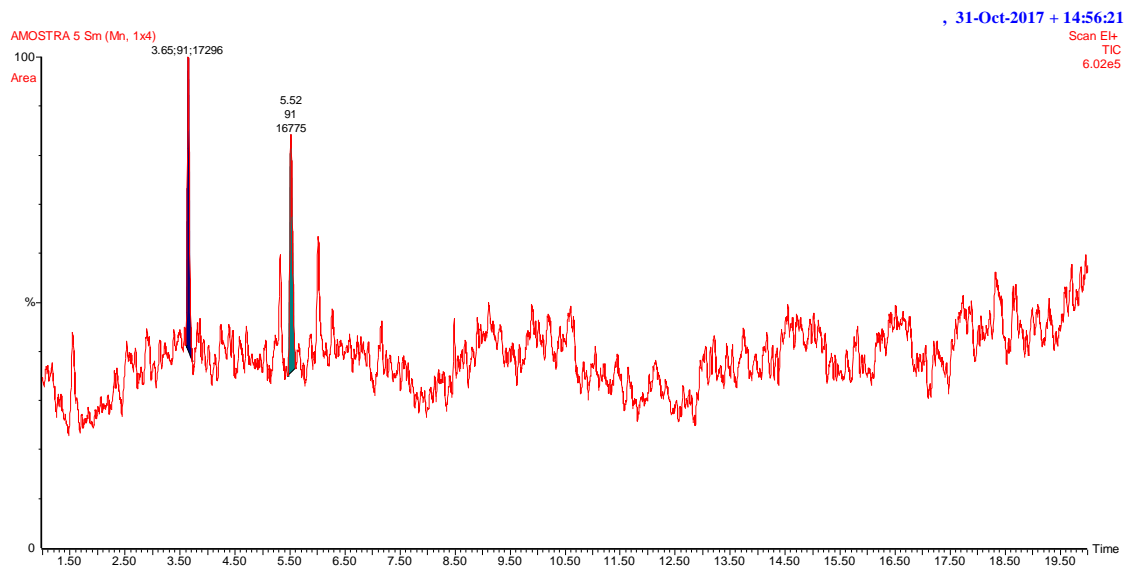


GRÁFICO A.1.5- Mangueira

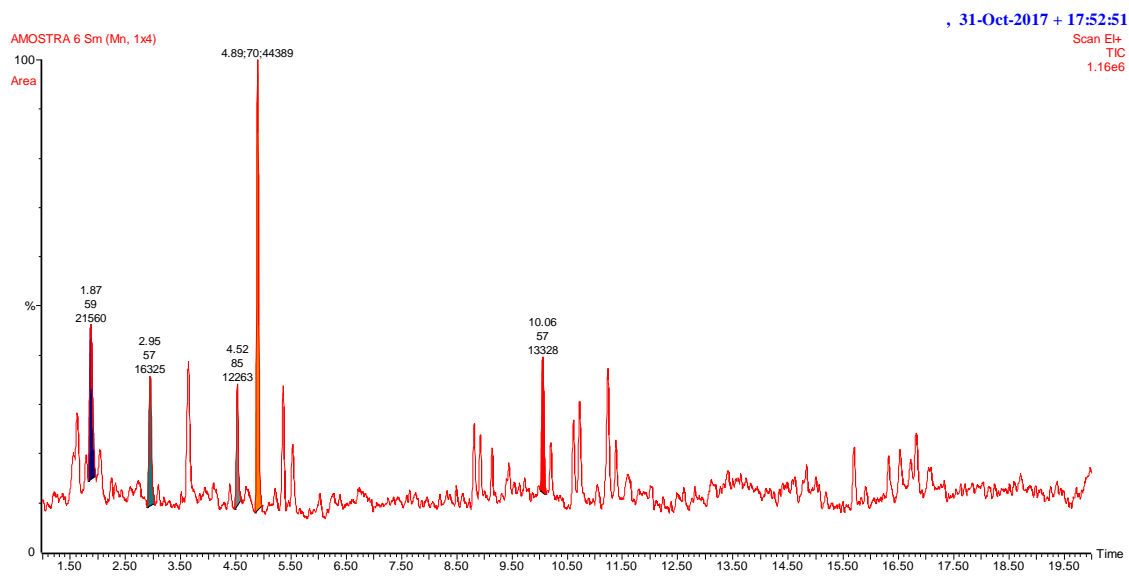


GRÁFICO A.1.6- Carçaça

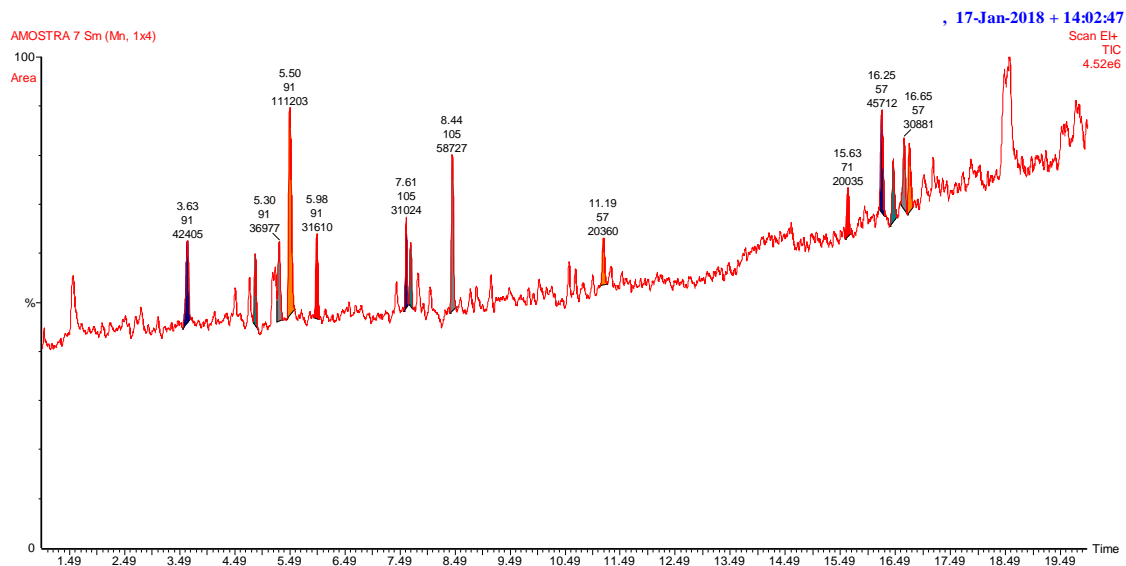


GRÁFICO A.1.7- Rotor

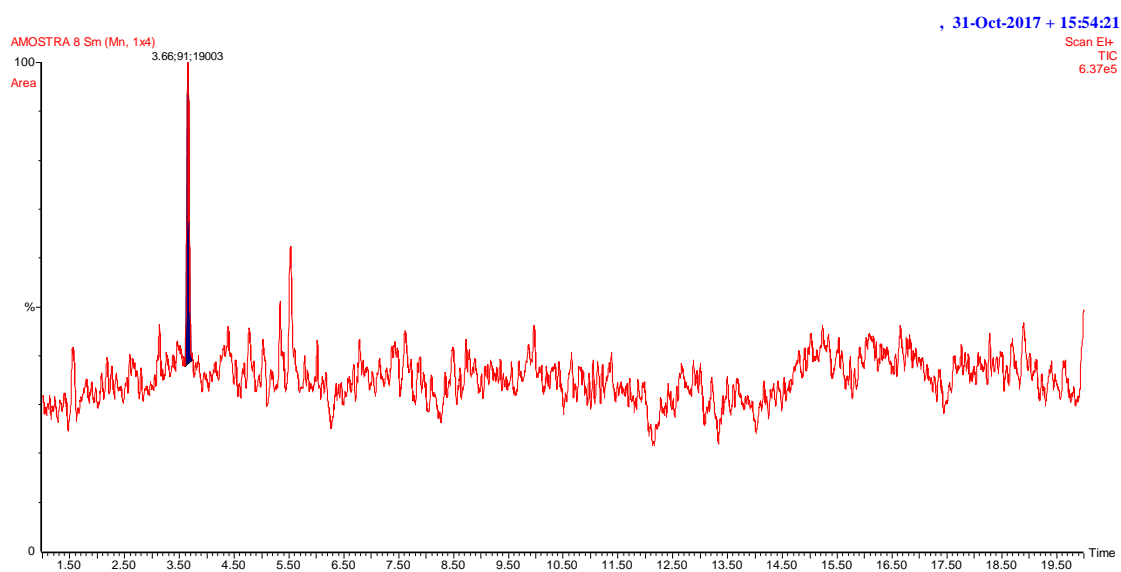


GRÁFICO A.1.8- Borracha de proteção

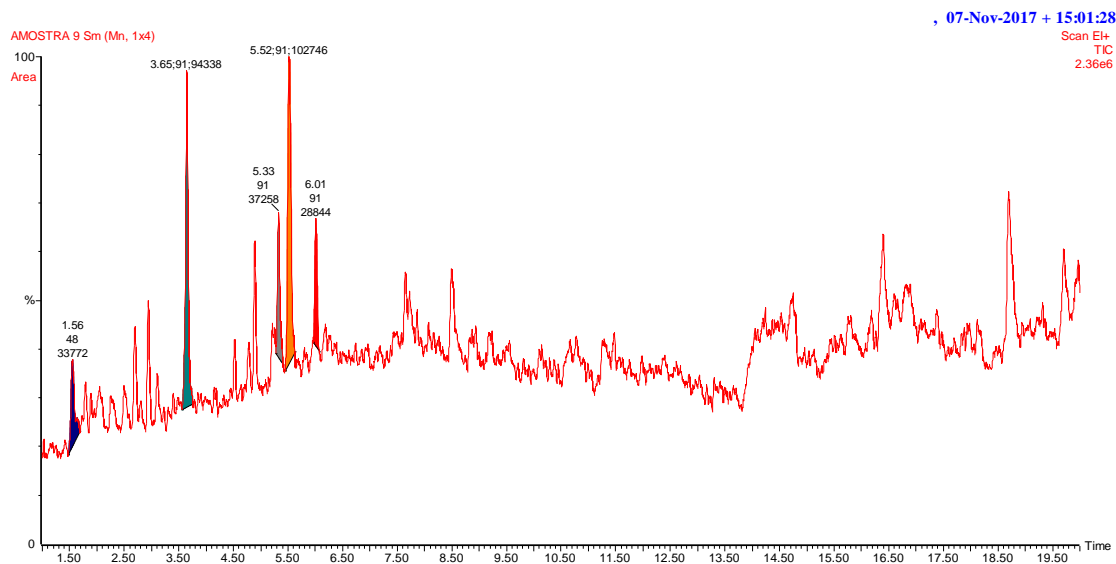


GRÁFICO A1.9- Palhetas

A.2 Cromatograma Console anterior

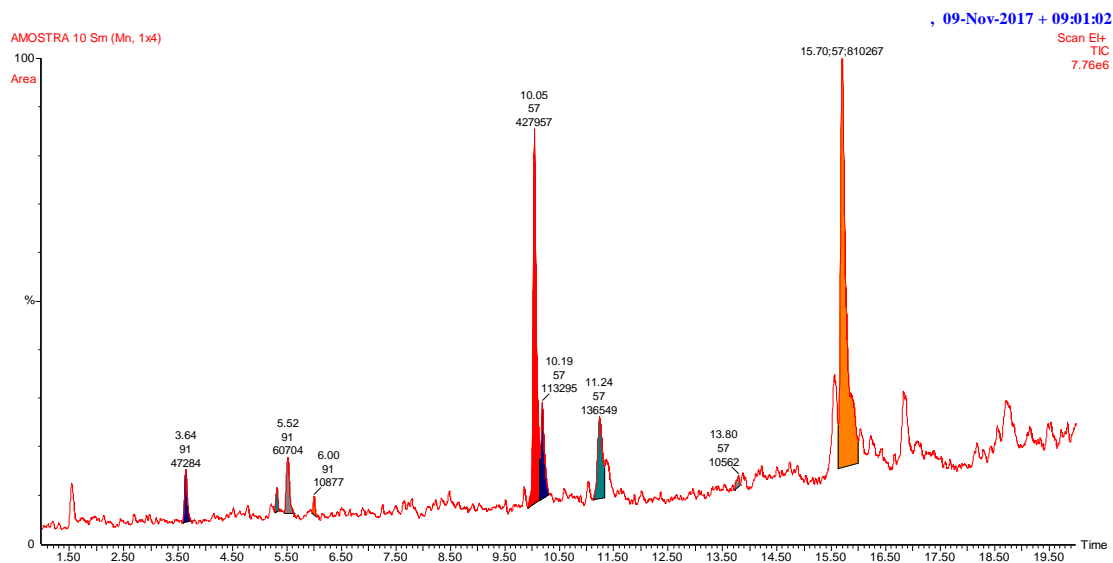


GRÁFICO A.2.1- Material externo

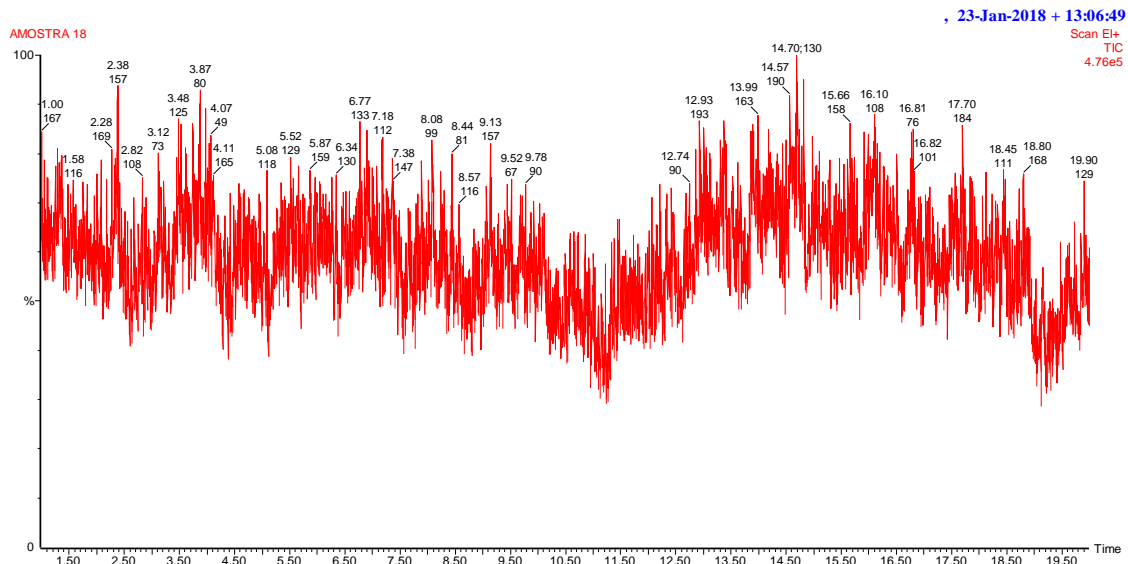


GRÁFICO A.2.2- Material interno

A.3 Cromatograma Forro de teto

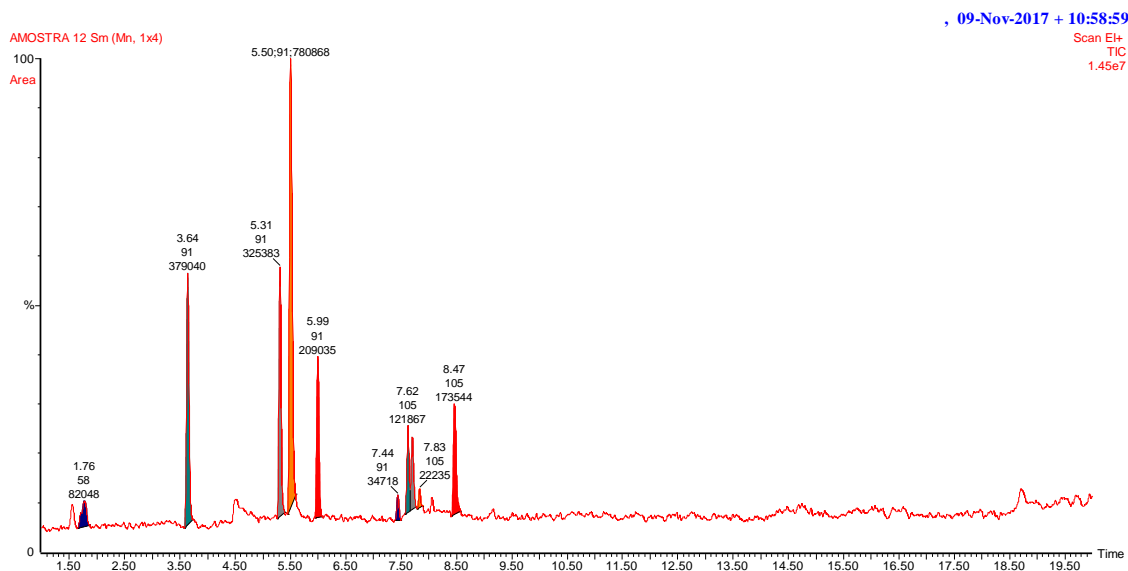


GRÁFICO A.3.1- Forro de teto

A.4 Cromatograma do Volante

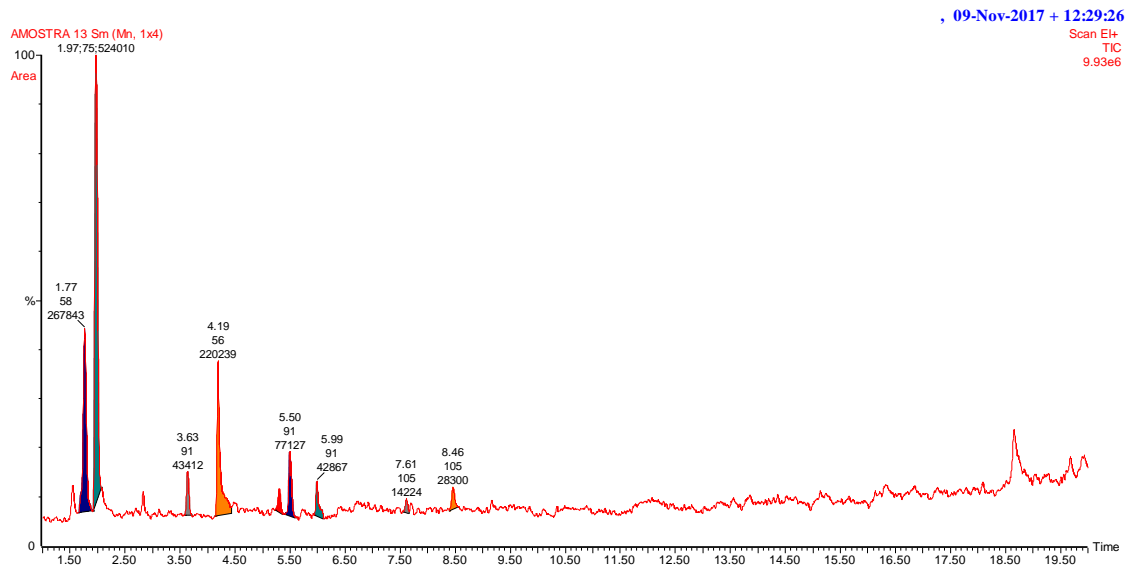


GRÁFICO A.4.1- Capa

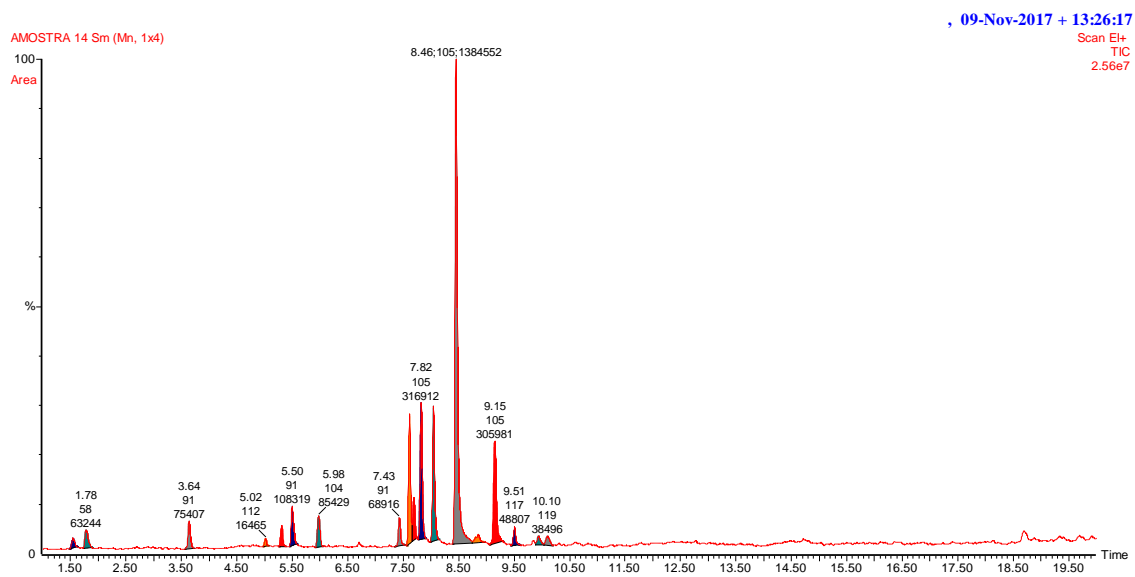


GRÁFICO A.4.2- Botões

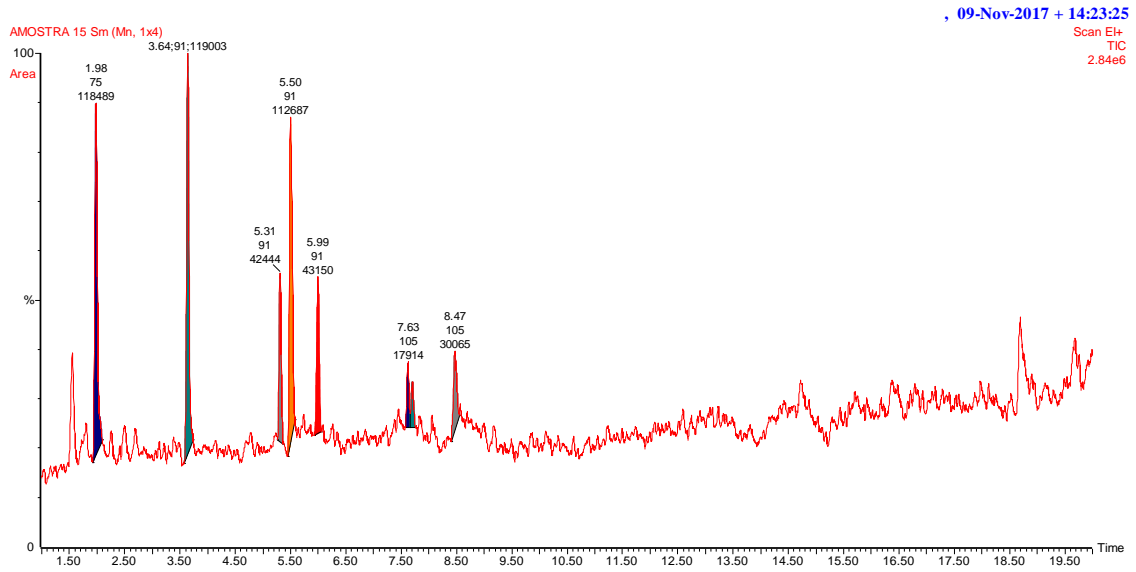


GRÁFICO A.4.3- Borracha interna

A.5 Cromatograma da Guarnição da Porta

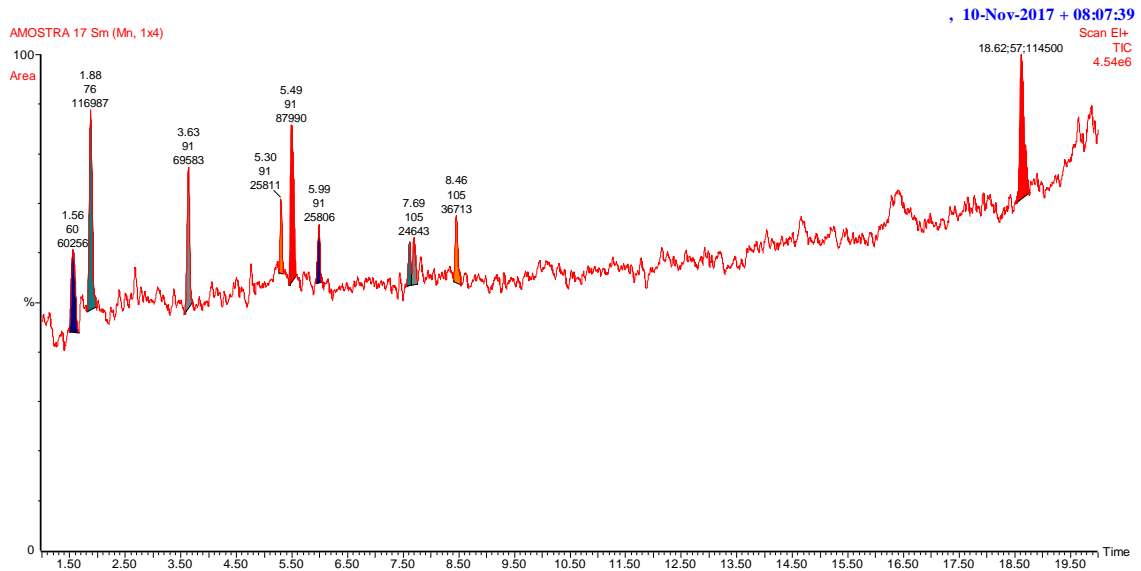


GRÁFICO A.5.1- Guarnição da porta

A.6 Cromatograma do Assento em Tecido

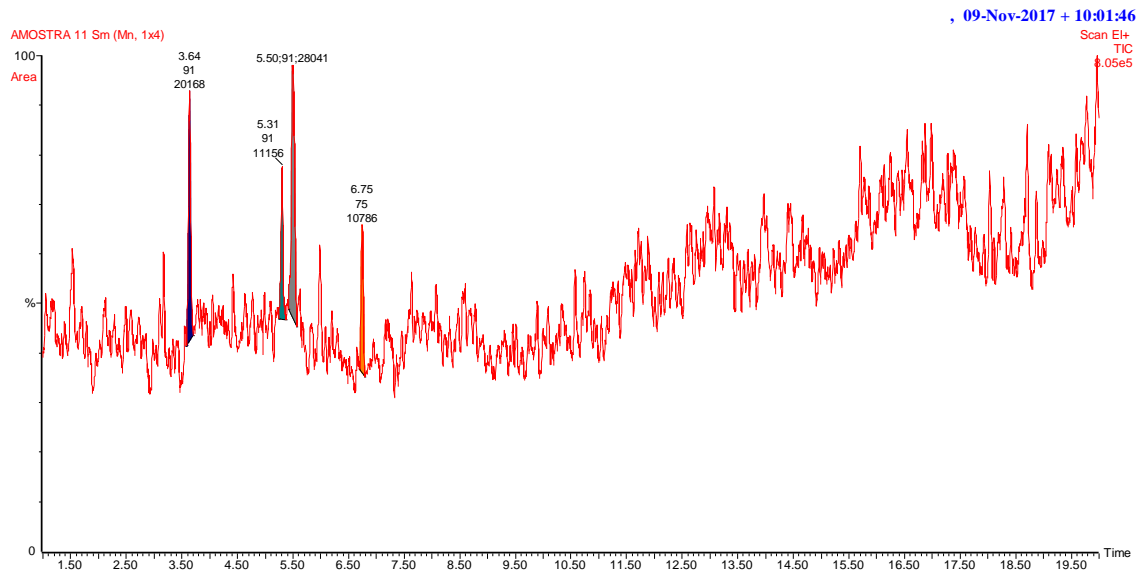


GRÁFICO A.6.1- Tecido

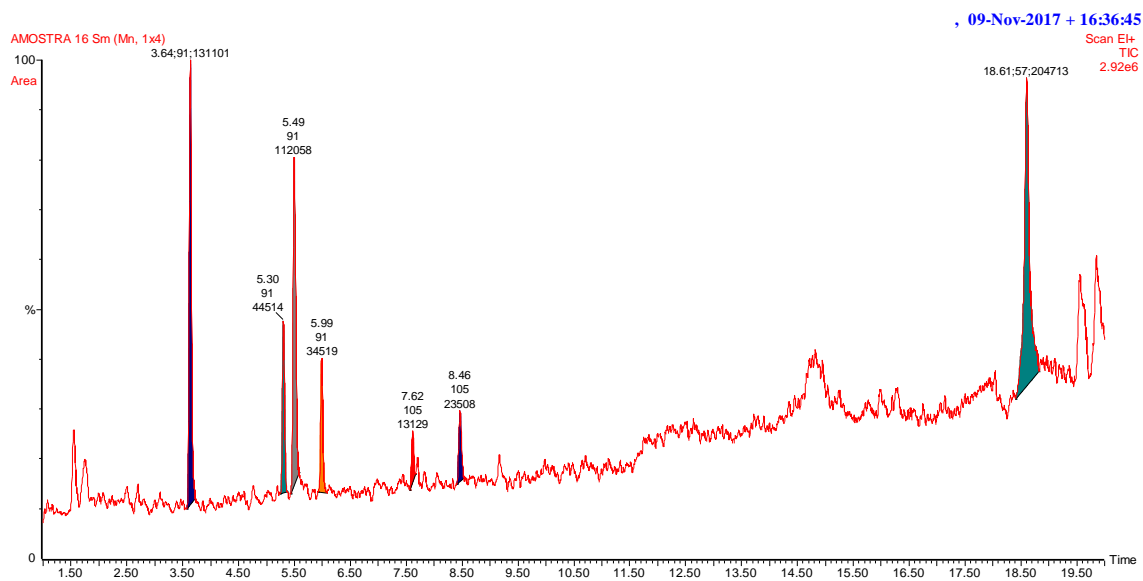


GRÁFICO A.6.2- Espuma

A.7 Cromatograma Tampa interna porta malas

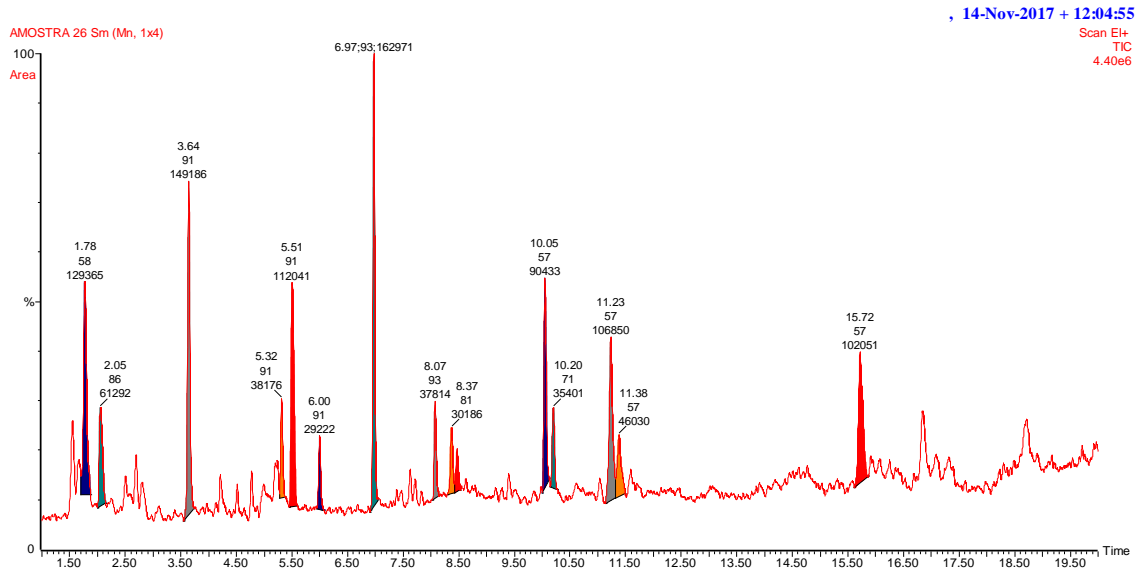


GRÁFICO A.7.1- Tampa interna porta malas

A.8 Cromatograma do Carpete

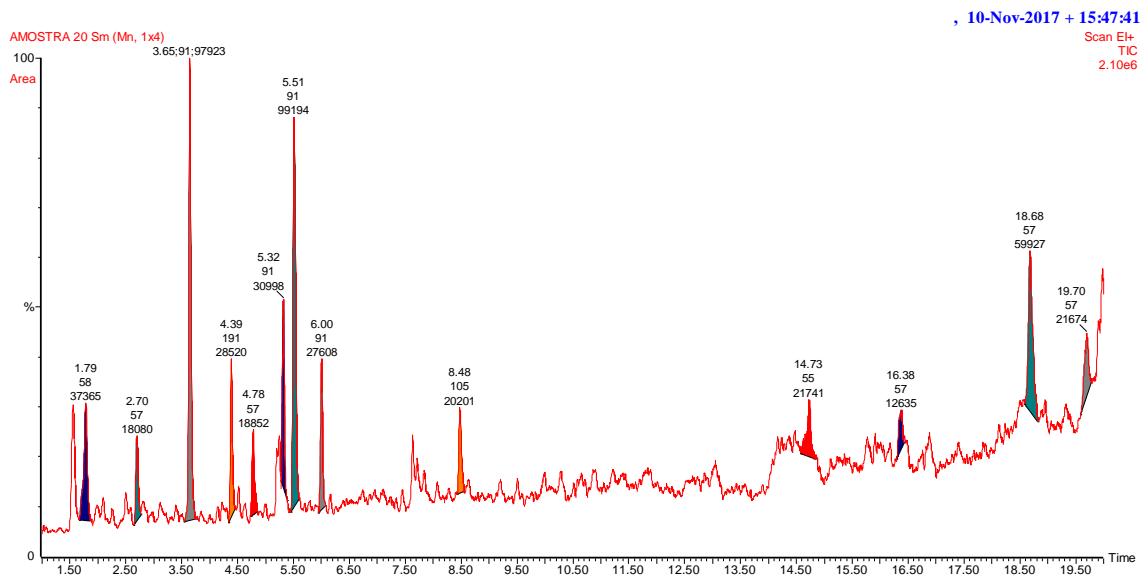


GRÁFICO A.8.1- Carpete

A.9 Cromatograma do Painel de Coluna

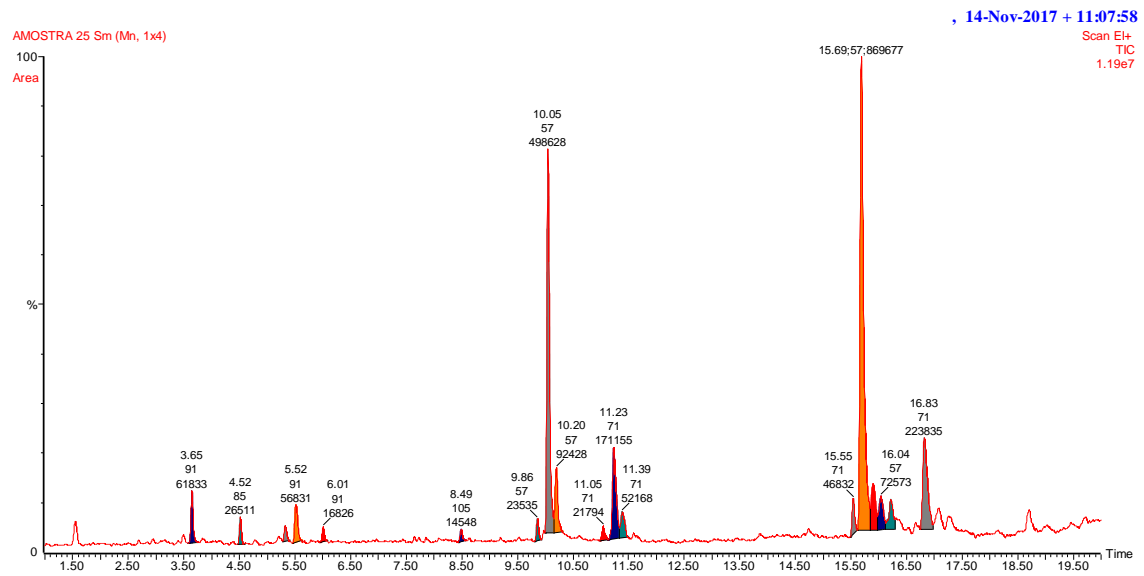


GRÁFICO A.9.1- Painel de Coluna

A.10 Cromatograma do Painel de porta

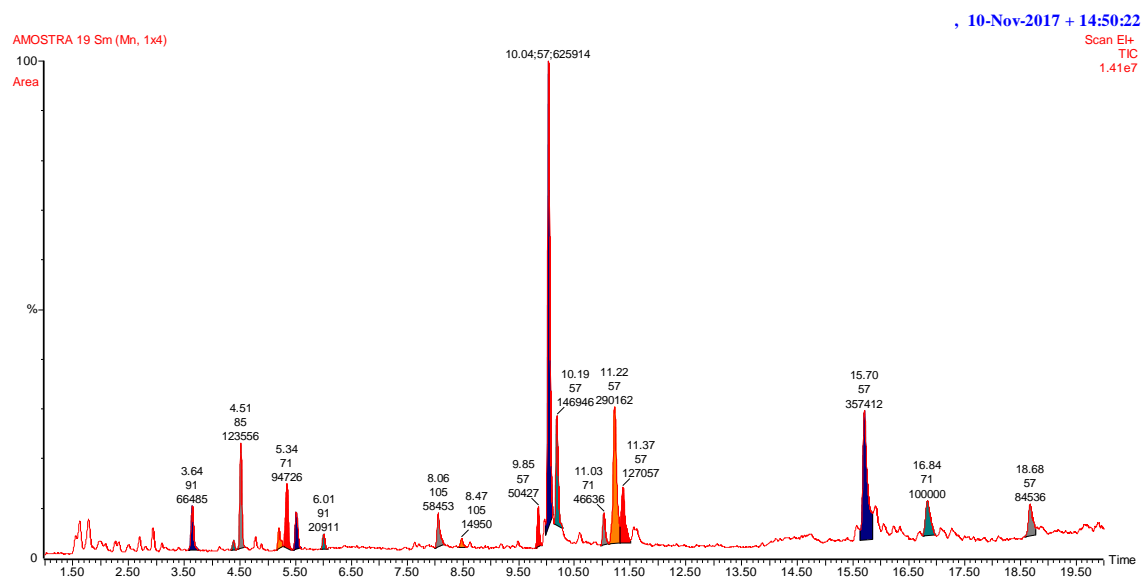


GRÁFICO A.10.1- Polímero principal

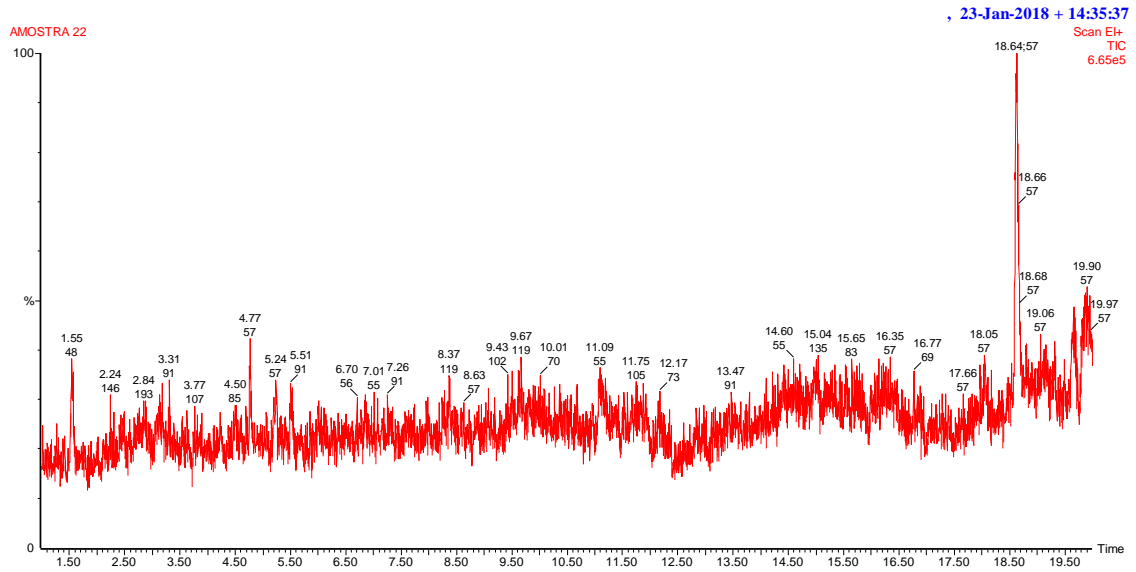


GRÁFICO A.10.2- Poliestireno

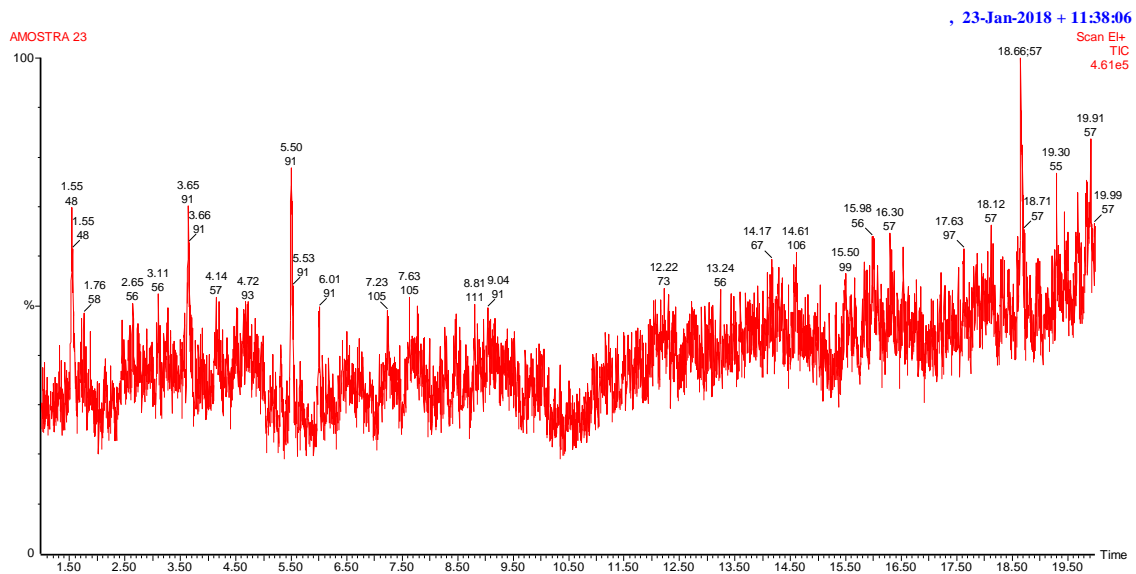


GRÁFICO A.10.3- Tecido

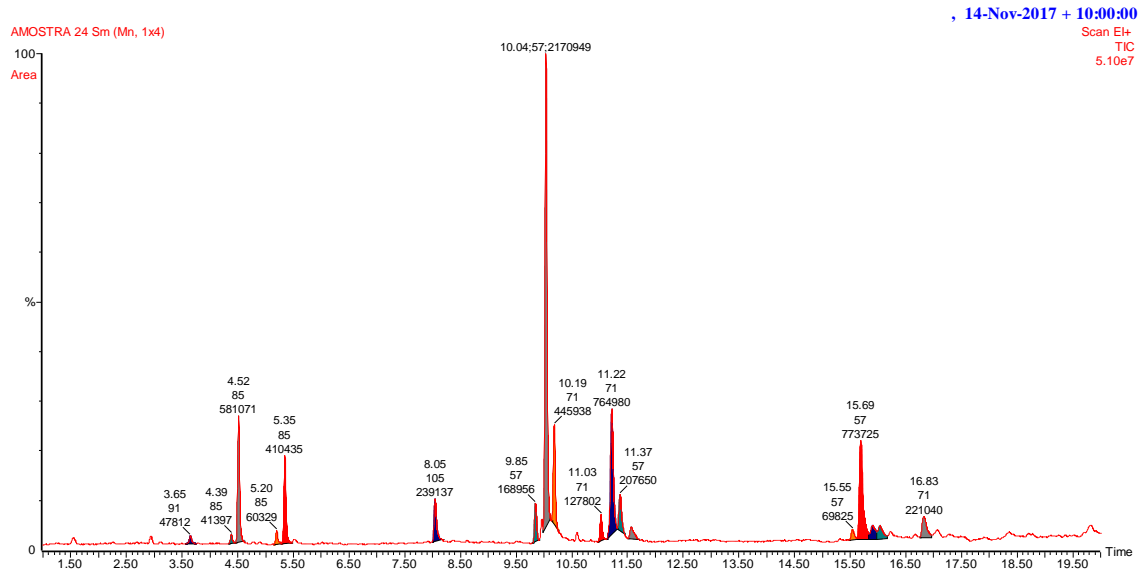


GRÁFICO A.10.4- Tela do autofalante

A.11 Cromatograma Cinto de Segurança

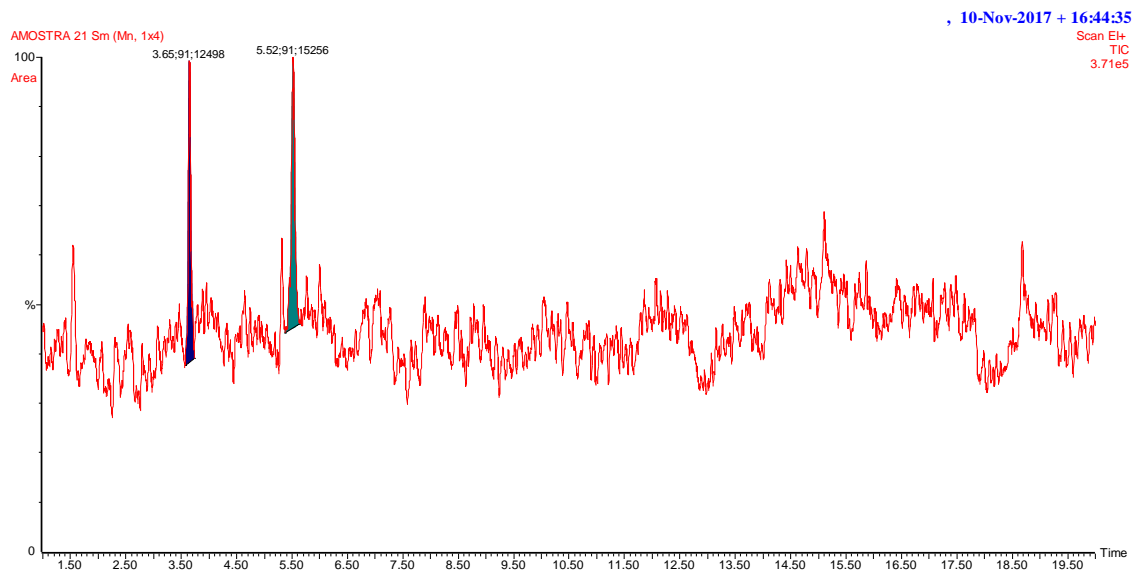


GRÁFICO A.11.1- Cinto de Segurança

A.12 Cromatograma Tapete

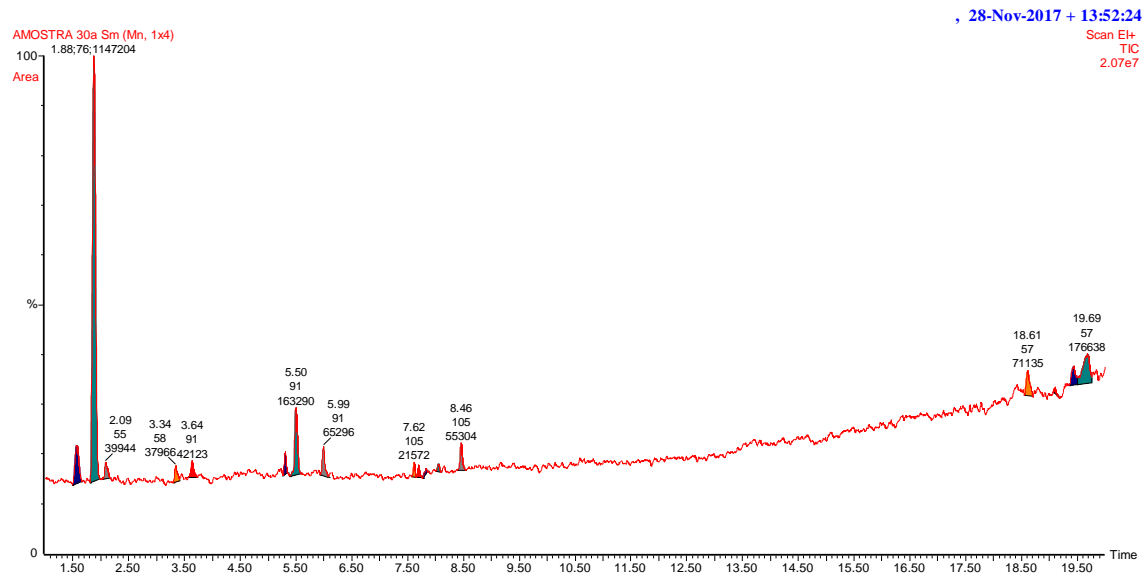


GRÁFICO A.12.1- Tapete

A.13 Cromatograma do Painel de Instrumentos

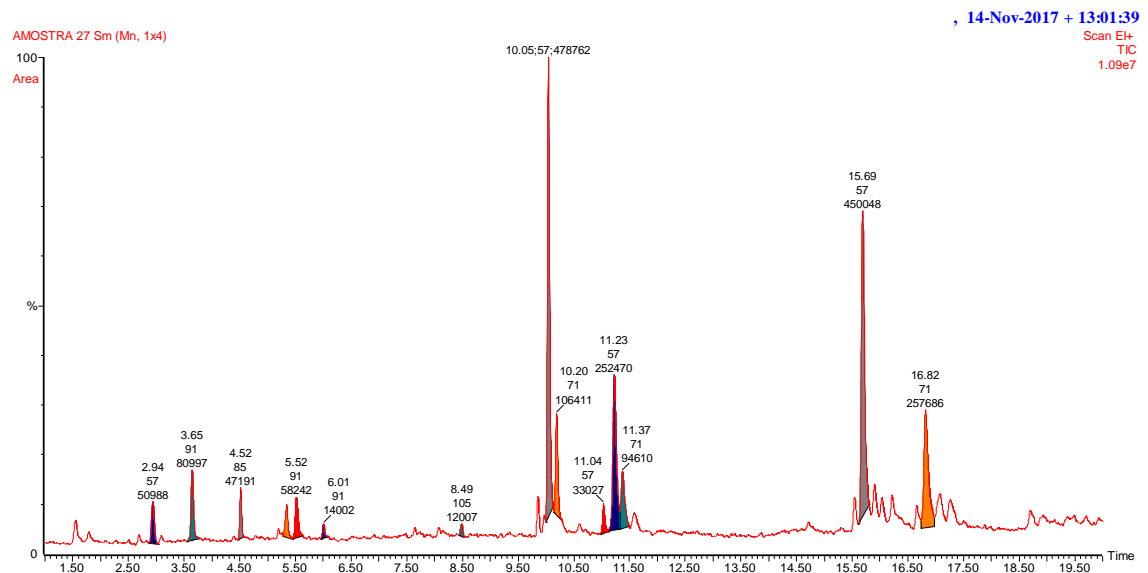


GRÁFICO A.13.1- Painel de Instrumentos

A.14 Cromatograma do Parasol

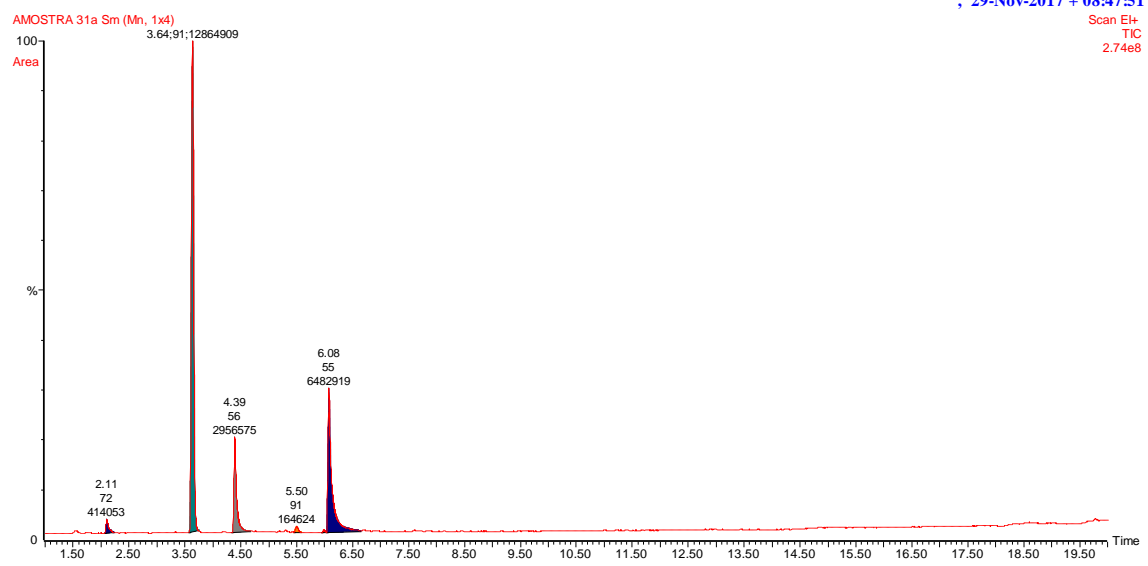


GRÁFICO A.14.1- Polímero flexível (capa)

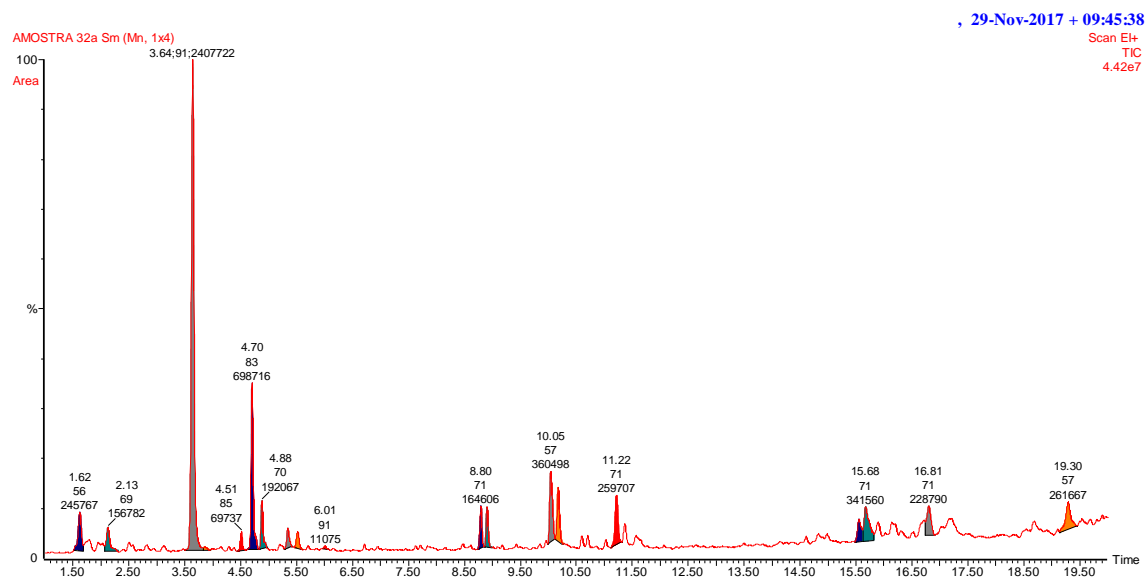


GRÁFICO A.14.- Polímero rígido (estrutura)

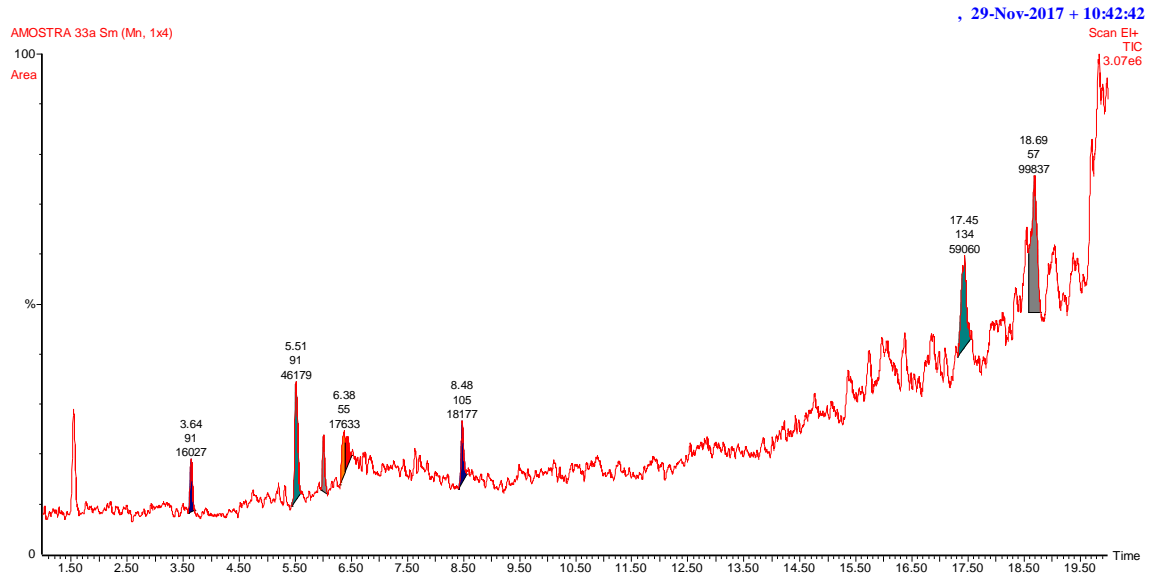


GRÁFICO A.14.3- Espuma (acolchoamento)

A.15 Cromatograma do Assento em Couro

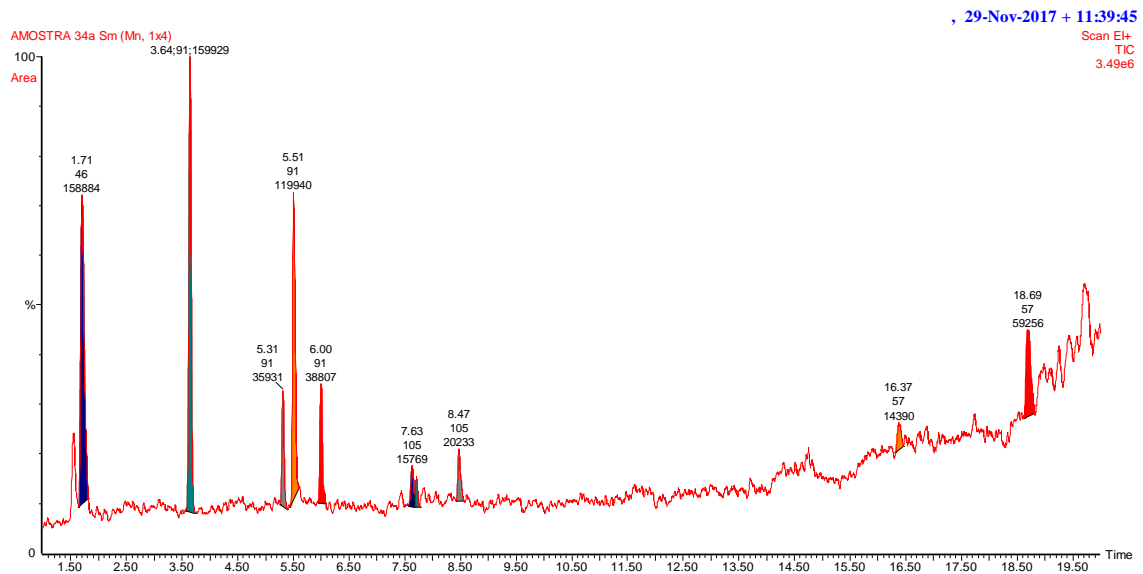


GRÁFICO A.15.1- Couro com espuma

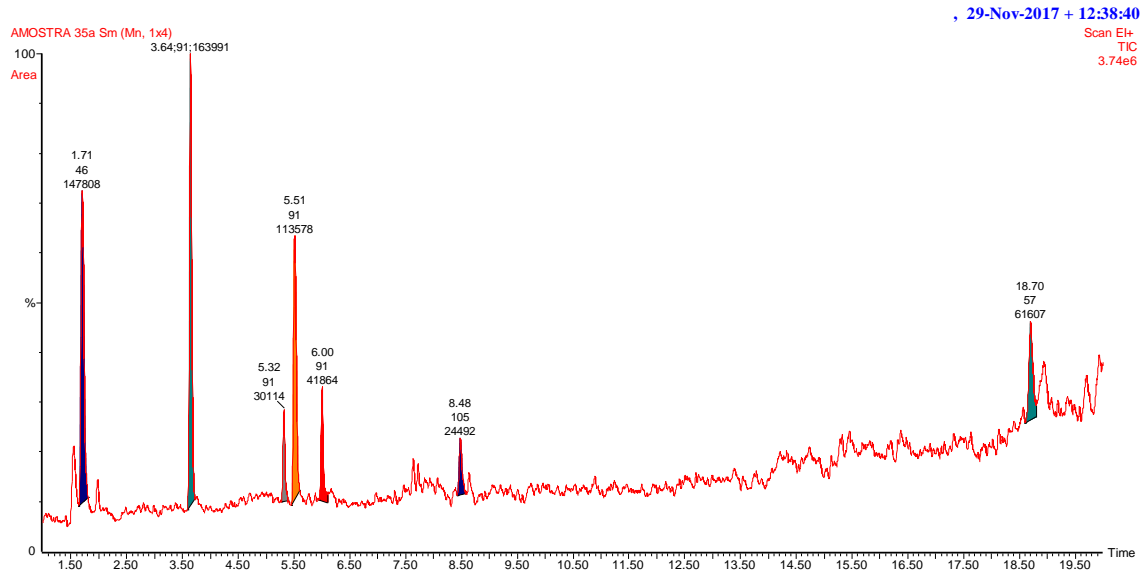


GRÁFICO A.15.2- Couro sintético

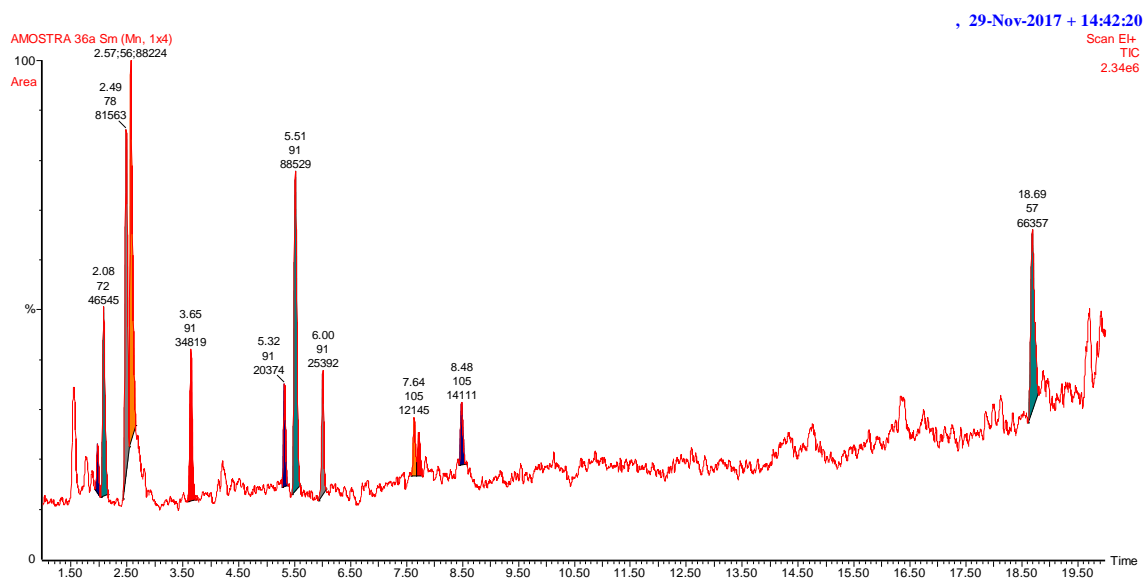


GRÁFICO A.15.3- Carpete (acabamento)

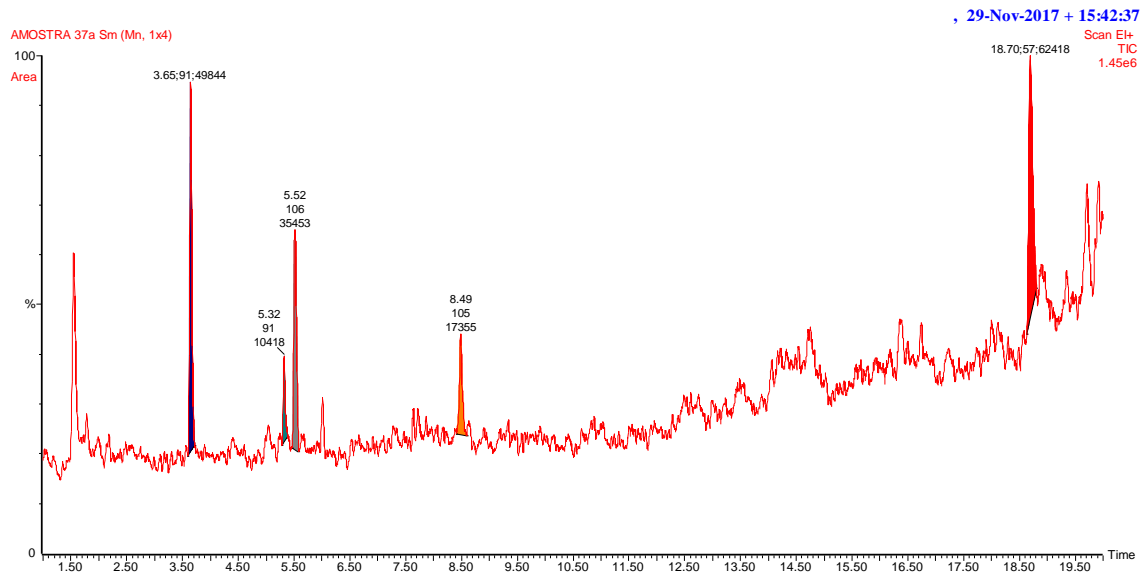


GRÁFICO A.15.4- Feltro (acabamento)

ANEXO B

Formulário de avaliação olfatométrica para habitáculo veicular

FCA US LLC - FCA Italy S.p.A - Análise Olfatométrica		LP.7T103
Avaliador:	Temp. Externa:	Ambiente
	Temp. Interna:	<input type="checkbox"/> Sombra <input type="checkbox"/> Sol

Anexo A – Escalas de Classificação

	Nota	Descrição
Intensidade	5	Insuportável. Não posso cheirar mais nada por causa desse odor.
	4	Forte. Cheiro muito facilmente distinguível.
	3	Moderado. O odor distinto pode ser identificado
	2	Perceptível. Pode cheirar algo além do cheiro de fundo
	1	Indetectável. Não é possível identificar odor específico
Agradabilidade	5	Odor extremamente desagradável. Provoca reação física negativa
	4	Cheiro muito desagradável e distintivo. Não foi possível tolerar uma exposição prolongada
	3	Um cheiro distinto e desagradável. A maioria das pessoas descreveria isso como censurável
	2	Neutro. Não causa prazer ou desagrado
	1	A maioria das pessoas descreveria esse cheiro como agradável
Duração	5	Persistente. O cheiro não se dissipou após mais de 5 minutos
	4	Persistente, mas foi capaz de dissipar o cheiro em menos de 5 minutos
	3	Transiente. O cheiro estava presente, mas depois se dissipou em mais de 5
	2	Transiente. O cheiro estava presente, mas depois dissipado em menos de 5
	1	Nada detectado