

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Filipe Cardoso Brito

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA AUXILIAR NA ESCOLHA DE
VEÍCULOS SUSTENTÁVEIS: Atendendo às Preferências dos
Consumidores**

Salvador, 2023

FILIPPE CARDOSO BRITO

MODELO MULTICRITÉRIO PARA AUXILIAR NA ESCOLHA DE
VEÍCULOS SUSTENTÁVEIS: Atendendo às Preferências dos Consumidores

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Aloísio Santos Nascimento Filho.
Coorientador: Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso.

Salvador, 2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

B862m Brito, Filipe Cardoso

Modelo multicritério para auxiliar na escolha de veículos sustentáveis: atendendo às preferências dos consumidores / Filipe Cardoso Brito. – Salvador, 2023.

85 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Aloísio Santos Nascimento Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2023.

Inclui referências.

1. Análise multicritérios. 2. Gases de efeito estufa. 3. Sustentabilidade. 4. Veículos. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Nascimento Filho, Aloísio Santos. III. Cardoso, Hugo Saba Pereira. IV. Título.

CDD 629.2

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada **“MODELO MULTICRITÉRIO PARA AUXILIAR NA ESCOLHA DE VEÍCULOS SUSTENTÁVEIS: Reduzindo Impactos das Emissões no Transporte e Atendendo às Preferências dos Consumidores”** apresentada no dia 18 de maio de 2023, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Assinado digitalmente por:
Aloisio Santos Nascimento Filho
CPF: ***.459.665-***
Certificado emitido por Ac Senai Bahia
Data: 19/05/2023 14:00:51 -03:00



Orientador:

Prof. Dr. Aloísio Santos Nascimento Filho
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Hugo Saba Pereira Cardoso
CPF: ***.375.625-***
Data: 29/05/2023 15:13:37 -03:00



Coorientador:

Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso
UNEB

Assinado eletronicamente por:
Herman Augusto Lepikson
CPF: ***.545.375-***
Data: 19/05/2023 18:39:15 -03:00

Membro Interno:

Prof. Dr. Herman Augusto Lepikson
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Marcio Luis Valença Araújo
CPF: ***.193.005-***
Data: 22/05/2023 10:14:24 -03:00



Membro Externo:

Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo
IFBA

Dedico este trabalho à minha família.

Agradecimentos

A Deus, agradeço por me conceder o dom da vida, pelas bênçãos e oportunidades, guiando-me nesta jornada desafiadora e de muito aprendizado. Agradeço pela minha saúde e proteção que recebo diariamente.

Agradeço aos meus pais, Juceli Santos Cardoso e Euclides Pereira de Brito Neto, pelos valores, ensinamentos, por me incentivar, mostrarem o valor do conhecimento, inspiração na vida e por tudo que abdicaram. Ao meu irmão Rodrigo, pela amizade, companheirismo, pelo incentivo e apoio.

A FAPESB pelo suporte durante essa jornada.

Ao professor e orientador Prof. Dr. Aloísio Santos Nascimento Filho, pela confiança depositada, atenção, orientações, paciência e disponibilidade desde o dia que decidi percorrer esse caminho.

Sou grato também ao coorientador Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso, sempre prestativo e que muito agregou para o enriquecimento deste trabalho. Por todas as sugestões, críticas e questionamentos, além da parceria e acompanhamento durante grande parte do meu ciclo acadêmico de pesquisa.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Herman Augusto Lepikson e Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo, pela disponibilidade em avaliar o trabalho e contribuir com o meu desenvolvimento.

Ao NPAI, ao Rafael Guimarães Oliveira dos Santos e à Layla Leão Lima Teixeira, que auxiliou e permitiu que este trabalho fosse possível

Aos professores do Mestrado que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Aos meus colegas de turma, por dividirem comigo tantos momentos de descobertas, troca de experiências e por todo o companheirismo ao longo deste caminho.

A todos os amigos e colegas do SENAI CIMATEC, meus sinceros agradecimentos pelo desenvolvimento profissional, pela oportunidade, colaboração e confiança no meu trabalho.

Resumo

Diversas ações para combater os efeitos das mudanças climáticas têm ocorrido nas últimas décadas visando promover o desenvolvimento sustentável. Tal fato tem gerado uma série de movimentos, provocando mudanças no padrão de consumo de produtos e serviços, levando ao reposicionamento do setor produtivo. O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC) tem identificado o setor de transporte como uma das principais fontes geradoras de Gases de Efeito Estufa, o que contribui com o aumento das mudanças climáticas. Nos centros urbanos das grandes cidades as emissões do setor de transporte têm como resultante a piora da qualidade do ar respirado, com potencial de elevação de casos de doenças respiratórias, entre outros possíveis danos à saúde humana. Por outro lado, enquanto não se consegue reduzir as emissões, um possível caminho, dentre muitos, seria melhorar o processo de informação na etapa de aquisição de veículo. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa foi de propor um modelo conceitual multicritério que auxilie a tomada de decisão no momento da aquisição de veículos considerando um conjunto de critérios pré-estabelecidos. Para esse fim, foram utilizados dados abertos da frota de veículos comercializados no Brasil entre 2013 a 2021. A construção do modelo conceitual multicritério permitiu avaliar aspectos ambientais de modelos e versões de veículos, conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor. Os resultados sugerem que, por meio de uma lista de classificação de veículos, os consumidores passam a ter informações sobre os modelos e versões de veículos e aqueles com um conjunto de características mais sustentáveis possuem as melhores posições. Podendo favorecer a aquisição de modelos mais sustentáveis.

Palavras-chave: Análise multicritérios. Gases de efeito estufa. Sustentabilidade. Veículos.

Abstract

MULTICRITERIA MODEL TO SUPPORT SUSTAINABLE CAR SELECTION: Honoring Consumer Preferences

Several actions to combat the effects of climate change have taken place in recent decades and aim to promote sustainable development. This fact has been generating a series of movements, generating changes in the consumption pattern of products and services, leading to a repositioning of the productive sector. The report of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has been identifying the contribution of the transportation sector as one of the main sources of greenhouse gas emissions, which contributes to the increase of climate change. In urban centers of large cities, the effects of emissions from the transportation sector have direct effects on the quality of the air we breathe, with the potential for increasing cases of respiratory diseases, among other possible damages to human health. On the other hand, while it is not possible to reduce emissions, one possible path, among many, would be to improve the information process at the vehicle purchasing stage. Therefore, the main objective of this research was to propose a multi-criteria conceptual model to assist the decision making process at the moment of vehicle acquisition considering a set of pre-established criteria. To this end, open data on the fleet of vehicles sold in Brazil between 2013 and 2021 were used. The construction of the multicriteria conceptual model allowed us to evaluate environmental aspects of vehicle models and versions, reconciling them with desired individual technical specificities of the consumer. The results suggest that, by means of a vehicle ranking list, consumers are provided with information about vehicle models and versions, and those with a more sustainable set of features have the best positions. This may favor the purchase of more sustainable models.

Keywords: Greenhouse gases. Multi-criteria analysis. Sustainability. Vehicles.

Lista de Figuras

Figura 1. Linha temporal com os principais acordos internacionais sobre o tema.....	19
Figura 2. Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Veicular (ENCE)	26
Figura 3. Estrutura do projeto.....	33
Figura 4. Detalhamento dos critérios.....	36
Figura 5. Diagrama de fluxo do usuário	42
Figura 6. Representação Gráfica da Hierarquia.....	60

Lista de Tabelas

Tabela 1. Concentração média de MP	23
Tabela 2. Limites do Programa L	24
Tabela 3. Escala dos Pesos	30
Tabela 4. Tabela Ilustrativa	30
Tabela 5. Tabela Ilustrativa com os valores normalizados.....	31
Tabela 6. Índice Randômico (RI)	32
Tabela 7. Número da frota brasileira de veículos licenciados	34
Tabela 8. Tabela com a classificação proposta das categorias	39
Tabela 9. Classificação dos grupos de motores	40
Tabela 10. Composição dos critérios.....	43
Tabela 11. Valores normalizados dos critérios.....	43
Tabela 12. Vetor de Eigen de cada critério	43
Tabela 13. Composição do subcritério poluentes	44
Tabela 14. Valores normalizados dos subcritérios de poluentes	44
Tabela 15. Vetor de Eigen de cada subcritério de poluentes.....	44
Tabela 16. Composição do sub-subcritério de emissões	45
Tabela 17. Valores normalizados do sub-subcritério de emissões	45
Tabela 18. Vetor de Eigen de cada sub-subcritério	45
Tabela 19. Composição dos subcritérios do consumo.....	45
Tabela 20. Valores normalizados dos subcritérios do consumo.....	46
Tabela 21. Vetor de Eigen do subcritério consumo.....	46
Tabela 22. Composição do subcritério veículos configuração 1	46
Tabela 23. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 1	46
Tabela 24. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 1	47
Tabela 25. Composição do subcritério veículos configuração 2	47
Tabela 26. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 2	47
Tabela 27. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 2.....	47
Tabela 28. Composição do subcritério veículos configuração 3	48
Tabela 29. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 3	48
Tabela 30. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 3.....	48
Tabela 31. Composição do subcritério veículos configuração 4	49
Tabela 32. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 4	49

Tabela 33. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 4.....	49
Tabela 34. Composição do subcritério veículos configuração 5.....	49
Tabela 35. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 5.....	50
Tabela 36. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 5.....	50
Tabela 37. Composição do subcritério transmissão configuração 1.....	50
Tabela 38. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 1.....	51
Tabela 39. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 1.....	51
Tabela 40. Composição do subcritério transmissão configuração 2.....	51
Tabela 41. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 2.....	51
Tabela 42. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 2.....	51
Tabela 43. Composição do subcritério transmissão configuração 3.....	52
Tabela 44. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 3.....	52
Tabela 45. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 3.....	52
Tabela 46. Composição do subcritério motor configuração 1.....	52
Tabela 47. Valores normalizados do subcritério motor configuração 1.....	53
Tabela 48. Vetor de Eigen de cada do subcritério motor configuração 1.....	53
Tabela 49. Composição do subcritério motor configuração 2.....	53
Tabela 50. Valores normalizados do subcritério motor configuração 2.....	54
Tabela 51. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 2.....	54
Tabela 52. Composição do subcritério motor configuração 3.....	54
Tabela 53. Valores normalizados do subcritério motor configuração 3.....	54
Tabela 54. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 3.....	55
Tabela 55. Composição do subcritério motor configuração 4.....	55
Tabela 56. Valores normalizados do subcritério motor configuração 4.....	55
Tabela 57. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 4.....	55
Tabela 58. Composição do subcritério motor configuração 5.....	56
Tabela 59. Valores normalizados do subcritério motor configuração 5.....	56
Tabela 60. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 5.....	56
Tabela 61. Configuração do Perfil 1.....	57
Tabela 62. Configuração do Perfil 2.....	57
Tabela 63. Classificação da PBE do Fiat Argo 2020.....	61
Tabela 64. Classificação AHP do Fiat Argo 2020.....	62
Tabela 65. Classificação da PBE do Hyundai HB20 2020.....	62
Tabela 66. Classificação AHP do Hyundai HB20 2020.....	63

Tabela 67. Classificação da PBE da Ranger Rover 2020.....	63
Tabela 68. Classificação AHP da Ranger Rover 2020.....	64
Tabela 69. Matriz SWOT dos Veículos Elétricos a Bateria.....	74
Tabela 70. Matriz de comparação pareada dos critérios.....	78
Tabela 71. Configuração do Primeiro Cenário.....	79
Tabela 72. Configuração do Segundo Cenário.....	79
Tabela 73. Lista com classificação dos veículos do Primeiro Cenário.....	80
Tabela 74. Lista com classificação dos veículos do Segundo Cenário.....	82

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Analytic Hierarchy Process
AMD	Auxílio Multicritério à Decisão
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
AUT	Automática
CH ₄	Gás metano
CI	Índice de Consistência
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP	Conferências das Partes
COV _s	Compostos Orgânico voláteis
CVT	Continuously Variable Transmission
DCT	Dual Clutch Transmission
eCVT	Electronic Continuously Variable Transmission
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ESG	Environmental, social and corporate governance
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
HFCs	Hidrofluorcarbonos
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	International Panel on Climate Change
MCI	Market Consensus Indicator
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Materiais Particulado
NBR	Norma Brasileira
NMHC	hidrocarboneto não metano
NO ₂	Óxido Nitroso

NO _x	Óxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
ODM	Objetivos do Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organizações das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PFC _s	Perfluorcarbonos
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
RC	Razão de Consistência
RI	Índice Randômico
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
SIMOA	Sistema de Indicação de Melhor Opção de Abastecimento
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats
THC	hidrocarbonetos totais
UE	União Europeia
UN	Nações Unidas
UNFF	Fórum das Nações Unidas sobre Florestas
VEB	Veículos Elétricos a Bateria

Lista de Símbolos

$\sum_{j=n}^n$	Somatório de limite inferior igual a jota e limite superior igual a n
a_{ij}	Item na linha i e coluna j
a_{ji}	Item na linha j e coluna i
an_{ij}	Item normalizado na linha i e coluna j
Total _j	Somatório da coluna j dos valores normalizados
λ	Vetor de Eigen
λ_i	Vetor de Eigen da linha i
λ_{\max}	Número Principal de Eigen
Σ	Somatório
n	Número de critério

Sumário

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	13
LISTA DE SÍMBOLOS	15
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	16
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 PANORAMA GLOBAL PARA A EMISSÃO DE POLUENTE	19
2.2 PROCONVE	24
2.3 MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 BANCO DE DADOS	33
3.2 COLETA DE DADOS	34
3.3 PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS	35
3.4 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E ARGUMENTOS	36
3.5 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	37
4 CONSTRUÇÃO DO ALGORITMO AHP EM PYTHON	42
4.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO	43
4.2 CONFIGURAÇÃO DOS PERFIS	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1 RESULTADOS OBTIDOS	59
5.2 DISCUSSÃO	64
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS	68
ANEXO A – MATRIZ SWOT DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS A BATERIA	74
APÊNDICE A – DICIONÁRIO DE DADOS DAS TABELAS	75
APÊNDICE B – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA DOS CRITÉRIOS	78
APÊNDICE C – LISTA DAS CLASSIFICAÇÕES	79

1 Introdução

Diante das mudanças climáticas que ocorreram nas últimas décadas, se faz necessário rever a forma que a sociedade se desenvolve e os impactos que o desenvolvimento da humanidade que vem provocando ao planeta, como o vazamento em Bhopal, em 1984, na Índia, a explosão de Chernobyl, em 1986, na Ucrânia e o caso do Navio Exxon Valdez, em 1989, na costa do Alasca, onde essas catástrofes provocaram um impacto ambiental tão devastador e danos irreparáveis para os habitantes da região. Com base nisso, se faz necessário rever conceitos e disseminar outras ideias para garantir que haja um desenvolvimento de forma sustentável de longo prazo com a sociedade e o planeta (Elkington, 2006).

Para melhor compreender a questão da mudança climática e o desenvolvimento sustentável, se fez necessário identificar quais são os elementos que as estimulam e que inibem. Alguns autores como Kazancoglu, Ozbiltekin-Pala e Ozkan-Ozen (2021) sugerem que a poluição ambiental é a principal responsável em impedir o desenvolvimento sustentável, embora existam discordâncias sobre esse ponto, destaque para os gases de efeito estufa (GEE), pois além de promover a poluição ambiental. Os autores apontam que os GEE são responsáveis em produzir diversos efeitos colaterais nocivos à saúde humana e, portanto, é preciso conhecer e divulgar processos e técnicas que mitiguem a poluição ambiental. Um processo que visa à redução de emissões de poluentes na atmosfera, especialmente o de dióxido de carbono (CO₂), é a descarbonização, onde um efeito direto desta é a mitigação dos GEE, pois o CO₂ é classificado com um GEE. Nesse sentido, faz-se necessário encontrar soluções para mitigar esse cenário, como é ressaltado pelo o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13).

Em grandes centros urbanos a poluição do ar pode ser um obstáculo para se alcançar o desenvolvimento sustentável. Esta, presente desde a revolução industrial no Século XIX, a qual também foi taxada como a principal responsável pela emissão de uma quantidade significativa de emissões dos GEE (Hurlimann; Moosavi; Browne, 2021). Correia et al. (2021) incluem os veículos automotores como fontes significativas de poluição dos centros urbanos, desde a década de 60, além de ser uma fonte de emissão de GEE. Cidades ao redor do mundo estão enfrentando o desafio de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade urbana (Fenton, 2017). Por outro lado, a tecnologia dos veículos elétricos, demonstra ter um potencial para contribuir com a descarbonização em centros urbanos (ARORA et al., 2021). Entretanto, existem dúvidas no que tange a sustentabilidade desta tecnologia, tais como o impacto ambiental das células de energia, se o tipo de fonte de energia elétrica produziu GEE, o tempo de vida das baterias, o alto custo de aquisição de veículos e as incertezas da infraestrutura de carga (BOCALOM, 2022) (REIS; SILVA, 2017).

Paralelamente, incertezas acerca de eventual transição de novas tecnologias dificultam a escolha do consumidor como apontado por Mena, Santos e Saidel (2020). Os autores avaliam cenários para uma eventual transição da rota tecnológica no Brasil, por meio da análise FOFA (forças, oportunidades, fraquezas e ameaças), do inglês SWOT (*Strengths*,

Weaknesses, Opportunities and Threats), o ANEXO A – Matriz SWOT Dos Veículos Elétricos A Bateria. Neste contexto, os autores sugerem que a eletrificação veicular no Brasil deverá ocorrer de forma tardia, existindo no curto e médio prazo maior destaque a veículos híbridos, que aliam as vantagens da motorização elétrica com a motorização por combustão interna. Desta forma, compreender os cenários, a realidade dos centros urbanos brasileiros e da frota de veículos pode favorecer a criação de mecanismos factíveis de serem aplicados no curto prazo. A estratégia levantada, foi procurar por uma forma de atenuar os efeitos dos GEE nas cidades através da avaliação a frota de veículos.

Considerando que os cenários anteriormente descritos podem não viabilizar o engajamento à compra de veículos elétricos, uma possível alternativa seria enfatizar características em modelos e versões de veículos comercializados no Brasil com apelo sustentável. Como destaque para as emissões de poluentes que contribuem para com os GEE. No entanto, sem desconsiderar as especificações técnicas (exemplo, tipo de transmissão e motor) e demais critérios individuais desejados por consumidores (exemplo, categoria do carro). Para tanto, apresenta-se como questão norteadora para este trabalho: como um modelo multicritério pode auxiliar na tomada de decisão para a aquisição de veículos visando a redução de emissões?

Diante da questão norteadora, entende-se que a relevância desta pesquisa se dá pela contribuição acadêmica e científica na construção de uma solução para gerar informações que podem contribuir para a redução das emissões. No entanto, respeitando as preferências dos consumidores no que tange os seus critérios para a aquisição de veículos. Para responder a questão norteadora foram elaborados objetivos geral e específicos a seguir:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um modelo multicritério baseado na AHP para auxiliar na tomada de decisão durante a aquisição de veículos leves mais sustentáveis, utilizando dados abertos da frota de veículos comercializados no Brasil entre 2013 a 2021.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos para este trabalho foram:

- Identificar os principais bancos de dados, com informações relevantes sobre os veículos;
- Criar um banco de dados as informações das emissões dos veículos por

categoria comercializados no Brasil;

- Estabelecer conjuntos de critérios de classificação de veículos para o modelo e seus argumentos para fazer uma análise valorizando a experiência do consumidor;
- Construir um modelo conceitual para auxiliar na seleção de veículos sustentáveis.

1.2 Justificativa

A aquisição de veículos é uma decisão que envolve vários critérios, como custo, segurança, consumo de combustível e impacto ambiental, dentre outros. Nesse sentido, a utilização de modelos multicritério baseados na análise hierárquica de processos (AHP) pode auxiliar na tomada de decisão de forma mais eficiente, considerando a importância relativa de cada critério e suas interdependências. Além disso, a utilização de dados abertos da frota de veículos comercializados no Brasil pode fornecer uma fonte rica de informações para o desenvolvimento desse modelo. Portanto, a pesquisa proposta justifica-se pela necessidade de construir um modelo conceitual multicritério baseado em AHP que possa auxiliar na tomada de decisão na aquisição de veículos, considerando a importância relativa de diversos critérios e listando modelos de veículos com menor emissão, contribuindo assim para a promoção da sustentabilidade e para a redução dos impactos ambientais decorrentes da utilização de veículos automotores.

1.3 Organização do Documento

O trabalho está estruturado em seis capítulos, que, de forma resumida, apresentam os seguintes conteúdos:

O capítulo 1 aborda a introdução ao trabalho, onde se expõe de forma contextualizada o problema de pesquisa e os objetivos, fundamentando a importância da pesquisa de mitigar a emissão das emissões e por fim apresentando a organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a Revisão da literatura, esclarecendo os principais conceitos acerca dos temas da pesquisa, visando dar consistência ao trabalho desenvolvido e permitir a solução do problema de pesquisa e alcance dos objetivos definidos.

No capítulo 3, a metodologia de pesquisa é definida, sendo apresentado o delineamento metodológico e as etapas da pesquisa. O capítulo detalha o roteiro da escolha das bases de dados, da coleta e tratamento de dados. Após isso, o roteiro detalha como os dados foram processados e organizados para que eles pudessem ser utilizados na estrutura AHP e além disso, foram definidos os critérios e argumentos que justificam as suas escolhas.

No capítulo 4 é descrito como um algoritmo AHP na linguagem PYTHON foi construído e as suas condições para construir um modelo conceitual para auxiliar na seleção de veículos.

No capítulo 5 aborda os resultados e discussões da pesquisa, apresentando os dados e informações coletadas e tratadas, bem como as análises realizadas e resultados obtidos. No capítulo a questão norteadora do estudo é respondida.

Por fim, no capítulo 6 as conclusões do trabalho são apresentadas, remetendo ao cumprimento dos objetivos e passando pela apresentação das principais contribuições

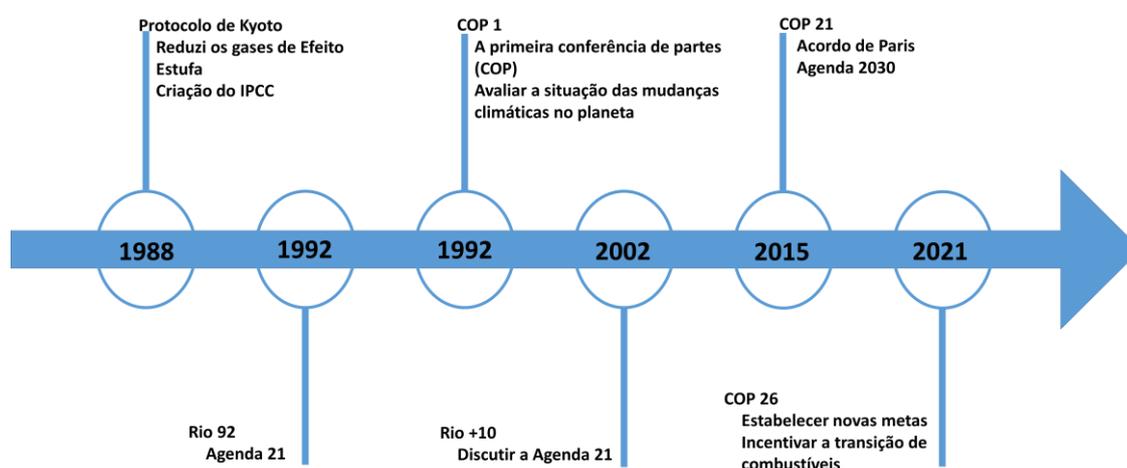
2 Revisão da literatura

Neste capítulo, são apresentados os principais fundamentos relacionados sobre questões relacionadas sobre a emissão de poluentes dos carros e o processo de tomada de decisão destacando, assim, a importância destes para combater as mudanças climáticas.

2.1 Panorama Global para a emissão de poluente

Para mitigar as emissões de poluentes e de seus efeitos, ocorreu um movimento mundial para promover ações, acordos e conferências internacionais que visam mitigar as emissões. A Figura 1 mostra quais são os principais acordos e conferências internacionais recentes que ocorreram ao longo da história e quais foram os principais efeitos imediatos para combater a questão climática.

Figura 1. Linha temporal com os principais acordos internacionais sobre o tema



Fonte: Do autor (2022).

Na busca de tentar promover o desenvolvimento sustentável, surgiram diversos programas e métodos os quais conseguiram gerar indicadores de sustentabilidade revelando, assim, as condições dos sistemas ambientais, sociais e econômicos, de forma isolada, falhando, portanto, em contribuir para a visão integrada. Porém, em 1987, foi publicado o Relatório Brundtland (BRUNDTLAND, 1987), também chamado de Nosso Futuro Comum (do inglês *Our Common Future*), um documento importante, pois foi o primeiro documento a utilizar o termo desenvolvimento sustentável e, além disso, foi coordenado pela, então, primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland e a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento originou um documento no qual houve a disseminação da ideia de desenvolvimento sustentável, conceito o qual vinha sendo concebido desde a década de 1970.

A partir do Relatório Brundtland, começou a surgir uma série de eventos mundiais que contavam com apoio de diversos países e que tinham como foco discutir a questão ambiental e o desenvolvimento, como afirma Japiassú e Guerra (2017). Dentre os eventos que

ocorreram, vale o destaque para a Eco-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento), em 1992, as COP, evento da Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o Fórum das Nações Unidas sobre Florestas (UNFF), fora isso, a ONU estabeleceu, com o apoio de 191 nações, os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), em 2000.

Em virtude de combater algumas questões essenciais para o desenvolvimento sustentável mundial, na 21ª Conferência das Partes da Convenção (COP 21), realizada em Paris em 2015, líderes de 193 estados-membros da ONU aprovaram a adoção da Agenda 2030 e os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O seu foco é justamente propor ações para erradicar a pobreza e promover vida digna a todos, dentro das condições que o nosso planeta oferece e sem comprometer a qualidade de vida das próximas gerações.

Esse plano nasceu de um acordo firmado, em 2015, pelos 193 Estados-membros da Organização Das Nações Unidas (ONU), visando promover o desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos (TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO, 2016). Os objetivos e metas são integrados e abrangem as três dimensões do desenvolvimento sustentável, a social, a ambiental e a econômica. Elas podem ser colocadas em prática por governos, sociedade civil, setor privado e por cada cidadão comprometido com as gerações futuras (SILVA, 2018).

Além disso, durante a COP 21, foi esboçado o Acordo de Paris, o primeiro acordo universal a definir medidas para reduzir os efeitos das mudanças climáticas e aprovado por aclamação por quase todos os países da ONU. Nesse contexto de revisão das emissões, o Brasil firmou um acordo de redução de suas emissões de GEE de 75% (resultado em 2015) para 37% até 2025 e para 43% até 2030, além de estratégias como o aumento do uso de fontes alternativas de energia; o aumento da participação de bioenergias sustentáveis na matriz energética brasileira para 18% até 2030; a utilização de tecnologias limpas nas indústrias; a melhoria da infraestrutura dos transportes; a diminuição do desmatamento e; a restauração das florestas até 12 milhões de hectares (CHOMSKY; POLLIN, 2020).

Por meio disso, percebe-se que existe um movimento que está preocupado em desenvolver uma cultura, a qual promova ações preocupadas em promover o desenvolvimento sustentável. A pesquisa em questão, se iniciou buscando compreender a relação da questão ambiental e o desenvolvimento sustentável, e a melhor forma de compreender isso foi por meio das mudanças climáticas que aconteceram nos últimos séculos.

O processo de emissão de poluentes da combustão de veículos fósseis é um ponto relevante e que vem ganhando destaque, desde de 1992, com o Protocolo de Quioto, pois por meio dele foram estabelecidas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa entre países, tornando-se um marco para a questão da mudança climática e chamando atenção para a relação das emissões com a questão climática.

Segundo Aguiar *et al.* (2015), os veículos automotores emitem poluentes em concentrações diversas dos poluentes emitidos em relação ao tipo de motor/tecnologia, tipo de combustível, idade, manutenção, assim como em função do modo de condução do veículo.

As emissões de gases poluentes de um veículo ocorrem após a queima do combustível no motor e são lançadas pelo sistema de escapamento, denominados de gases de exaustão, ocorrem ainda pela evaporação do combustível contido no tanque, em pontos como a tampa do bocal de abastecimento, as mangueiras de combustível, suas conexões, o respiro do tanque e, por último, ocorrem durante o processo de abastecimento de combustível ao passo em que o tanque vai sendo preenchido pelo combustível, os vapores ali contidos são expulsos pelo bocal de abastecimento (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB, 2018).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2022a, 2022b), encontram-se quatro importantes gases de efeito estufa (GEE), e mais de duas famílias de gases, regulados pelo Protocolo de Quioto, que são:

- O dióxido de carbono (CO₂), o mais abundante dos GEE, é emitido como resultado de atividades antrópicas como, por exemplo, queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). A porção de dióxido de carbono na atmosfera cresceu 35% desde a era industrial, e esse aumento deve-se a atividades antrópicas, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e remoção de florestas. O CO₂ é utilizado como referência para classificar o poder de aquecimento global dos demais gases de efeito estufa;
- O gás metano (CH₄) é resultante da degradação da matéria orgânica, geralmente encontrado em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas (em maior ou menor grau, dependendo do uso da terra anterior à construção do reservatório) e na pecuária e em alguns cultivos agrícolas. Com poder de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono;
- O óxido nitroso (N₂O) é resultante, principalmente, do tratamento de dejetos animais, do emprego de fertilizantes, queima de combustíveis fósseis e de processos industriais, e possui um poder de aquecimento global 310 vezes maior que o CO₂;
- O hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um dos principais isolantes térmicos e condutor de calor; gás com o maior poder de aquecimento é 23.900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o CO₂;
- O hidrofluorcarbonos (HFCs), substituto dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores; não agridem a camada de ozônio, porém, em geral, com alto potencial de aquecimento global (variando entre 140 e 11.700);
- Os perfluorcarbonos (PFCs) são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis e têm potencial de aquecimento global variando de 6.500 a 9.200.

Os hidrofluorcarbonos e os perfluorcarbonos pertencem à família dos halocarbonos, todos eles produzidos, principalmente, por atividades antrópicas. O Ministério do Meio

Ambiente esclarece que a qualidade do ar no ambiente urbano é determinada por agrupamentos complexos de acordo baseado em sua natureza ou área de ocupação (BRASIL, 2022a, 2022b).

Durante as décadas de 50 e 60, montadoras e governos mudaram as suas métricas para combater o fenômeno *smog*, o qual foi o responsável em poluir o espaço aéreo da cidade. Dessa forma, surgiram questionamentos sobre a questão ambiental e quais são os impactos da queima de combustíveis fósseis para a saúde pública. Para minimizar as emissões e os impactos, os governos criaram legislações e órgãos e estabeleceram programas e limites para fiscalizar e até mensurar as emissões provenientes de combustíveis fósseis. No Brasil, foi criado o Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE) para regular os limites das emissões dos veículos (BRASIL, 1986).

Além do PROCONVE, o Brasil possuía o programa Inovar Auto que vigorou entre 2013 e 2017 e procurou incentivar as indústrias automobilísticas, produtoras de veículos e de autopeças, a produzirem veículos e equipamentos com maiores eficiências energéticas, mais econômico e que emitissem menores quantidades de poluentes, em troca de descontos em impostos para as empresas que conseguissem atingir as metas estipuladas. Complementar ao Inovar Auto, o programa Rota 2030 visa ampliar o alcance do projeto com pesquisa e desenvolvimento em toda a cadeia produtiva automotiva, envolvendo mais setores. Com isso, o setor de P&D busca, além de desenvolver produtos mais eficientes e econômicos, desenvolver iniciativas ecológicas e amigáveis ao ambiente, utilização de biocombustíveis e valorização da matriz energética brasileira, assim como capacitação técnica e profissional para as novas tecnologias em mobilidade e logística.

Para avaliar a poluição do ar, é preciso saber que ele é uma mistura de partículas, material particulado (MP) e gases que são emitidos para a atmosfera principalmente por indústrias, veículos automotores, termelétricas, queima de biomassa e de combustíveis fósseis, os poluentes podem ser classificados em primários e secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente para a atmosfera, e os secundários são resultantes de reações químicas entre os poluentes primários. Os principais poluentes primários monitorados no Brasil e pelas principais agências ambientais em todo o mundo são óxidos de nitrogênio (NO₂ ou NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂). Um exemplo de poluente secundário é o ozônio (O₃), formado a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica dos COVs e do NO₂ na presença de raios ultravioleta provenientes da luz solar (KÜNZLI *et al.*, 2010).

Para avaliar os impactos da ação humana sobre a qualidade do ar, buscou-se saber qual foi a quantidade de material particulado (MP) no ar. Foi escolhido esse parâmetro, pois segundo Cetesb (2015), as principais fontes de emissão do particulado ocorrem por veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ou seja, proveniente da ação humana. Segundo Freitas e Solci (2009), o material particulado é classificado por seu tamanho considerando o diâmetro aerodinâmico médio das partículas. As partículas inaláveis grossas (MP_{2,5-10}) são as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio no intervalo de 2,5 a 10 µm e

as partículas finas ou respiráveis (MP_{2,5}) são inferiores a 2,5 µm. Sobre as partículas finas, Carmo *et al.* (2010) relatam que, quando comparado com as partículas grossas, elas têm um maior tempo de residência na atmosfera e podem ser transportadas por grandes distâncias, aumentando a sua capacidade de dispersão e o seu impacto sobre os indivíduos. Assim, elas se depositam nos brônquios terminais e nos alvéolos, agravando problemas respiratórios e podem causar mortes prematuras.

Para demonstrar a qualidade do ar no Brasil ao longo dos anos, recorreu-se a dados públicos, mas o Brasil possui problemas de infraestrutura, pois existem poucos lugares que coletam dados e alguns dados estão incompletos. A princípio esses dados foram utilizados para ilustrar a qualidade do ar e não fazer uma análise mais complexa. Para ilustrar a concentração média do MP_{2,5} e MP₁₀, foram escolhidos os municípios de São Paulo, estação Ibirapuera e de Osasco, respectivamente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Concentração média de MP

Ano	São Paulo estação Ibirapuera [µg/m ³]	Osasco [µg/m ³]
2006	17	45
2007	17	42
2008	16	47
2009	13	41
2010	16	49
2011	18	50
2012	14	45
2013	10	43
2014	13	44
2015	17	40
2016	16	40
2017	15	38
2018	15	39
2019	13	43
2020	12	42

Fonte: Adaptado do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2023).

Para avaliar a qualidade do ar na escala anual, foram criados padrões, e os valores dos padrões são recomendados pela OMS. Atualmente, o Brasil dispõe de até 4 padrões, a depender do poluente. Três padrões são provisórios ou intermediários (os padrões intermediários 1, 2 e 3) e há o padrão final, mais restritivo, que garante o ar mais limpo. Para o MP_{2,5} o valor para o padrão final é 10, o valor para o padrão intermediário 3 é 15, o valor para o padrão intermediário 2 é 17 e o valor para o padrão intermediário 1 é 20. Para o MP₁₀ os valores dos padrões é o dobro do MP_{2,5}.

Apesar dos efeitos da poluição terem sido descritos desde a antiguidade, somente com o advento da revolução industrial, a poluição passou a atingir a população em grandes proporções (GOUVEIA *et al.*, 2006). Há algumas décadas, buscam saber quais são os efeitos nocivos que a poluição do ar causa ao ser humano, em especial, ao sistema respiratório.

Embora não se saiba a totalidade dos efeitos dos poluentes à saúde humana, é possível estabelecer por meio da forma experimental quais são os efeitos. Os efeitos dos poluentes sobre a saúde podem ser agudos ou crônicos. Os efeitos agudos se manifestam após um curto espaço de tempo entre a exposição e os efeitos (horas ou dias). Os efeitos crônicos são avaliados, geralmente, em estudos longitudinais com duração de anos ou décadas (BAIRD, 2018).

Evidenciadas as questões que envolvem mudança climática, se faz necessário compreender quais ações têm sido tomadas para combatê-las no espectro veículos automotores, como pode ser visto na próxima seção.

2.2 PROCONVE

O Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE) surgiu, em 1986, para estabelecer reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores e estabelecer quais são os limites das emissões, visando atender os Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos (BRASIL, 1986).

Inicialmente o PROCONVE só atuava sobre os veículos considerados leves, contudo após a implementação de outras normas o programa foi atualizado e foram criados outros programas. Esse programa foi instituído pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 1986, e é um órgão que responde ao Ministério do Meio Ambiente. O PROCONVE L é o programa responsável em estabelecer os limites de emissões dos veículos leves, para regular os limites dos veículos pesados, foi criado o PROCONVE P, para regular os limites dos motocicletos foi criado o PROCONVE M ou Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), e para regular os limites das máquinas agrícolas e rodoviárias foi criado o PROCONVE MAR (BRASIL, 1986, 1993, 2002, 2011).

No Brasil, os programas PROCONVE e PROMOT são responsáveis em regulamentar as emissões veiculares no país, e estes programas buscam a melhoria da qualidade do ar no Brasil estabelecendo os limites permitidos de emissão dos poluentes que os veículos comercializados no país devem atender. A cada nova resolução, os limites se tornam mais restritivos. No Brasil, caso algum modelo de veículo ultrapasse os limites estabelecidos, o modelo do veículo não poderá ser comercializado no país, forçando a montadora a alterar algumas características do modelo ou descontinuar essa versão. Assim, o não cumprimento desse parâmetro pode ser comparado ao não cumprimento de itens de segurança automobilísticos obrigatórios. A Tabela 2 mostra a evolução dos limites do Programa L do PROCONVE ao longo dos anos.

Tabela 2. Limites do Programa L

Limite (Ano de Publicação)	Limites de CO (g/km)	Limites de NMHC (g/km)	Limites de NOx (g/km)	Limites de Aldeídos (g/km)
L1 (1988)	24	2,1	2	-
L2 (1992)	12	1,2	1,4	0,15

L3 (1997)	2	0,3	0,6	0,03
L4 (2005)	2	0,16	0,25	0,03
L5 (2009)	2	0,05	0,12	0,02
L6 (2014)	1,3	0,05	0,08	0,02
L7 (2022)	1	N.D.	0,08	0,015

Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Os valores dos limites dos poluentes do PROCONVE são obtidos por meio de resoluções nas quais, cada atualização se torna mais restritiva e os valores são vagamente baseados nos regulamentos dos Estados Unidos da América (EUA) e nos padrões da União Europeia (EU). O programa Norte Americano é o *Tier Standards* que é gerenciado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*), o FTP-75 é o teste para quantificar os poluentes. O programa Europeu é o Padrão EURO de emissão (*EU emission standards*). Compreender esses outros programas é importante para identificar o que eles geram de impacto, os padrões de emissão e avanços tecnológicos induzidos por eles, além disso, foi possível comparar os programas para saber quem estão na vanguarda (POSADA; CHAMBLISS; BLUMBERG, 2016).

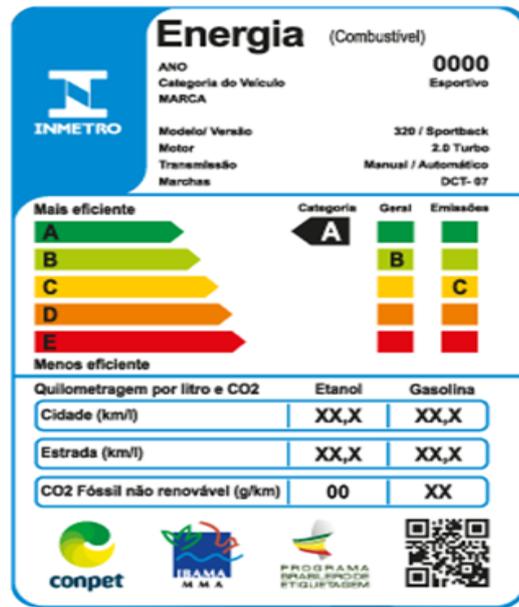
Compreendidos quais são as normas e o cenário mundial, é necessário compreender o perfil da frota automotiva brasileira, previamente apresentado no item 1 na Tabela 2. Identificado qual foi o grupo mais significativo, buscou-se evidências para mensurar como esse grupo contribuiu para os GEE para desenvolver estratégias para mitigá-las. A princípio buscou saber qual é a norma utilizada para quantificar os poluentes. No Brasil, a norma técnica que indica o método para a determinação de hidrocarbonetos totais (THC), não metano (NMHC), gases orgânicos não metano (NMOG), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NOx), dióxido de carbono (CO₂) e material particulado emitidos pelo motor de veículos rodoviários automotores leves, funcionando sobre um dinamômetro de chassi que simule uma condição de uso em vias urbanas é a ABNT NBR 6601 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2005).

Uma forma de demonstrar que o Brasil e seus órgãos estimulam as montadoras a desenvolver carros que poluem menos, quando comparado a modelos passados, foi por meio do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET, 2016) e o selo Conpet. O Selo Conpet ou também chamado de Selo CONPET de Eficiência Energética é um selo designado para os equipamentos consumidores de derivados de petróleo e de gás natural, nestes são informados sobre o consumo dos produtos e como gerar menor impacto ao meio ambiente. A partir dele se torna possível identificar quais são os produtos mais eficientes e que menos poluem.

A partir dessas informações o consumidor é capaz de se informar sobre o consumo energético de cada modelo, qual é o seu rendimento e quanto polui. Desde 2009, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) divulga essas informações por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) informações estas dos diversos modelos de veículos, como mostra a Figura 2. Além de divulgar algumas informações de cada modelo, a ENCE apresenta

uma classificação da eficiência de cada modelo, e os mais eficientes ganham conceito A, os menos eficientes ficam com E, F ou G, dependendo do produto. A etiqueta também informa o consumo na cidade e na estrada, o quanto de CO₂ é gerado em função do tipo de combustível, fornecendo métricas para avaliar o produto.

Figura 2. Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Veicular (ENCE)



Fonte: Conpet (2016).

2.3 Métodos de tomada de decisão

A tomada de decisão é um processo cujo objetivo é escolher uma opção entre várias alternativas, para tentar resolver os diversos tipos de problemas. Segundo Schmidt (1995), antes dos anos 40, já existiam pesquisadores e estudiosos, como Adam Smith e o General Prussiano Carl Von Clausewitz, dedicados a estudar a racionalidade do processo decisório, e ele relata que, até o fim dos anos 40, a tomada de decisão era feita mediante análises criteriosas, embora a tomada de decisão seja um processo comum que faz parte do cotidiano e que na maior parte do tempo ocorre de maneira inconsciente.

Para Caravantes, Panno e Kloeckner (2005), a tomada de decisão e a resolução de problemas podem ser abordadas de muitas maneiras diferentes, mas geralmente seguem dois modelos: racional e comportamental. O modelo racional supõe que os tomadores de decisões tenham informações perfeitas e que sejam capazes de avaliar sistemática e logicamente cada alternativa e, no final, tomar uma decisão totalmente imparcial sobre o que será melhor para a organização. O modelo comportamental leva em conta que o gerente, muitas vezes, terá que tomar uma decisão considerando sua percepção, experiência, informações e alternativas

limitadas.

Dessa forma, por meio do modelo racional, foi possível criar e refinar estratégias para as mais diversas aplicações, possibilitando fazer uma análise e diagnóstico do ambiente, antecipando possíveis cenários do futuro, reduzindo os riscos e incertezas na tomada de decisão.

No contexto organizacional, Barlach, Malvezzi e Limongi-França (2008) sugerem ser necessário ter uma estrutura com regras e procedimentos para facilitar o entendimento do processo de tomada de decisão, uma vez que esse meio está imerso em um grande fluxo de informações e de grande necessidade e complexidade de minimizar a influência de fatores externos nesse processo. Além disso, o processo de decisão requer a existência de um conjunto de alternativas executáveis para sua composição, pois, segundo Kelleher e Tierney (2018), para definir qualquer problema é necessário possuir mais de uma alternativa como solução, uma vez que cada escolha de uma alternativa executável está associada a um ônus e a um bônus.

Um fator que afeta o processo de tomada de decisão, segundo Andrade (1998), é a insuficiência de informações, pois ao fazer uma avaliação do grau de incerteza existente no processo de decisão, procura-se fazer uma estimativa do risco envolvido. Identificado como esses elementos afetam o comportamento racional, torna-se mais fácil criar estratégias e ações para contorná-las, evidenciando a capacidade cognitiva do tomador de decisão e a própria complexidade dos problemas, limitam o processo decisório e tornam raras as condições necessárias para o uso da perfeita racionalidade.

Dessa maneira, ficou evidenciado como a incerteza afeta a tomada de decisão racional e como esse processo possui uma enorme dependência da condição dos dados, pois se alguns dos dados estiverem corrompidos, por consequência, todo o processamento estará comprometido. Outro ponto extremamente importante foi a equipe, que define a estrutura da tomada de decisão, pois quanto mais diversa for a equipe com relação aos conhecimentos e experiência menor será a chance de adicionar alguma crença que atrapalhe esse processo.

Dessa forma, os métodos de auxílio multicritério à decisão (AMD) foi uma opção bastante viável, pois, segundo Neves, Pereira e Costa (2015), ela é um método objetivo para auxiliar a resolver um problema sob a ótica de múltiplos critérios, o que ocorre normalmente quando coexistem interesses em conflito. Segundo Leite e Freitas (2012), os principais métodos multicritérios de tomada de decisão (MDCM) são: *Analytic Hierarchy Process (AHP)* (SAATY, 1987), *Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE)* (ROY, 1996) e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)* (BRANS; VINCKE, 1985).

Dentre as ferramentas e metodologias de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) existentes que auxiliam as pessoas na tomada de decisões, as que se destacam são os métodos multicritérios de tomada de decisão (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009). O seu diferencial é que ela considera diversos aspectos para a construção de um conjunto de critérios e para avaliá-

los, ao descobrir a importância de cada item, se faz uso de operações matemáticas (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Os métodos multicritérios de tomada de decisão (MDCM) surgiram como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (BRANS; MARESCHAL, 2005). Os principais usos dessas metodologias são a resolução de conflitos negociados e a resolução de problemas com múltiplos fatores (SAATY, 2005). No entanto, ela também pode ser utilizada como ferramenta de gestão como, por exemplo, para avaliar os custos provocados pela estratégia definida, diminuindo, assim, os riscos decorrentes da escolha.

Segundo Rodriguez, Costa e Carmo (2013), esse tipo de metodologia pode ser utilizado principalmente para duas situações. A primeira envolve a modelagem de problemas de decisão baseada no emprego de modelos matemáticos à otimização, os quais requerem que o modelo seja robusto o suficiente para suportar validações axiomática, e a segunda é para a modelagem de problemas em que subjetividade, incertezas e ambiguidades estejam presentes, pois, ao abrir mão da necessidade de validações axiomáticas presentes em modelos de otimização, tem-se a possibilidade de incorporar tais elementos ao modelo.

O segundo tipo se mostra mais adequado, pois o trabalho pretende elaborar uma metodologia que auxilie a decisão a partir de conceitos que são subjetivos. Em função disso, dentre as mais diversas técnicas, o melhor método que atende a questões subjetivas é o Processo de Hierarquia Analítica (do inglês *Analytic Hierarchy Process* AHP) (GONDAR; CARMO; SANTOS, 2021). Pois esse método possui como características decompor o problema/decisão em uma hierarquia definindo, assim, o objetivo, os critérios e alternativas e como resultado será gerada uma lista classificando todas as alternativas, em função dos critérios definidos e das suas respectivas importâncias. Um exemplo prático da sua aplicação é definir uma ordem de prioridades entre diversos projetos (SANTOS; VIAGI, 2009).

A AHP é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas, desenvolvido por Tomas L. Saaty, no início da década de 70. É o método de multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

A AHP, baseia-se no método newtoniano e cartesiano de pensar, e consiste em uma metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) que tem por objetivo a escolha de alternativas, considerando diferentes critérios e subcritérios qualitativos e quantitativos. Dessa forma, é possível priorizar alternativas mediante a consideração de múltiplos critérios, e seu método consiste em resolver um problema. Ele se inicia pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios mais facilmente analisáveis e comparáveis de modo independente, no qual as pontuações das alternativas e pesos dos critérios utilizados são determinados a partir da comparação par a par e pelo o julgamento de especialistas (SAATY, 2008).

A principal diferença dessa metodologia para a AHP, é que os especialistas,

normalmente, além de definir quais são os critérios, também definem quais são os valores das relações ao fazer as comparações ao longo de diversas rodadas. Para este trabalho, os pesquisadores definiram com base em argumentos a decomposição do problema, sua hierarquia, quais são os elementos que a compõem e, para tornar a metodologia proposta mais rápida em sua análise e valorizar a experiência e necessidade do usuário, optou-se definir por meios de perfis quais são os valores das relações. Dessa forma, ao final desta metodologia cada usuário possuirá uma lista classificando os veículos de acordo com as suas preferências.

O método AHP consiste em um método de decisão multicritério que ganhou relevância nos últimos anos para auxiliar o processo de decisão e que pode ser aplicado para diversas situações. Para selecionar um local de instalações, mesmo havendo motivos políticos, reforçando a eficácia do método (YANG; LEE, 1997). Atuar em conjunto de outros métodos (PARTOVI, 2006). Selecionar algo, baseado na experiência de vários especialistas (método Delphi) ou para consolidar as avaliações dos especialistas (AYYILDIZ; TASKIN GUMUS, 2021; WU; LIN; CHEN, 2007). Para avaliar o mercado (VISWANADHAM; KAMESHWARAN, 2007). Identificar as políticas de desenvolvimento (PORTUGAL; MORGADO; LIMA JÚNIOR, 2011). Para ranquear e selecionar o local, com auxílio da lógica fuzzy (YU *et al.*, 2011). Para avaliar a importância relativa de critérios para determinar o sucesso ou o fracasso do negócio (AKALIN; TURHAN; SAHIN, 2013). Analisar os fatores que devem ser considerados para a localização de uma unidade fabril (ALVES; ALVES, 2014). Para auxiliar na análise dos fatores de um projeto (BRIOZO; MUSETTI, 2015). Identificar e classificar as principais dificuldades de uma indústria (IRFAN *et al.*, 2022). Para apoiar a análise SWOT (LEE; KIM; LEE, 2021).

Existem diversos modelos padronizados para se desenvolver o método AHP, segundo Hermogenes, Santos e Teixeira (2020), isso é possível, se seguidas 12 etapas: Definição do objetivo; Definição de critérios; Definição de alternativas; Aplicação das ponderações de Saaty; Construção da matriz de decisão; Normalização da matriz de decisão à luz dos critérios; Cálculo das prioridades médias locais; Construção da matriz de decisão à luz do objetivo; Normalização da matriz de decisão à luz do objetivo; Cálculo percentual de cada alternativa; Cálculo de índice de consistência; Cálculo da razão de consistência; Validação da consistência (caso a razão de consistência seja maior do que 10%, é necessário rever as comparações utilizadas e refazer os cálculos).

Para Leal (2020), é possível, seguindo um modelo padronizado com 10 etapas: Definição do objetivo; Definição de critérios; Definição de alternativas; Definição dos critérios de maior importância para o decisor de acordo com as ponderações de Saaty; Construção da matriz de decisão; Normalização da matriz de decisão à luz dos critérios; Cálculo das prioridades médias locais; Construção da matriz de decisão à luz do objetivo; Normalização da matriz de decisão à luz do objetivo; Cálculo percentual de cada alternativa.

Contudo, antes de seguir algum modelo padronizado da AHP, se fez necessário compreender como são medidas as relações entre os critérios, para poder definir os parâmetros com objetividade, uma vez que definido os valores das relações, se torna possível saber a importância de cada critério para a decisão. Existem diversas formas para comparar

dois ou mais elementos pelo AHP, no entanto Saaty (2005) propõe uma escala de 1 a 9, para determinar a importância relativa de uma alternativa com relação a outra, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Escala dos Pesos

Peso	Importância
1	Igual importância entre as variáveis
2	Valores intermediários de importância entre 1 e 3
3	Importância pequena de uma sobre a outra
4	Valores intermediários de importância 3 e 5
5	Importância grande ou essencial de uma sobre a outra
6	Valores intermediários de importância 5 e 7
7	Importância muito grande ou demonstrada de uma sobre a outra
8	Valores intermediários de importância 7 e 9
9	Importância Absoluta de uma sobre a outra

Fonte: Adaptado de Carvalho e Mingoti (2005).

Após a definição dos pesos das relações, a AHP prescreve uma sequência de passos a serem seguidos para descobrir como cada critério impacta na decisão. Para facilitar o entendimento, a Tabela 4 foi construída, e nela constam a estrutura e os valores das comparações, gerando uma tabela comparativa dos atributos. Onde o valor do peso da relação representada pelo item a_{ij} é o inverso do item a_{ji} , a relação da comparação do critério n pelo n sempre será 1.

Tabela 4. Tabela Ilustrativa

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	Critério n
Critério 1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
Critério 2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
Critério 3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
...
Critério n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

Fonte: Do autor (2022).

Uma vez definidos os valores, é necessário normalizar a Tabela 4. A normalização de cada valor das tabelas foi feita considerando a Equação 1. Após fazer uso da Eq. 1 na Tabela 4, obtém-se a Tabela 5.

$$an_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=n}^n a_{ij}} \quad \text{Eq.1}$$

Onde n representa a quantidade de elementos a serem analisados, $\sum_{j=n}^n$ representa o somatório de limite inferior igual a j e limite superior igual a n, a_{ij} representa o valor da comparação elemento representado pela a coluna i pelo o elemento representado pela linha

j e an_{ij} representam o valor normalizado do elemento a_{ij} .

Tabela 5. Tabela Ilustrativa com os valores normalizados

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	Critério n
Critério 1	an_{11}	an_{12}	an_{13}	...	an_{1n}
Critério 2	an_{21}	an_{22}	an_{23}	...	an_{2n}
Critério 3	an_{31}	an_{32}	an_{33}	...	an_{3n}
...
Critério n	an_{n1}	an_{n2}	an_{n3}	...	an_{nn}

Fonte: Do autor (2022).

Normalizados os valores, Vargas (2010) sugere calcular o vetor de prioridade ou vetor de Eigen para identificar a importância de cada item na decisão, e o somatório dos valores da coluna do elemento deve ser 1. O vetor de Eigen é definido pela Equação 2, o seu valor é obtido de modo aproximado por meio da média aritmética dos valores de cada um dos critérios.

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^n an_{ij}}{n} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde λ representa o vetor de Eigen, n representa a quantidade de critério e $\sum_{j=1}^n$ representa o somatório de limite inferior igual a j e limite superior igual a n .

Após normalizar os dados e identificar o valor do vetor de Eigen, é necessário saber se os valores estabelecidos das relações são válidos. A princípio, é necessário calcular o número de Eigen, pois por meio dele é possível avaliar a inconsciência das relações. O número de Eigen é calculado conforme mostra a Equação 3 e é obtido a partir do vetor de Eigen.

$$\lambda_{Max} = \sum_{j=1}^n (\lambda_j * Total_j) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde n representa a quantidade de critério, o $\lambda_j * Total_j$ representa o produto do vetor de Eigen pelo o somatório da coluna j dos valores normalizados, $\sum_{j=1}^n$ representa o somatório de limite inferior igual a j e limite superior igual a n e λ_{Max} representa o número de Eigen.

Identificado o valor do número de Eigen, o próximo passo é calcular o índice de consistência (CI), para calculá-lo, é necessário fazer uso da Equação 4.

$$CI = \frac{(\lambda_{Max} - n)}{(n-1)} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde CI representa o índice de consistência dos dados.

Para validar os pesos encontrados pela Equação 2, a sua condição de aceitabilidade, ou Razão de Consistência (RC) deve ser menor que 0,10, para os pesos serem considerados validados. O cálculo da Razão de Consistência é obtido por meio da razão do índice de

consistência do Índice Randômico (RI), como mostra a Equação 5. O Índice Randômico (RI) é derivado de uma amostra de 500 matrizes recíprocas geradas de forma randômica, demonstrado pela Tabela 6. Caso algum dos valores da Razão de Consistência seja maior que 10%, deve-se descartar os pesos e definir os novos pesos até que o valor da Razão de Consistência atinja a condição. Ao atender a condição, serão utilizados os dados e eles serão utilizados para construir uma lista com base nos valores encontrados.

$$RC = \frac{CI}{RI} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde RC representa a da Razão de Consistência e o Índice Randômico (RI).

Tabela 6. Índice Randômico (RI)

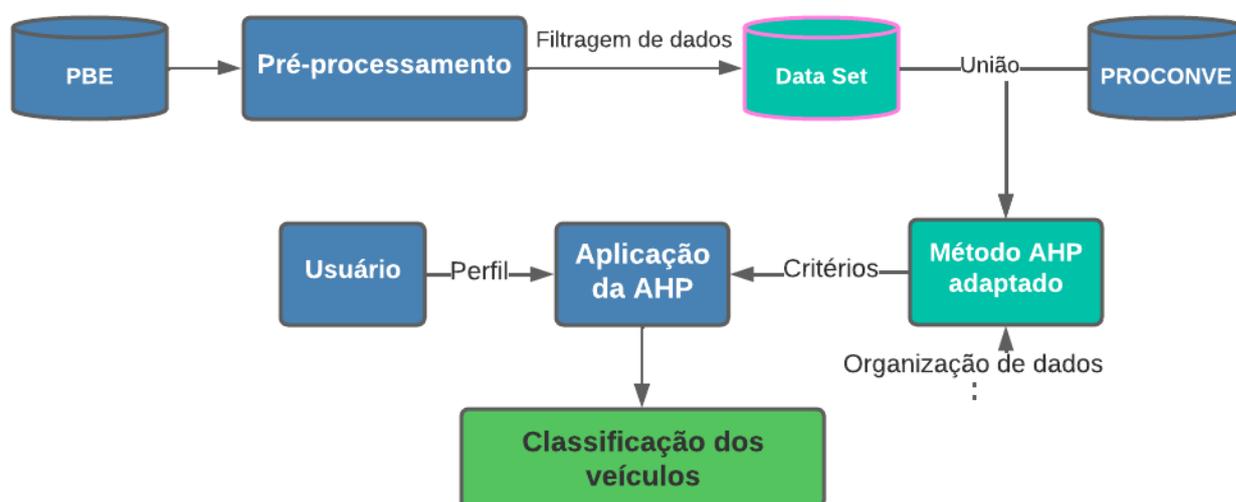
N	1	2	3	4	5	6	7	8
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41

Fonte: Adaptado de Pinese Júnior e Rodrigues (2012).

3 Materiais e Métodos

Como este trabalho, buscou-se desenvolver uma metodologia conceitual multicritério baseada na AHP, que dão opções ao consumidor de escolher veículos com base em critérios mais voltados para as questões climáticas sem renunciar às especificidades desejadas, por meio da classificação dos veículos, com base em veículos leves comercializados no Brasil, entre 2013 e 2021. Para atingir tal objetivo, a Figura 3 representa um esboço esquemático com as etapas do processo metodológico, identificando as fontes de dados e o pré-processamento destes dados em bruto, resultando num novo conjunto de dados. Para classificar os veículos, foi utilizado o método AHP e, ao final, será obtida uma lista com as opções ao consumidor de escolher veículos com base em critérios mais voltados para as questões climáticas.

Figura 3. Estrutura do projeto



Fonte: Do autor (2023).

3.1 Banco de dados

Esta etapa possui como objetivo identificar, por meio de pesquisas, quais programas e iniciativas podem ser utilizados como fonte de dados para a análise proposta por este trabalho. A princípio, buscou identificar qual é a legislação sobre as emissões dos veículos sobre as emissões dos GEE no Brasil e quem fiscaliza isso. Ao pesquisar no Ministério do Meio Ambiente, foi constatado que o CONAMA é o órgão que assessora, estuda e propõe ao governo e demais órgãos quais são as diretrizes e políticas governamentais para o meio ambiente. E o que define o programa que estabelece os limites das emissões é o PROCONVE.

Sobre as informações técnicas sobre os veículos leves comercializados no Brasil recorreu-se ao INMETRO, pois este é um órgão brasileiro que avalia a conformidade de um produto, significa verificar se ele é produzido conforme os requisitos mínimos necessários. O programa responsável em reunir todas as informações técnicas dos veículos é o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). As informações sobre os veículos são publicadas em forma

de tabelas que podem ser obtidas no site do programa. Este programa possui informações dos veículos a partir do ano de 2009, e anualmente é gerada uma nova tabela com os novos veículos que podem ser comercializados no país (BRASIL, 2022c).

Sobre as informações da frota brasileira, foi necessário identificar a existência de alguma publicação periódica que contenham informações estatísticas da indústria automobilística brasileira, para identificar o perfil da frota brasileira. Mediante essa premissa foi encontrada a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), que publica a carta mensal e o anuário da ANFAVEA, responsável em reunir informações estatísticas mensais e acumuladas da indústria automobilística brasileira sobre autoveículos e máquinas agrícolas e rodoviárias.

De posse dessas informações, identificou-se o PROCONVE, o PBE e o anuário ANFAVEA como os principais bancos de dados para fazer a coleta das informações sobre os veículos.

3.2 Coleta de dados

Uma vez definidas quais foram as fontes de dados, o próximo passo foi selecionar as informações necessárias para a análise proposta. Identificados quais são os bancos de dados, começou-se uma análise para identificar as informações relevantes para a pesquisa.

Nesse sentido, o anuário da ANFAVEA demonstra ser importante para identificar qual é o grupo de veículos mais relevante. Para esta tarefa, levantou-se o número de veículos licenciados. A partir disso, foi possível constatar que o grupo com a maior participação foi o de veículos leves, o qual corresponde desde o ano de 2013 a, pelo menos, 73% do total de veículos licenciados, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7. Número da frota brasileira de veículos licenciados

Ano	Número de automóveis	Número de comerciais leves	Número de caminhões	Número de ônibus	Total de Veículos
2013	3.040.783	539.113	154.576	32.898	3.767.370
2014	2.794.687	538.796	137.055	27.474	3.498.012
2015	2.123.009	357.523	71.652	16.792	2.568.976
2016	1.688.289	300.307	50.560	11.161	2.050.317
2017	1.856.580	319.404	51.943	11.755	2.239.682
2018	2.102.114	373.224	76.005	15.081	2.566.424
2019	2.262.073	403.510	101.335	20.932	2.787.850
2020	1.615.942	338.877	89.678	13.940	2.058.437
2021	1.558.467	418.643	128.679	14.062	2.119.851

Fonte: ANFAVEA (2022).

Sobre motos, o órgão responsável em regulamentar e fiscalizar as emissões, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), não disponibiliza muitas informações relacionadas a emissões, uma vez que a sua principal atribuição é fiscalizar a poluição sonora provocada pelos motociclos. Por isso, não há muitas

informações públicas sobre os moto-veículos, motivando assim desconsiderá-las. Além disso, no Brasil, ao analisar a frota nacional deve-se relatar a precariedade da infraestrutura do transporte público, algo evidenciado nos grandes centros, o que incentiva as pessoas a buscarem outras opções de meios de transporte (ARAÚJO *et al.*, 2011).

O PROCONVE destaca quais são os gases e seus limites, além de demonstrar como a cada nova revolução se tornou mais restritiva e quais são os programas internacionais em que ele se baseia, o que possibilita fazer uma avaliação para descobrir o possível valor do novo limite. Por intermédio do PROCONVE, foi possível identificar como os limites são estabelecidos, o que possibilitou propor estratégias para estruturar o item e justificar argumentos que definem a importância deste.

Sobre a tabela da PBE, houve a filtragem para definir quais são os dados mais relevantes para o estudo, que foram ano, categoria, marca, modelo, versão, motor, transmissão, combustível, Emissões de NMHC, Emissões de CO₂, Emissões de NO_x, Emissões de CO e consumo energético.

3.3 Pré-processamento dos dados

Antes de iniciar a análise, foi necessário fazer a apuração dos dados faltantes, pois observou-se a ausência de alguns dados. Das tabelas fornecidas pela PBE, do período sob análise, as tabelas até o ano de 2019 apresentaram informações faltantes. Isso se deve ao fato que o formato da tabela mudou com o tempo. Por exemplo, o PBE não mensurava os poluentes e consumo energético entre 2009 a 2012, o que foi corrigido com a norma NBR 6601 e 7024 (ABNT, 2005 e ABNT, 2017), outro exemplo são os dados faltantes do rendimento de alguns veículos a álcool, mas isso se deve ao fato que algumas versões de veículos que não utilizam o álcool como combustível.

Para tratar os dados faltantes, Dangeti (2017) sugere substituir por um valor randômico ou excluir a linha com os dados faltantes ou substituir pela média ou o valor mais frequente. Como o objetivo deste trabalho depende de um extenso banco de dados para se fazer análise a partir dele, optou-se em não excluir nenhuma informação, pois eventualmente a exclusão de qualquer informação pode influenciar qualquer futura análise, portanto a opção escolhida foi substituir pela média ou por um valor randômico.

Para os dados faltantes referentes à Emissão de CO₂ produzido pela Combustão do Etanol (g/km), optou-se em usar valor zero, uma vez que por definição esse tipo de combustível não produz CO₂.

Com relação aos demais dados faltantes dos poluentes, a lógica utilizada foi substituir pela média dos valores de outros veículos com características similares. A princípio, a lógica obedecia em primeiro comparar com veículos do mesmo modelo, senão comparar com os do mesmo motor, senão comparar com os da mesma marca e, por fim, à média global da categoria para evitar uma distorção dos dados.

Contudo houve uma situação em que uma categoria não continha nenhuma

informação sobre poluentes, dessa forma, não foi possível obedecer a essa sequência para substituir os valores, por isso os dados faltantes foram substituídos pelos dados da versão do ano seguinte.

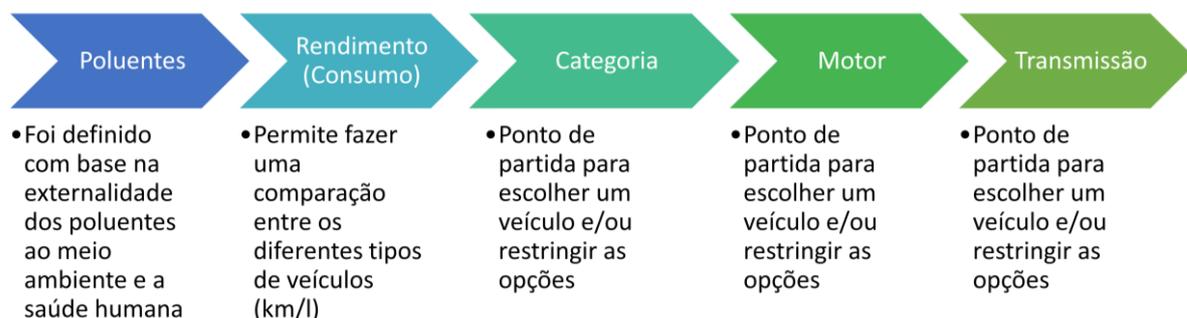
3.4 Definição dos critérios e argumentos

Dado o contexto de promover a escolha de veículos, fica evidente que a forma em que os dados são oferecidos aos consumidores não consegue deixar claro para o consumidor o que ele está comprando. Para contornar essa situação, por meio deste trabalho, buscou desenvolver um modelo conceitual multicritério, o qual permitiu avaliar aspectos ambientais de modelos e versões de veículos, conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor. Um dos resultados, foi a geração de um ranking dos veículos, o qual evidencia as diferenças entre as versões e aqueles com um conjunto de características mais sustentáveis possuem as melhores posições, estimulando a compra deles. Esta análise pode ser utilizada por um consumidor ou gestor de uma frota de veículos leves para auxiliar no processo de escolha, principalmente em função do momento em que há uma preocupação mundial com a mudança climática e o desenvolvimento de uma nova geração de automóveis elétricos.

Para desenvolver o modelo conceitual multicritério que avalie os aspectos ambientais de modelos e versões de veículos, conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor foi necessário definir critérios. Este modelo foi baseado na AHP, pois através dessa ferramenta foi possível avaliar as características dos veículos. Assim, ao gerar um ranking, os veículos que possuem um conjunto de características mais sustentáveis irão ocupar as melhores posições, estimulando a compra deles. Foi percebido que a análise não pode ser baseada em um único critério, pois com apenas um ou dois critérios ocorre uma tendência ao classificar os veículos, o que pode não atender as necessidades do usuário.

Em função disso, ficou estabelecido que os critérios para esta análise são as emissões, o consumo energético, o tipo de veículo, a transmissão e a motorização. Eles foram escolhidos, pois é possível estabelecer uma relação entre eles, definir a importância das relações e seus valores. A Figura 4 mostra quais foram os argumentos adotados para a escolha de cada.

Figura 4. Detalhamento dos critérios



Fonte: Do autor (2023).

A emissão foi escolhida, pois este trabalho pretende promover a sustentabilidade nos veículos, se faz necessário avaliar as emissões, além de dar o destaque para os efeitos nocivos que elas provocam no sistema respiratório humano, embora não se saiba a totalidade dos efeitos dos poluentes na saúde humana. O principal efeito conhecido e comprovado é que elas contribuem para o desenvolvimento de doenças respiratórias. Além disso, outro argumento é o efeito estufa, efeito responsável em provocar o aquecimento da superfície do planeta, pelo bloqueio de parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, dificultando a vida no planeta.

O consumo energético foi escolhido para avaliar o rendimento dos modelos de veículos. Por meio dele, é possível saber o quanto de energia é gasta para mover o veículo em uma distância padrão definida em norma para todos os veículos garantindo, assim, a isonomia no teste. Outro fator que levou à sua escolha, é fato que o valor deste indicador não muda em função do tipo de combustível e trajeto, diferente do que ocorre com o indicador rendimento. Portanto, por meio deste indicador, é possível permitir assim fazer uma comparação entre os diferentes tipos de veículos para indicar qual possui melhor rendimento. O cálculo deste indicador é definido pela a norma NBR 7024, que além de estabelecer como o teste deve ser feito, exige a descrição das informações sobre as versões de veículos. Isso surge para informar ao leitor qual é a potência, o peso e a relação peso e potência dos motores testados, o coeficiente de arrasto aerodinâmico da versão adotada e entre outras informações. Com isso é possível compreender o porquê de diferentes modelos e versões possuam um valor diferente de consumo energético.

A categoria dos veículos foi escolhida como parâmetro, pois normalmente é o ponto de partida para escolher um veículo ou restringir as opções. Esse mesmo argumento se aplica à motorização e às transmissões.

3.5 Organização dos dados

Definidos os critérios e seus argumentos, foi feita uma organização dos dados para estabelecer uma estrutura de análise que esteja de acordo com a metodologia AHP, permitindo assim realizar a análise multicritério e identificar e justificar quais são os principais parâmetros para cada critério. Contudo sabe-se que, ao propor essa nova classificação, ocorreu uma limitação na análise, pois ao simplificar algumas opções desconsideravam as informações técnicas que as caracterizavam. Além disso, buscou definir uma classificação obedecendo argumentos lógicos, contudo, para melhor satisfazer as preferências dos usuários esta ordem ou agrupamento pode ser revisto.

No item 3.4, estabeleceram-se argumentos que justifiquem a escolha de cada critério. Para definir a relação dos critérios, para este trabalho considerou que o critério emissão deveria ser o grupo mais relevante, pois esta análise consiste em promover a escolha de veículos mais sustentáveis. O segundo critério que foi definido mais relevante deveria ser o consumo energético, por se tratar de um parâmetro técnico. E em condição de igualdade os

critérios categoria dos veículos, de motorização e o de transmissões, pois normalmente considerou como o ponto de partida para escolher um veículo ou restringir as opções.

Sobre emissão, foi possível estabelecer a importância de se estudar as emissões. Portanto, como são gerados diversos gases, a opção utilizada para definir os parâmetros dos subcritérios de emissão foi avaliar cada gás gerado individualmente, pois cada um possui efeitos diferentes. Dessa forma, foi possível estabelecer argumentos para definir as relações entre os gases. Como cada gás possui efeitos diferentes, foi estabelecido que a relação deve ser feita com base nas externalidades dos poluentes, em especial sobre os danos e impactos provocados ao meio ambiente e à saúde humana, logo foi definido que o CO é o mais importante, em segundo é o NOx, o terceiro é o NMHC e o último é o CO2.

Como a tabela do PBE fornece uma tabela com as informações quantitativas desse parâmetro, a opção escolhida para qualificar essa informação foi distribuir igualmente essas informações em grupos homogêneos. A opção escolhida para realizar a divisão dos dados foi fazer uso do quartil, um conceito da estatística descritiva. Por meio dele, foi possível definir quatro grupos homogêneos, os quais foram estabelecidos ao indicar a faixa de valores que cada grupo representa, garantindo a rapidez ao classificar as informações e facilitando a sua análise. Para definir a relação dos grupos, foi estabelecido como argumento quanto menores os valores e menos poluir, mais importante é o grupo. Logo, foi definido que o grupo que representa o primeiro quartil é o mais importante, em segundo o grupo que representa o segundo quartil, em terceiro o grupo que representa o terceiro quartil e o por último o grupo que representa o quarto quartil.

Para definir os subcritérios do consumo energético, foi observado que eles são representados por informações quantitativas. Com base nisso, foi utilizado o mesmo conceito para distribuir igualmente essas informações em também quatro grupos homogêneos. Então, para avaliar as relações desse critério, foi estabelecido como principal argumento que quanto menor o valor do consumo energético, maior será a autonomia do veículo, logo, foi definido que o grupo que representa o primeiro quartil era o mais importante, em segundo o grupo que representa o segundo quartil, em terceiro o grupo que representa o terceiro quartil e o por último o grupo que representa o quarto quartil.

A respeito das categorias de veículos, observou-se que há um elevado número delas e são classificadas de acordo com o INMETRO e os parâmetros que as definem são revistos constantemente. Por isso, foi necessário estabelecer uma classificação das categorias em grupos customizáveis, a partir das similaridades entre elas, os quais foram utilizados como subcritério desse parâmetro, como mostra a Tabela 8. Como resultado, foram obtidos cinco grupos que são: pequeno, médio-grande, utilitário, trabalho e luxo. Para classificar as relações dos grupos, foi decidido avaliar a média dos valores do consumo energético desses grupos e o grupo com o menor valor foi considerado o grupo mais importante. Assim, ficou estabelecido que a ordem de importância para este modelo em primeiro foi o grupo Pequeno, em segundo foi o Grupo Utilitário, em terceiro foi o Grupo Médio – Grande, em quarto foi o Grupo Trabalho e em último foi o Grupo Luxo. Caso seja necessário, até para promover um

melhor refinamento da análise, as informações desconsideradas poderão ser utilizadas para promover a criação de um sub-subcritério de categoria e para classificar as relações do sub-subcritério se faz necessário definir como os avaliar e a discussão que esse novo refinamento pode trazer para a análise.

Tabela 8. Tabela com a classificação proposta das categorias

Grupo de veículo	Categorias que a compõe
Pequeno	Micro Compacto, Sub Compacto e Compacto
Médio – Grande	Médio, GRAE, Grande e Extra Grande
Utilitário	Utilitário Esportivo, Utilitário Esportivo Compacto, Utilitário Esportivo Grande, Utilitário Esportivo Compacto 4x4 e Utilitário Esportivo Grande 4x4
Trabalho	Minivan, Comercial, Carga Derivado, Picape Compacta e Picape
Luxo	Fora De Estrada, Fora De Estrada Compacto, Fora De Estrada Grande e Esportivo

Fonte: Do autor (2022).

Sobre transmissões, existem diversos modelos como DCT (Transmissão de dupla embreagem, do inglês *Dual Clutch Transmission*), AUT (abreviação de automática), CVT (Transmissão continuamente variável, do inglês *Continuously Variable Transmission*), eCVT (Transmissão eletrônica continuamente variável, do inglês *Eletronic Continuously Variable Transmission*). Por isso, foi necessário estabelecer uma classificação das transmissões em três subcritérios, que são transmissões: manual, semiautomática e automática. Sobre a classificação dos subcritérios de transmissão, foi definido seguir o mesmo argumento adotado para classificar as relações dos grupos de veículos, logo, a transmissão semiautomática foi a mais importante, a segunda foi a automática e por último foi a manual.

Sobre motores, existem diversos elementos que podem ser utilizados para definir os subcritérios, como o número de cilindradas, o número de válvulas e se o motor possui turbo ou não. Em função disso, para a análise inicial foi avaliado apenas o número de cilindradas para definir uma nova classificação. E também se necessário, para promover um melhor refinamento da análise, as informações desconsideradas poderão ser utilizadas para promover a criação de um sub-subcritério de motores.

Mediante a isso, foram definidos em cinco grupos customizáveis, e o fator que definiu os grupos foram os números de cilindradas. O primeiro grupo foi composto de motores com até 1500 cilindradas, o segundo grupo foi composto de motores entre 1600 a 2000 cilindradas, o terceiro grupo foi composto de motores entre 2100 a 2900 cilindradas, o quarto grupo foi composto de motores a partir de 3000 cilindradas e o quinto grupo foi composto de motores elétricos, onde não houve a distinção entre os diferentes tipos.

Para classificar as relações dos grupos, foi definido seguir o mesmo argumento adotado para classificar as relações dos grupos de veículos. Assim, ficou estabelecido que a ordem de importância para este modelo em primeiro foi o grupo dos carros elétricos, em segundo foi o grupo de até 1500 cilindradas, em terceiro foi o grupo de 1600 até 2000

cilindradas, em quarto foi o grupo de 2100 até 2900 cilindradas e em último foi o grupo com mais de 2900 cilindradas.

Tabela 9. Classificação dos grupos de motores

Grupo dos Motores	Faixa da capacidade dos motores
A	$\leq 1,500\text{cc}$
B	$1,600\text{cc} \geq$ e $\leq 2,000\text{cc}$
C	$2,100\text{cc} \geq$ e $\leq 2,900\text{cc}$
D	$\geq 3,000\text{cc}$
E	Motores elétricos

Fonte: Do autor (2023).

Para definir o peso, a AHP recomenda um especialista sobre o tema, contudo este trabalho não fez uso da figura do especialista para definir o peso dos elementos, pois dessa forma, os valores dos elementos poderão ser revistos a qualquer momento, o que deixa a metodologia dinâmica, ou seja, os pesos serão definidos de acordo com as preferências do usuário para melhor satisfazê-las. E, de tal modo, ao final, a lista gerada estará melhor atendendo as necessidades do usuário, quando comparadas à de um especialista. Em vez disso, então, buscou-se estabelecer perfis para definir o peso.

O APÊNDICE A – Dicionário de Dados das Tabelas, destaca o dicionário de dados das tabelas utilizadas para realizar a análise.

Para classificar informações quantitativas, foi utilizado um conceito da estatística descritiva, o quartil. Através dele foi possível gerar quatro grupos homogêneos das informações quantitativas, promovendo a celeridade ao classificar as informações e facilitando a sua análise. Caso ocorra a necessidade de propor a divisão dos dados para gerar mais grupos homogêneos, basta fazer uso de outros conceitos da estatística descritiva como o percentil e o decil. Dessa forma, se faz possível gerar a lista de classificação dos veículos.

Por meio desse conceito, foi possível chegar a valores, o Q1, Q2 e Q3, e a partir deles, foi possível estabelecer quatro grupos homogêneos. Se o valor for menor ou igual a Q1, será classificado no intervalo 1 (I1), se o valor for maior que Q1 e menor ou igual a Q2, será classificado como intervalo 2 (I2), se o valor for maior que Q2 e menor ou igual a Q3, será classificado como intervalo 3 (I3), se o valor for maior que Q4 será classificado como intervalo 4 (I4). Os valores dos quartis podem ser revistos rapidamente em função da alteração dos dados e consequentemente a sua classificação.

Com o objetivo de difundir toda a análise feita, foi elaborado um recurso chamado de perfil, para representar as mais diversas combinações de preferências dos usuários. A principal consequência desse recurso foi avaliar aspectos ambientais de modelos e versões de veículos,

conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor, sem necessidade de ampla compreensão do tema.

Após definir os parâmetros, organizar os dados para a análise e desenvolver um elemento que represente as preferências dos usuários, a etapa seguinte foi a elaboração de um algoritmo.

4 Construção do Algoritmo AHP em PYTHON

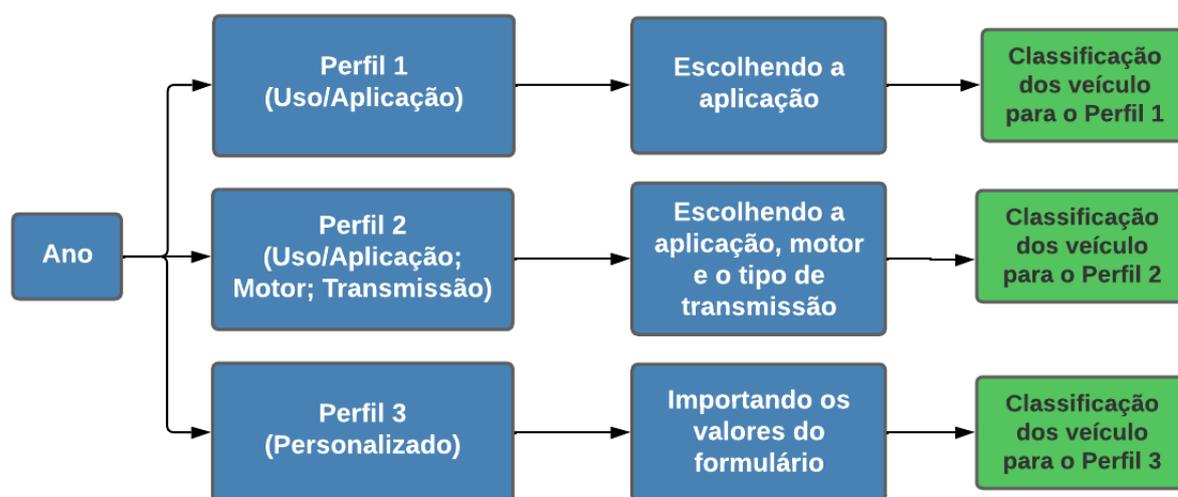
Como este trabalho propõe como uma forma de validação do método foi proposto uma simulação computacional, se faz necessário abordar alguns pontos para compreender o método. A linguagem da simulação computacional escolhida foi a PYTHON, pois ela possui bibliotecas que podem fazer a importação dos valores em forma de tabelas sem gerar danos na análise.

Além disso, a simulação computacional foi desenvolvida respeitando toda a estrutura desenvolvida pela a pesquisa. O item 3.4 informa quais foram os critérios escolhidos e os argumentos que justifiquem a escolha deles. O item 3.5 informa como foi feita a organização dos dados para estabelecer uma estrutura de análise que esteja de acordo com a metodologia AHP, além de identificar e justificar quais são os principais parâmetros para cada critério.

Para desenvolver o algoritmo e difundir a análise feita, foi definido como estratégia que a classificação fosse gerada a partir de poucas entradas e que essas entradas fossem algo essencial para satisfazer as necessidades do usuário, tornando possível gerar uma lista de veículos de acordo com as suas preferências, sem gerar prejuízo da análise técnica.

Em função disso, foram criados três perfis para representar as preferências dos usuários. O primeiro perfil foi desenvolvido para ser utilizado para auxiliar na seleção de veículos com base exclusivamente no seu uso ou aplicação. O segundo perfil foi desenvolvido para ser utilizado para auxiliar na seleção de veículos com base no seu uso ou aplicação, preferência de motor, o tipo de transmissão. O terceiro perfil foi desenvolvido para ser utilizado para auxiliar na seleção de veículos com base em todos os elementos abordados por esta análise. Para auxiliar no desenvolvimento do algoritmo foi construído um diagrama de fluxo para auxiliar na construção algoritmo, como demonstra a Figura 5.

Figura 5. Diagrama de fluxo do usuário



Fonte: Do autor (2023).

4.1 Memória de Cálculo

Para realizar a simulação computacional, foi preciso estabelecer valores de todas as relações e conseqüentemente dos pesos dos parâmetros para realizar a análise, e, ao definir o seu valor, buscou-se respeitar as condições e os argumentos trazidos para validar a análise destacando, assim, uma limitação desta. Caso seja necessário, esses valores podem ser revistos e alterados. Um outro detalhe da simulação, foi adicionado um filtro na análise só para aparecer as opções parâmetros escolhidos, sem gerar prejuízo a análise.

A Tabela 10 mostra a relação entre os critérios, e os elementos que constituem os critérios são as emissões de poluentes, o consumo energético, a categoria, a transmissão e o motor. Os argumentos que justificam a escolha dos critérios foram definidos no item 3.4.

Tabela 10. Composição dos critérios

	Poluentes	Consumo energético	Categoria	Transmissão	Motor
Poluentes	1	2	4	4	4
Consumo energético	0,5	1	2	2	2
Categoria	0,25	0,5	1	1	1
Transmissão	0,25	0,5	1	1	1
Motor	0,25	0,5	1	1	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 11 mostra os valores normalizados da comparação entre os critérios. A Tabela 12 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0 o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0.

Tabela 11. Valores normalizados dos critérios

	Poluentes	Consumo energético	Categoria	Transmissão	Motor
Poluentes	0,4444	0,4444	0,4444	0,4444	0,4444
Consumo energético	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222
Categoria	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
Transmissão	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
Motor	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 12. Vetor de Eigen de cada critério

Vetor de Eigen	Peso
Poluentes	0,4444
Consumo energético	0,2222
Categoria	0,1111
Transmissão	0,1111

Motor	0,1111
-------	--------

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 13 mostra a relação entre os subcritérios dos poluentes, e os elementos que constituem esse subcritério são o CO, o NO_x, o NMHC e o CO₂. Os argumentos que justificam a escolha deste subcritério foram definidos no item 3.5.

Tabela 13. Composição do subcritério poluentes

	CO	NO _x	NMHC	CO ₂
CO	1	3	5	7
NO _x	0,3333	1	2	3
NMHC	0,2	0,5	1	2
CO ₂	0,1429	0,3333	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 14 mostra os valores normalizados da comparação entre os gases que compõem esse subcritério. A Tabela 15 mostra a importância de cada subcritério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 4,0283, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,9, o Índice de Consistência foi de 0,0094 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0105.

Tabela 14. Valores normalizados dos subcritérios de poluentes

	CO	NO _x	NMHC	CO ₂
CO	0,5966	0,6207	0,5882	0,5385
NO _x	0,1989	0,2069	0,2353	0,2308
NMHC	0,1193	0,1034	0,1176	0,1538
CO ₂	0,0852	0,0690	0,0588	0,0769

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 15. Vetor de Eigen de cada subcritério de poluentes

Vetor de Eigen	Peso
CO	0,5860
NO _x	0,2180
NMHC	0,1236
CO ₂	0,0725

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 16 mostra a relação entre os sub-subcritérios de emissões, que foi composto por quatro grupos homogêneos pelos valores dos quartis de cada gás. Os argumentos que justificam a escolha desse formato para os sub-subcritérios foram definidos no item 3.5.

Tabela 16. Composição do sub-subcritério de emissões

	Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4
Intervalo 1	1	2	4	6
Intervalo 2	0,5	1	2	3
Intervalo 3	0,25	0,5	1	2
Intervalo 4	0,1667	0,3333	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 17 mostra os valores normalizados da comparação entre os itens deste sub-subcritérios. A Tabela 18 mostra a importância para cada sub-subcritério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 3,7552, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,9, o Índice de Consistência foi de -0,0816 e a Taxa de Consistência e validação foi de -0,0907.

Tabela 17. Valores normalizados do sub-subcritério de emissões

	Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4
Intervalo 1	0,5217	0,5217	0,5333	0,5000
Intervalo 2	0,2609	0,2609	0,2667	0,2500
Intervalo 3	0,1304	0,1304	0,1333	0,1667
Intervalo 4	0,0870	0,0870	0,0667	0,0833

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 18. Vetor de Eigen de cada sub-subcritério

Vetor de Eigen	Peso
Intervalo 1	0,5192
Intervalo 2	0,2596
Intervalo 3	0,1402
Intervalo 4	0,0810

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 19 mostra a relação entre o subcritério do consumo energético, o qual foi composto por quatro grupos homogêneos pelos valores dos quartis de cada gás. Os argumentos que justificam a escolha desse formato para os subcritérios foram definidos no item 3.5.

Tabela 19. Composição dos subcritérios do consumo

	Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4
Intervalo 1	1	2	4	8
Intervalo 2	0,5	1	2	4
Intervalo 3	0,25	0,5	1	2
Intervalo 4	0,125	0,25	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 20 mostra os valores normalizados da comparação entre os itens deste subcritério. A Tabela 21 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o

número principal de Eigen foi 3,9301, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,9, o Índice de Consistência foi de -0,0233 e a Taxa de Consistência e validação foi de -0,0259.

Tabela 20. Valores normalizados dos subcritérios do consumo

	Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4
Intervalo 1	0,5333	0,5333	0,5333	0,5333
Intervalo 2	0,2667	0,2667	0,2667	0,2667
Intervalo 3	0,1333	0,1333	0,1333	0,1333
Intervalo 4	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 21. Vetor de Eigen do subcritério consumo

Vetor de Eigen	Peso
Intervalo 1	0,5333
Intervalo 2	0,2667
Intervalo 3	0,1333
Intervalo 4	0,0667

Fonte: Do autor (2023).

Sobre os valores do subcritério categoria, foram definidas 5 classificações dos veículos e este critério foi composto por cinco grupos customizáveis. Os argumentos que justificam a escolha desse formato para os subcritérios foram definidos no item 3.5. A Tabela 22 mostra a relação entre do subcritério do tipo de veículo, e o grupo com as relações mais importantes foi o pequeno.

Tabela 22. Composição do subcritério veículos configuração 1

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	1	4	2	5	7
Médio – Grande	0,25	1	0,5	2	3
Utilitário	0,5	2	1	2	2
Trabalho	0,2	0,5	0,5	1	2
Luxo	0,1429	0,3333	0,5	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 23 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o pequeno. A Tabela 24 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,1603, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0401 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0358.

Tabela 23. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 1

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	0,4778	0,5106	0,4444	0,4762	0,4667
Médio – Grande	0,1195	0,1277	0,1111	0,1905	0,2000

Utilitário	0,2389	0,2553	0,2222	0,1905	0,1333
Trabalho	0,0956	0,0638	0,1111	0,0952	0,1333
Luxo	0,0683	0,0426	0,1111	0,0476	0,0667

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 24. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 1

Vetor de Eigen	Peso
Pequeno	0,4752
Médio – Grande	0,1497
Utilitário	0,2081
Trabalho	0,0998
Luxo	0,0672

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 25 mostra a relação entre do subcritério do tipo de veículo, e o grupo com as relações mais importantes foi o Médio-Grande.

Tabela 25. Composição do subcritério veículos configuração 2

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	1	0,5	2	3	4
Médio – Grande	2	1	4	6	8
Utilitário	0,5	0,25	1	2	2
Trabalho	0,3333	0,1667	0,5	1	2
Luxo	0,25	0,125	0,5	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 26 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o médio-grande. A Tabela 27 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0441, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0110 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0098.

Tabela 26. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 2

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	0,2449	0,2449	0,2500	0,2400	0,2353
Médio – Grande	0,4898	0,4898	0,5000	0,4800	0,4706
Utilitário	0,1224	0,1224	0,1250	0,1600	0,1176
Trabalho	0,0816	0,0816	0,0625	0,0800	0,1176
Luxo	0,0612	0,0612	0,0625	0,0400	0,0588

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 27. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 2

Vetor de Eigen	Peso
Pequeno	0,2430

Médio - Grande	0,4860
Utilitário	0,1295
Trabalho	0,0847
Luxo	0,0568

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 28 mostra a relação entre do subcritério do tipo de veículo, e o grupo com as relações mais importantes foi o Utilitário.

Tabela 28. Composição do subcritério veículos configuração 3

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	1	0,5	0,25	0,5	2
Médio – Grande	2	1	0,5	1	3
Utilitário	4	2	1	2	6
Trabalho	2	1	0,5	1	2
Luxo	0,5	0,3333	0,1667	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 29 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Utilitário. A Tabela 30 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0433, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0108 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0097.

Tabela 29. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 3

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	0,1053	0,1034	0,1034	0,1000	0,1429
Médio – Grande	0,2105	0,2069	0,2069	0,2000	0,2143
Utilitário	0,4211	0,4138	0,4138	0,4000	0,4286
Trabalho	0,2105	0,2069	0,2069	0,2000	0,1429
Luxo	0,0526	0,0690	0,0690	0,1000	0,0714

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 30. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 3

Vetor de Eigen	Peso
Pequeno	0,1110
Médio - Grande	0,2077
Utilitário	0,4154
Trabalho	0,1934
Luxo	0,0724

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 31 mostra a relação entre do subcritério do tipo de veículo, e o grupo com as relações mais importantes foi o Trabalho.

Tabela 31. Composição do subcritério veículos configuração 4

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	1	0,5	0,5	0,25	2
Médio – Grande	2	1	1	0,5	4
Utilitário	2	1	1	1	4
Trabalho	4	2	1	1	8
Luxo	0,5	0,25	0,25	0,125	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 32 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Trabalho. A Tabela 33 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0699, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0175 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0156.

Tabela 32. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 4

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	0,1053	0,1053	0,1333	0,0870	0,1053
Médio – Grande	0,2105	0,2105	0,2667	0,1739	0,2105
Utilitário	0,2105	0,2105	0,2667	0,3478	0,2105
Trabalho	0,4211	0,4211	0,2667	0,3478	0,4211
Luxo	0,0526	0,0526	0,0667	0,0435	0,0526

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 33. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 4

Vetor de Eigen	Peso
Pequeno	0,1072
Médio - Grande	0,2144
Utilitário	0,2492
Trabalho	0,3755
Luxo	0,0536

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 34 mostra a relação entre do subcritério do tipo de veículo, e o grupo com as relações mais importantes foi o Luxo.

Tabela 34. Composição do subcritério veículos configuração 5

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	1	0,5	0,5	0,5	0,25
Médio – Grande	2	1	1	1	0,5
Utilitário	2	1	1	1	0,5
Trabalho	2	1	1	1	0,5
Luxo	4	2	2	2	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 35 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Luxo. A Tabela 36 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0000, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0000 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0000.

Tabela 35. Valores normalizados do subcritério veículos configuração 5

	Pequeno	Médio – Grande	Utilitário	Trabalho	Luxo
Pequeno	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
Médio – Grande	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818
Utilitário	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818
Trabalho	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818	0,1818
Luxo	0,3636	0,3636	0,3636	0,3636	0,3636

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 36. Vetor de Eigen do subcritério veículos configuração 5

Vetor de Eigen	Peso
Pequeno	0,0909
Médio - Grande	0,1818
Utilitário	0,1818
Trabalho	0,1818
Luxo	0,3636

Fonte: Do autor (2023).

Sobre os valores do subcritério transmissão, foram definidas 3 classificações das transmissões. Os argumentos que justificam a escolha desse formato para os subcritérios foram definidos no item 3.5. A Tabela 37 mostra a relação entre o subcritério do tipo de transmissão, e o grupo com as relações mais importantes foi o Automático.

Tabela 37. Composição do subcritério transmissão configuração 1

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	1	3	6
Semiautomática	0,3333	1	2
Manual	0,1667	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 38 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Automático. A Tabela 39 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 3,0000, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,58, o Índice de Consistência foi de 0,0000 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0000.

Tabela 38. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 1

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	0,6667	0,6667	0,6667
Semiautomática	0,2222	0,2222	0,2222
Manual	0,1111	0,1111	0,1111

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 39. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 1

Vetor de Eigen	Peso
Automático	0,6667
Semiautomática	0,2222
Manual	0,1111

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 40 mostra a relação entre do subcritério do tipo de transmissão, e o grupo com as relações mais importantes foi a Semiautomática.

Tabela 40. Composição do subcritério transmissão configuração 2

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	1	0,5	3
Semiautomática	2	1	6
Manual	0,3333	0,1667	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 41 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Semiautomático. A Tabela 42 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 3,0000, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,58, o Índice de Consistência foi de 0,0000 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0000.

Tabela 41. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 2

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	0,3000	0,3000	0,3000
Semiautomática	0,6000	0,6000	0,6000
Manual	0,1000	0,1000	0,1000

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 42. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 2

Vetor de Eigen	Peso
Automático	0,3000
Semiautomática	0,6000
Manual	0,1000

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 43 mostra a relação entre do subcritério do tipo de transmissão, e o grupo com as relações mais importantes foi o Manual.

Tabela 43. Composição do subcritério transmissão configuração 3

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	1	0,3333	0,1667
Semiautomática	3	1	0,5
Manual	6	2	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 44 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o Manual. A Tabela 45 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 3,0000, o Índice de Consistência Aleatória foi de 0,58, o Índice de Consistência foi de 0,0000 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0000.

Tabela 44. Valores normalizados do subcritério transmissão configuração 3

	Automático	Semiautomático	Manual
Automático	0,1000	0,1000	0,1000
Semiautomática	0,3000	0,3000	0,3000
Manual	0,6000	0,6000	0,6000

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 45. Vetor de Eigen do subcritério transmissão configuração 3

Vetor de Eigen	Peso
Automático	0,1000
Semiautomática	0,3000
Manual	0,6000

Fonte: Do autor (2023).

Sobre os valores do subcritério categoria, foram definidas 5 classificações dos veículos e esse critério foi composto por cinco grupos customizáveis. Os argumentos que justificam a escolha desse formato para os subcritérios foram definidos no item 3.5. A Tabela 46 mostra a relação entre o subcritério do tipo de motor, e o grupo com as relações mais importantes foi o pequeno.

Tabela 46. Composição do subcritério motor configuração 1

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	1	3	4	2	5
Faixa 2	0,3333	1	2	1	3
Faixa 3	0,25	0,5	1	0,3333	2
Faixa 4	0,5	1	3	1	2
Faixa 5	0,2	0,3333	0,5	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 47 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 1. A Tabela 48 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,1258, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0314 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0281.

Tabela 47. Valores normalizados do subcritério motor configuração 1

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	0,4380	0,5143	0,3810	0,4138	0,3846
Faixa 2	0,1460	0,1714	0,1905	0,2069	0,2308
Faixa 3	0,1095	0,0857	0,0952	0,0690	0,1538
Faixa 4	0,2190	0,1714	0,2857	0,2069	0,1538
Faixa 5	0,0876	0,0571	0,0476	0,1034	0,0769

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 48. Vetor de Eigen de cada do subcritério motor configuração 1

Vetor de Eigen	Peso
Faixa 1	0,4263
Faixa 2	0,1891
Faixa 3	0,1027
Faixa 4	0,2074
Faixa 5	0,0745

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 49 mostra a relação entre do subcritério do tipo do motor, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 2.

Tabela 49. Composição do subcritério motor configuração 2

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	1	0,5	2	1	3
Faixa 2	2	1	3	2	5
Faixa 3	0,5	0,3333	1	0,5	0,5
Faixa 4	1	0,5	2	1	3
Faixa 5	0,3333	0,2	2	0,3333	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 50 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 2. A Tabela 51 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,2054, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0513 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0458.

Tabela 50. Valores normalizados do subcritério motor configuração 2

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	0,2069	0,1974	0,2000	0,2069	0,2400
Faixa 2	0,4138	0,3947	0,3000	0,4138	0,4000
Faixa 3	0,1034	0,1316	0,1000	0,1034	0,0400
Faixa 4	0,2069	0,1974	0,2000	0,2069	0,2400
Faixa 5	0,0690	0,0789	0,2000	0,0690	0,0800

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 51. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 2

Vetor de Eigen	Peso
Faixa 1	0,2102
Faixa 2	0,3845
Faixa 3	0,0957
Faixa 4	0,2102
Faixa 5	0,0994

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 52 mostra a relação entre do subcritério do tipo do motor, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 3.

Tabela 52. Composição do subcritério motor configuração 3

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	1	0,5	0,25	0,5	1
Faixa 2	2	1	0,5	1	2
Faixa 3	3	2	1	2	4
Faixa 4	2	1	0,5	1	2
Faixa 5	1	0,5	0,25	0,5	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 53 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 3. A Tabela 54 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 4,9533, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de -0,0117 e a Taxa de Consistência e validação foi de -0,0104.

Tabela 53. Valores normalizados do subcritério motor configuração 3

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	0,1111	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Faixa 2	0,2222	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Faixa 3	0,3333	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
Faixa 4	0,2222	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Faixa 5	0,1111	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 54. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 3

Vetor de Eigen	Peso
Faixa 1	0,1022
Faixa 2	0,2044
Faixa 3	0,3867
Faixa 4	0,2044
Faixa 5	0,1022

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 55 mostra a relação entre do subcritério do tipo do motor, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 4.

Tabela 55. Composição do subcritério motor configuração 4

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	1	2	3	1	4
Faixa 2	0,5	1	2	0,5	2
Faixa 3	0,3333	0,5	1	0,3333	2
Faixa 4	1	2	3	1	5
Faixa 5	0,25	0,5	0,5	0,2	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 56 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 4. A Tabela 57 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,0398, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0099 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0089.

Tabela 56. Valores normalizados do subcritério motor configuração 4

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	0,3243	0,3333	0,3158	0,3297	0,2857
Faixa 2	0,1622	0,1667	0,2105	0,1648	0,1429
Faixa 3	0,1081	0,0833	0,1053	0,1099	0,1429
Faixa 4	0,3243	0,3333	0,3158	0,3297	0,3571
Faixa 5	0,0811	0,0833	0,0526	0,0659	0,0714

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 57. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 4

Vetor de Eigen	Peso
Faixa 1	0,3178
Faixa 2	0,1694
Faixa 3	0,1099
Faixa 4	0,3321
Faixa 5	0,0709

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 58 mostra a relação entre do subcritério do tipo do motor, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 5.

Tabela 58. Composição do subcritério motor configuração 5

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	1	0,5	0,5	0,3333	0,25
Faixa 2	2	1	1	1	0,5
Faixa 3	2	1	1	1	0,25
Faixa 4	3	2	1	1	0,5
Faixa 5	4	2	4	2	1

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 59 mostra os valores normalizados da comparação entre os subcritérios, e o grupo com as relações mais importantes foi o grupo 5. A Tabela 60 mostra a importância de cada critério para a análise deste trabalho, o número principal de Eigen foi 5,2655, o Índice de Consistência Aleatória foi de 1,12, o Índice de Consistência foi de 0,0664 e a Taxa de Consistência e validação foi de 0,0593.

Tabela 59. Valores normalizados do subcritério motor configuração 5

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Faixa 1	0,0833	0,0769	0,0667	0,0625	0,1000
Faixa 2	0,1667	0,1538	0,1333	0,1875	0,2000
Faixa 3	0,1667	0,1538	0,1333	0,1875	0,1000
Faixa 4	0,2500	0,3077	0,1333	0,1875	0,2000
Faixa 5	0,3333	0,3077	0,5333	0,3750	0,4000

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 60. Vetor de Eigen do subcritério motor configuração 5

Vetor de Eigen	Peso
Faixa 1	0,0779
Faixa 2	0,1683
Faixa 3	0,1483
Faixa 4	0,2157
Faixa 5	0,3899

Fonte: Do autor (2023).

4.2 Configuração dos Perfis

Para realizar a simulação computacional, foi preciso estabelecer as configurações do perfil, para representar as mais diversas combinações de preferências dos usuários, uma vez que os valores adotados para fazer a análise foram no item 4.1. Para isto, foi definido que

alguns valores dos parâmetros são constantes e outros são variáveis, pois a partir de poucas entradas e que essas entradas fossem algo essencial para satisfazer as necessidades do usuário foi possível gerar uma lista de veículos, a qual evidencia as diferenças entre as versões e aqueles com um conjunto de características mais sustentáveis possuem as melhores posições.

Para difundir a análise, foi utilizado um recurso chamado de perfil, para representar as mais diversas combinações de preferências dos usuários. Como forma de avaliar aspectos ambientais de modelos e versões de veículos, conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor, sem necessidade de ampla compreensão do tema foi definido que alguns valores dos parâmetros foram considerados constantes e outras variáveis.

Para o primeiro perfil, somente os valores de sobre as categorias que mudam, como mostra a Tabela 61. Para o segundo perfil, os valores sobre o motor, categoria e transmissão foram os valores estabelecidos que podem mudar para melhor atender as preferências dos usuários, como mostra a Tabela 62. Para o terceiro perfil, todos os valores dos parâmetros foram considerados como variáveis, para tal, foi desenvolvido um modelo de requerimento que deve ser preenchido e importado para fazer a análise. O requerimento necessário para o perfil três possui mecanismos o qual informa se os valores informados podem ser utilizados ou não. A Figura 5 além de mostrar o diagrama de fluxo, informa quais elementos variam. Após isso, foi possível identificar as diferenças entre os perfis através da identificação dos elementos e valores que as compõem.

Tabela 61. Configuração do Perfil 1

Critério	Referência	Tabela adotada para definir valor
Grupo	Tabela 8	Tabela 24
		Tabela 27
		Tabela 30
		Tabela 33
		Tabela 36
Motor	Tabela 9	Tabela 57
Transmissão	Item 3.4	Tabela 42
Consumo energético	Item 3.4	Tabela 21
Poluentes	Item 3.4	Tabela 18
subcritério de poluentes	Item 3.4	Tabela 15
Critério	Item 3.4	Tabela 12

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 62. Configuração do Perfil 2

Critério	Referência	Tabela adotada para definir valor
Grupo	Tabela 8	Tabela 24
		Tabela 27
		Tabela 30
		Tabela 33
		Tabela 36

Motor	Tabela 9	Tabela 48
		Tabela 51
		Tabela 54
		Tabela 57
		Tabela 60
Transmissão	Item 3.4	Tabela 39
		Tabela 42
		Tabela 45
Consumo energético	Item 3.4	Tabela 21
Poluentes	Item 3.4	Tabela 18
subcritério de poluentes	Item 3.4	Tabela 15
Critério	Item 3.4	Tabela 12

Fonte: Do autor (2023).

Diante disso, foi possível validar o método e identificar pontos que podem gerar questionamento, como os valores utilizados para fazer a simulação, os argumentos utilizados e o uso do quartil. Ao final, por meio da memória de cálculo representada pelo o item 4.1 e do recurso Perfil foi possível gerar a lista de classificação dos veículos.

Outro ponto considerado ao definir quais foram os valores dos parâmetros definidos foi escolher a opção mais sustentável definida pelo item 3.4. A melhor configuração para auxiliar na escolha de veículos mais sustentáveis foi a definida pela o perfil 1 e os valores utilizados são representados pela Tabela 61. Contudo não definiu qual pode ser considerado a melhor categoria pois não pode satisfazer as necessidades do usuário, mas de acordo com os argumentos apresentado pelo o item 3.4 a opção o grupo de veículos de mais sustentável seria o grupo pequeno.

5 Resultados e Discussão

Dado o contexto de promover a escolha de veículos, fica evidente que a forma em que os dados são oferecidos aos consumidores não consegue deixar claro para o consumidor o que ele está comprando. Para contornar essa situação, por meio deste trabalho, buscou desenvolver um modelo conceitual multicritério, o qual permitiu avaliar aspectos ambientais de modelos e versões de veículos, conciliando com especificidades técnicas individuais desejadas do consumidor. Um dos resultados, foi a geração de um ranking dos veículos, o qual evidencia as diferenças entre as versões e aqueles com um conjunto de características mais sustentáveis possuem as melhores posições, estimulando a compra deles. Esta análise pode ser utilizada por um consumidor ou gestor de uma frota de veículos leves para auxiliar no processo de escolha, principalmente em função do momento em que há uma preocupação mundial com a mudança climática e o desenvolvimento de uma nova geração de automóveis elétricos.

Entretanto este trabalho possui as limitações de se passar no Brasil, o corte temporal da pesquisa e a simplificação de alguns elementos. Nas próximas seções, são apresentados os resultados obtidos e a discussão da pesquisa.

Além disso, para realizar a simulação computacional foi preciso estabelecer valores de todas as relações e, conseqüentemente, dos pesos dos parâmetros para realizar a análise, e, ao definir o seu valor, buscou-se respeitar as condições para validar a análise, destacando assim uma limitação desta. Os valores utilizados para a análise estão descritos no item 4, entretanto, caso sejam necessários, esses valores podem ser alterados.

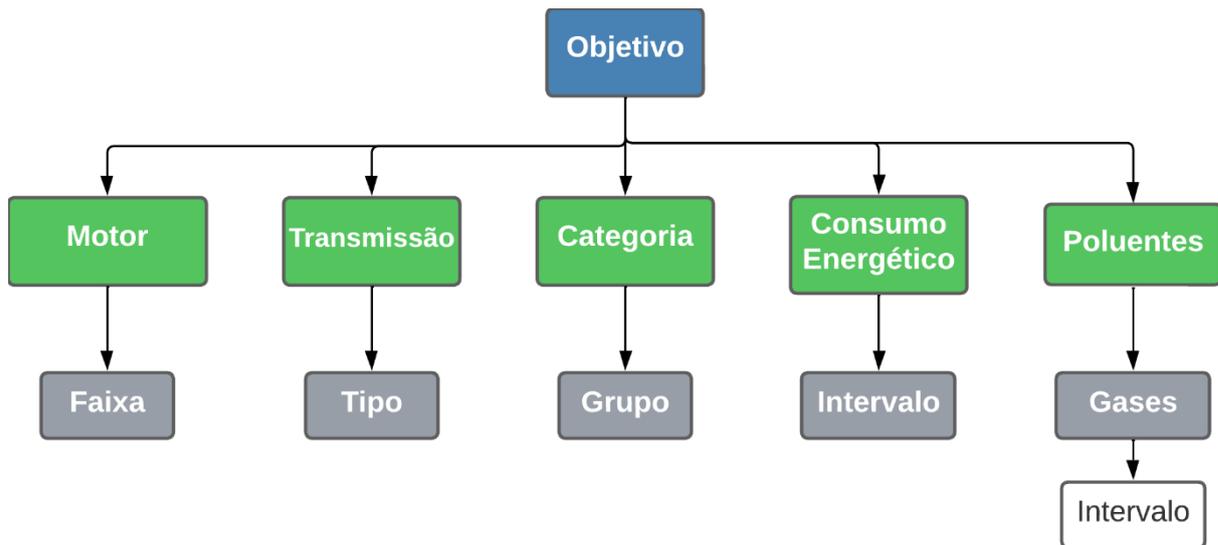
5.1 Resultados Obtidos

Reunidos os dados e as informações sobre o tema e feitas as análises sobre eles, os resultados obtidos deste modelo conceitual foram:

- Hierarquia;
- Tabelas próprias;
- Linguagem Computacional;
- Classificação dos Veículos.

Sobre a hierarquia do problema, como mostra a Figura 6, se estabelece como o tema foi decomposto, demonstrando os parâmetros que a compõem e em que nível se encontra cada item.

Figura 6. Representação Gráfica da Hierarquia



Fonte: Do autor (2023).

Na Figura 6, o Nível 1 (na cor azul) representa o alvo do estudo, o Nível 2 (na cor verde) informa quais foram os critérios desta análise, o Nível 3 (na cor cinza) foram os Subcritérios de cada critério, no Nível 4 (na cor branca) divulga quais foram os Sub-subcritérios do critério de Emissões.

Para ranquear tais critérios e elaborar uma matriz de comparação pareada dos critérios, foi necessário definir valores dos elementos, como descrito no item 4.1. o APÊNDICE B – Matriz de Comparação, quantifica como cada elemento interfere na escolha.

Com relação às tabelas próprias, foram construídas para ajudar o entendimento do tema e realizar a análise. Como a análise teve início nas tabelas fornecidas pela PBE, foi necessário desenvolver um dicionário desta para identificar o que cada campo representa, para compreender quais dados são relevantes para o estudo.

Ao estabelecer a nova classificação e realizar a análise multicritério, foi desenvolvida uma tabela que já classificava os dados de acordo com os argumentos estabelecidos e que foi utilizada como a principal entrada para que a linguagem computacional, escrita em PYTHON, gerasse a classificação.

Ao estipular a opção customizável, foi crucial desenvolver um formulário no formato EXCEL, pois a linguagem PYTHON pode importar os valores em forma de tabelas sem gerar danos na análise. Neste arquivo, o usuário vai informar quais são os valores das importâncias ao comparar as relações dos itens e para indicar que os valores informados são válidos, existem espaços ou indicadores que informam se os valores preenchidos são válidos e o que cada item representa.

Para construir um modelo conceitual para auxiliar na seleção de veículos sustentáveis, foi desenvolvido um algoritmo. A linguagem computacional escolhida do algoritmo foi a PYTHON, pois ela possui bibliotecas que podem fazer a importação dos valores em forma de

tabelas sem gerar danos na análise.

Para desenvolver o arquivo na linguagem PYTHON, foram considerados a estrutura e argumentos que compõem a hierarquia, representada pela Figura 6. Por meio desse arquivo, foi possível descobrir o valor da importância dos itens da matriz de comparação e, como resultado da análise, o programa gerou um novo arquivo EXCEL com as pontuações de cada critério e o somatório desta, permitindo fazer a classificação dos veículos.

Com o arquivo EXCEL gerado, pode-se fazer diversas possíveis considerações delas. O perfil, além de definir o peso das relações, gerou um arquivo que atendia a preferência estabelecida pelo perfil. Para o primeiro perfil, foi gerada uma lista com os tipos de veículos mais adequados para o perfil selecionado. Para o segundo perfil, foi gerada uma lista com as preferências sobre o motor, categoria e transmissão, nesse caso, podem ocorrer cenários em que uma lista gerada não contenha nenhum veículo, por meio disso, foi identificado que no mercado brasileiro não há nenhum veículo com essa configuração. O link para a pasta com as tabelas geradas e o bloco de notas com o código do algoritmo foi o <https://www.dropbox.com/sh/8501hta2de5ekax/AAALJoaVwb50yeZIW-RrfXVEa?dl=0>.

Para demonstrar a contribuição que o modelo conceitual multicritério desenvolvido traz para auxiliar na tomada de decisão e auxiliar na seleção de veículos sustentáveis. Para tal, foram trazidos dois cenários. O primeiro cenário foi para um carro para atender funções administrativas ou prestações de serviço comum e de 2020. O segundo cenário foi para um carro luxuoso de 2020.

Para gerar o ranking dos veículos para o primeiro cenário, foi necessário fazer algumas interações que foram definir o ano, neste caso 2020, o tipo de perfil, neste caso o Perfil 1 e o tipo de veículo, no caso um carro para atender funções administrativas ou prestações de serviço comum. Ao final foi gerado uma lista com 97 carros, onde toda a classificação está definida na Tabela 73 do APÊNDICE C – Lista das classificações.

Ao analisar os resultados e comparar com a classificação fornecida pelo o PBE, foi constatado a existência de diferenças entre as classificações. O motivo disso, foi o fato que a PBE classifica as versões considerando um mesmo parâmetro, no caso consumo energético, em duas condições: a relativa, quando ocorre a comparação dos veículos da mesma categoria e a absoluta, quando comparado ocorre a comparação dos veículos do mesmo ano. Contudo essa comparação classifica em classe, não informando a posição. Já o método proposto além de avaliar vários critérios, ao final traz a posição que cada versão, evidenciando assim as diferenças entre elas. Para ilustrar o que foi falado acima a Tabela 63 e a Tabela 64 foram criadas para mostrar a classificação do Fiat Argo 2020, ele foi escolhido por ser modelo de veículo como muitas versões e demonstrar como as diferenças existentes das versões também interferem na classificação dos veículos.

Tabela 63. Classificação da PBE do Fiat Argo 2020

Versão	Motor	Transmissão	Comparação Relativa	Comparação Absoluta
--------	-------	-------------	---------------------	---------------------

DRIVE (STOP & START)	1.0-6V	M-5	A	A
BÁSICA	1.0-6V	M-5	A	B
DRIVE	1.0-6V	M-5	A	B
DRIVE	1.3-8V	M-5	A	B
DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	M-5	A	B
DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	MTA-5	A	B
DRIVE	1.3-8V	MTA-5	B	B
PRECISION	1.3-16V	A-6	E	C
PRECISION (STOP & START)	1.3-16V	A-6	E	C
HGT	1.3-16V	A-6	E	C
HGT (STOP & START)	1.3-16V	A-6	E	C

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 64. Classificação AHP do Fiat Argo 2020

Versão	Motor	Transmissão	Ranking
DRIVE (STOP & START)	1.0-6V	M-5	8
DRIVE	1.3-8V	M-5	12
DRIVE	1.3-8V	MTA-5	28
	1.0-6V	M-5	31
DRIVE	1.0-6V	M-5	32
DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	M-5	40
DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	MTA-5	54
PRECISION	1.8-16V	A-6	86
HGT	1.8-16V	A-6	87
PRECISION (STOP & START)	1.8-16V	A-6	90
HGT (STOP & START)	1.8-16V	A-6	91

Fonte: Do autor (2023).

Ao final da análise, foi possível por meio do modelo conceitual multicritério desenvolvido indicar qual foi a ordem das versões mais sustentáveis. Para ilustrar que essa análise não é exclusiva de um único modelo de veículo, foi escolhido um outro veículo como muitas versões que atenda ao primeiro cenário. O veículo escolhido foi o Hyundai HB20 2020 e as Tabela 65 e Tabela 66 foram criadas para mostrar a classificação do Hyundai HB20 2020.

Tabela 65. Classificação da PBE do Hyundai HB20 2020

Versão	Motor	Transmissão	Comparação Relativa	Comparação Absoluta
SENSE	1.0-12V	M5	A	B
VISION	1.0-12V	M5	A	B
EVOLUTION	1.0-12V Turbo	A6	B	B
DIAMOND	1.0-12V Turbo	A6	B	B
VISION	1.6-16V	M6	B	B
EVOLUTION	1.6-16V	M6	B	B
VISION	1.616V	A6	C	B
EVOLUTION	1.6-16V	A6	C	B
SPORT	1.0-12V turbo	A6	C	B

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 66. Classificação AHP do Hyundai HB20 2020

Versão	Motor	Transmissão	Ranking
SENSE	1.0-12V	M-5	47
VISION	1.0-12V	M-5	48
DIAMOND	1.0-12V Turbo	A-6	57
VISION	1.6-16V	M-6	64
EVOLUTION	1.6-16V	M-6	65
EVOLUTION	1.0-12V Turbo	A-6	66
SPORT	1.0-12V Turbo	A-6	67
VISION	1.6-16V	A-6	80
EVOLUTION	1.6-16V	A-6	81

Fonte: Do autor (2023).

Para gerar o ranking dos veículos para o segundo cenário, foi necessário fazer algumas interações que foram definir o ano, neste caso 2020, o tipo de perfil, neste caso o Perfil 1 e o tipo de veículo, no caso um carro luxuoso. Ao final foi gerada uma lista com 119 carros, onde toda a classificação está definida na Tabela 74 do APÊNDICE C – Lista das classificações.

Ao analisar os resultados deste cenário as Tabela 67 e Tabela 68 foram criadas para mostrar as diferenças das classificações da Land Rover Ranger Rover 2020, foi escolhido por ser modelo de veículo como muitas versões e demonstrar como as diferenças existentes das versões também interferem na classificação dos veículos. Além disso, por meio do modelo conceitual multicritério desenvolvido indicou qual foi a ordem das versões mais sustentável.

Tabela 67. Classificação da PBE da Ranger Rover 2020

Versão	Comparação Relativa	Comparação Absoluta
HSE	B	D
VOGUE	B	D
AB	D	D
AB LWB	D	D
VOGUE	D	D
VOGUESE	D	D
SC VOGUESE	E	E
SC AB	E	E
SC AB L	E	E
ABLACKL	E	E
V8SC SVAB	E	E
V8SC SWB 525	E	E
SV COUPE	E	E
SC LWB 565	E	E
SC SWB 565	E	E

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 68. Classificação AHP da Ranger Rover 2020

Versão	Ranking
HSE	33
VOGUE	34
AB	42
AB LWB	43
VOGUE	44
VOGUESE	45
SC VOGUESE	56
SC AB	57
SC AB L	58
ABLACKL	59
V8SC SWB 525	68
V8SC SVAB	74
SV COUPE	75
SC LWB 565	76
SC SWB 565	77

Fonte: Do autor (2023).

5.2 Discussão

Por meio deste trabalho foi possível identificar quais foram os principais elementos, determinar as relações entre eles, mediante estimativas e com auxílio da AHP quantificar a importância deles, onde este processo foi demonstrado no item 3.4 e os valores foram demonstrados no item 4.1. Assim, foi estabelecido um modelo conceitual multicritério que auxilia a tomada de decisão no momento da aquisição de veículos considerando um conjunto de critérios pré-estabelecidos. Os resultados sugerem que, por meio de uma lista de classificação de veículos, os consumidores passam a ter informações sobre os modelos e versões de veículos mais sustentáveis. Onde, aqueles com um conjunto de características mais sustentáveis possuem as melhores posições, estimulando assim, a compra deles, mitigando as externalidades e a descarbonização da frota.

Como este trabalho se passa no mercado brasileiro, os veículos são avaliados de acordo com a legislação brasileira, mas com poucos ajustes a metodologia pode ser utilizada em outros mercados, uma vez que os dados analisados dos veículos são informados e divulgados por diversas agências reguladora que garantem a conformidade dos veículos, exceto, pelas categorias de veículos.

Sobre a metodologia desenvolvida, estimula ações para divulgar informações sobre os modelos e versões de veículos mais sustentáveis, pois a partir disso os mais diversos consumidores compreendem como a mudança do modelo ou versão afeta a classificação de veículos, evidenciando as diferenças existentes entre eles. Algo que não foi destacado pela a

PBE, pois nela apenas se avalia o consumo energético dos veículos.

Embora não tenha sido abordado no trabalho, observou que houve avanços tecnológicos dos veículos, como observado pelos os valores das emissões dos veículos ao longo dos anos. Entretanto, não foi identificado o que provocou essa mudança. Durante este trabalho, alguns agentes que podem ter levado a isso e ter contribuído para o desenvolvimento motores mais eficientes e menos poluentes são:

- A mudança da legislação e o rigor para com seus limites;
- Uma preocupação estratégica do mercado interno;
- Influência externa de outros mercados, como o europeu;
- Influência de outros setores, como o da aviação comercial.

6 Considerações Finais

Por meio deste trabalho foi possível desenvolver um modelo estruturado da tomada de decisão multicritério. Este possibilita que o consumidor brasileiro possa escolher veículos com apelo ambiental, mas respeitando as suas preferências. O modelo considerou um conjunto de variáveis, relações entre elas e fatores quantitativos para a construção de perfis de consumidores. Ao final desse processo, o modelo apresenta uma lista com a classificação de modelos e versões de veículos menos poluentes. Outro ponto em que a proposta merece destaque, foi o fato de utilizar de fontes de dados públicas e de fácil acesso, que possibilita que seja possível uma integração online para realizar a análise atualizada e dinâmica.

No Brasil, o PBE é responsável pela a construção e divulgação de tabelas que reúnam as informações técnicas dos veículos, o Selo CONPET avalia o consumo energético relativo à categoria e geral, e a ENCE divulga estes parâmetros. Contudo, não existem indicadores ou classificação nestes programas que evidenciem as diferenças dos parâmetros quantitativos dos modelos e da versão de veículos. Portanto, esta análise propôs como diferencial gerar uma nova classificação das informações quantitativas dos parâmetros das emissões do escapamento e do parâmetro consumo energético, para enfatizar as diferenças dos veículos. Onde através da classificação proposta foi possível dividir essas informações em grupos homogêneos igualmente distribuídos e para cada um dos valores dos parâmetros analisados.

Outro destaque, foi para a organização dos dados, pois através dela foi possível destacar os argumentos utilizados para justificar a escolha dos parâmetros, de seus argumentos e as relações existentes entre eles. Um outro elemento foi a construção de um algoritmo capaz de auxiliar na seleção de veículos sustentáveis, com base no modelo conceitual. A linguagem computacional escolhida do algoritmo foi a PYTHON, pois ela possui bibliotecas que podem fazer a importação dos valores em forma de tabelas sem gerar danos na análise. O APÊNDICE B – Matriz de Comparação, destaca os valores utilizados para gerar uma classificação dos veículos mediante a preferência do usuário. Por meio da lista, foi possível destacar quais são as opções de veículo mais sustentáveis possibilitando promover efeitos para a sociedade como a descarbonização da frota.

Entretanto para refinar a análise foi observado que dois pontos devem ser melhor trabalhados para garantir isso. O primeiro foi demonstrar ao usuário o quanto a mudança nas opções escolhidas pode afetar o valor final da escolha, ou outro ponto foi a adição de dois sub-subcritérios, para abordar em detalhe a questão do motor turbo e para avaliar a faixa de preço dos veículos.

Após refinar o modelo, foi abordado a possibilidade de converter este trabalho em um produto, seja na forma de um programa, aplicativo ou hospedar em um portal, como estratégia para difundir divulgar o modelo desenvolvido, sua análise e seus achados.

Sobre os achados, foi identificado que para promover a ascensão dos veículos mais sustentáveis deve ser revista a forma de comunicação estão sendo divulgados, embora reconheça a existência de programas e normas que avaliem os veículos. Outro ponto seria

estimular ações como dar desconto em IPVA de veículos elétricos, ou afins, a isenção destes tipos de veículos no rodízio de veículos em grandes centros urbanos, considerar a adição deste modelo ou de similares como um critério complementar para a licitação de compra de carros públicos.

Como este modelo desenvolvido promove uma análise, a qual evidencia as diferenças entre as versões de veículos, demonstrado por meio de um ranking dos veículos. Contudo, um outro elemento observado que por meio desta análise é possível avaliar tanto os consumidores quanto as montadoras. Para melhor avaliar as montadoras, recomenda-se fazer uso ou utilizar a metodologia SWOT-AHP para elaborar estratégias para identificar o cenário das montadoras e desenvolver estratégias para reduzir as emissões de GEE e alcançar a neutralidade do carbono das emissões, possibilitando a promoção do ODS 9. Portanto, esta análise é recomendada para atender as necessidades dos consumidores e promover a escolha de veículos mais sustentáveis, auxiliando a atender os ODS 11 e 13.

Por fim, a análise feita dos critérios ressalta as limitações da metodologia, uma vez que foi reduzida a quantidade dos itens e suas particularidades para garantir a construção da análise e de realizar a simulação computacional.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Concluído o presente trabalho, apresentam-se as seguintes propostas de trabalho futuros, que poderiam complementar e aprofundar as conclusões obtidas:

- Para realizar uma análise estratégica sobre as montadoras, recomenda-se fazer da SWOT|AHP para identificar argumentos que justifiquem as estratégias das montadoras aliando as necessidades do usuário com novos cenários, como a transição de novas tecnologias;
- Aprofundar o conhecimento do uso de técnicas de Inteligência Artificial (I.A.) para promover o refinamento no processamento de dados, gerando novas configurações para auxiliar o método e seus critérios na tomada de decisão.

Referências

- AGUIAR, Suzana de Oliveira; ARAÚJO, Rinaldo dos Santos; CAVALCANTE, Francisco Sales Ávila; BERTONCINI, Bruno Vieira; LIMA, Rita Karolinny Chaves de; OLIVEIRA, Mona Lisa Moura. Avaliação das emissões de escapamento veicular em condições específicas do motor: partida e marcha-lenta. **Transportes**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 35-43, 2015.
- AKALIN, M.; TURHAN, G.; SAHIN, A. The application of AHP approach for evaluating location selection elements for retail store: a case of clothing store. **International Journal of Research in Business and Social Science (2147-4478)**, Istanbul, v. 2, n. 4, p. 1-20, 2013.
- ALVES, José Roberto Xavier; ALVES, João Murta. Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). **Production**, São Paulo, v. 25, p. 13-26, 2014.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.
- ARAÚJO, Marley Rosana Melo de; OLIVEIRA, Jonathan Melo de; JESUS, Maísa Santos de; SÁ, Nelma Rezende de; SANTOS, Párbata Araújo Côrtes dos; LIMA, Thiago Cavalcante. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 23, p. 574-582, 2011.
- ARORA, Aakash; NIESE, Nathan; DREYER, Elizabeth; WAAS, Albert; XIE, Alex. **Why electric cars can't come fast enough**. Boston: Boston Consulting Group, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6601**: veículos rodoviários automotores leves: determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono no gás de escapamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7024**: Veículos rodoviários automotores leves - Medição do consumo de combustível - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: IPSIS, 2021. 1320 p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: IPSIS, 2022. 128 p. Disponível em: <https://anfavea.com.br/anuario2022/2022.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- AYYILDIZ, Ertugrul; TASKIN GUMUS, Alev. Pythagorean fuzzy AHP based risk assessment methodology for hazardous material transportation: an application in Istanbul. **Environmental Science and Pollution Research**, Zurich, v. 28, n. 27, p. 35798-35810, 2021.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2018.

- BARLACH, Lisete; MALVEZZI, Sigmar; LIMONGI-FRANÇA, Ana Cristina. O conceito de resiliência aplicado ao trabalho nas organizações. **Revista Interamericana de Psicología**, Austin, v. 42, n. 1, p. 101-112, 2008.
- BOCALON, Guilherme Augusto Da Silva. Eletrificação da frota: A sustentabilidade dos carros elétricos. 14^º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 11^º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 14(2)., 2022, Pouso Alegre. **Anais [...]**. Pouso Alegre: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 2022.
- BRANS, Jean-Pierre; MARESCHAL, B. Multiple criteria decision analysis-state of the art. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Dordrecht, v. 59, n. 5/8, p. 787-803, 2005.
- BRANS, Jean-Pierre; VINCKE, P. Note: a preference ranking organisation method: the promethee method for multiple criteria decision-making. **Management Science**, Linthicum, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.
- BRASIL. Lei nº 8723, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 out. 1993. Seção 1, p. 16313. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm. Acesso em: 10 fev. 2023.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 mar. 2002. Seção 1, p. 86-88.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 433, de 13 de julho de 2011. Dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 134, p. 69, 14 jul. 2011.
- BRASIL. Ministério da Economia. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. [Brasília, DF: INMET], 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Efeito estufa e aquecimento global**. Brasília, DF: MMA, 2022a.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes atmosféricos**. Brasília, DF: MMA, 2022b.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jun. 1986. Seção 1, p. 8792-8795.
- BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento-UPA 24 h. **Gestão & Produção**, v. 22, p. 805-819, 2015.

- BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our common future**: report of the World Commission on Environment and Development. 1987. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/50043161/Our-Common-Future-Report-of-the-World-Commission-on-Environment-and-Development?utm_medium=cpc&utm_source=google_pmax&utm_campaign=3Q_Google_Performance-Max_RoW&utm_term=&utm_device=c&gclid=CjwKCAjw8-OhBhB5EiwADyoY1c98DqJvufIRxUKqihaepR7VFbD5eu6Ckr-wU6Op5Xj8SN7vA4-1RRoCNTsQAvD_BwE#. Acesso em: 10 jan. 2023.
- CARAVANTES, Geraldo R.; PANNO, Cláudia C.; KLOECKNER, Mônica C. **Administração**: teorias e processo. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CARMO, Cleber Nascimento do; HACON, Sandra; LONGO, Karla Maria; FREITAS, Saulo; IGNOTTI, Eliane; LEON, Antonio Ponce de; ARTAXO, Paulo. Association between particulate matter from biomass burning and respiratory diseases in the southern region of the Brazilian Amazon. **Revista Panamericana de Salud Publica**, Washington, DC, v. 27, n. 1, p. 10-16, 2010.
- CARVALHO, Giselle Silva de; MINGOTI, Sueli Aparecida. **Manual do usuário**: programas para realização da análise hierárquica. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- CHOMSKY, Noam; POLLIN, Robert. **Climate crisis and the global green new deal**: the political economy of saving the planet. New York: Verso Books, 2020.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2017**. São Paulo: Cetesb, 2018.
- CONPET. **Programa brasileiro de etiquetagem veicular**. [Brasília, DF: CONPET], 2016. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2016.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.
- CORREIA, Ana Margarida; COSTA, Cristiana; GONÇALVES, Dalila; HENRIQUES, Gonçalo; CORREIA, C.; ALMEIDA, Susana Marta. Estudo da exposição da população a poluentes do ar nos transportes em ambiente urbano: artigo de revisão. **Saúde & Tecnologia**, Lisboa, v. 25, p. 38-47, 2021.
- DANGETI, Pratap. **Statistics for machine learning**. Mumbai: Packt, 2017.
- ELKINGTON, John. Governance for sustainability. **Corporate Governance**: an international review, v. 14, n. 6, p. 522-529, 2006.
- ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLERNETO, Gilberto; NORONHA, Sandro MacDonald. **Apoio à decisão**: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.
- FENTON, Paul. Sustainable mobility in the low carbon city: digging up the highway in Odense, Denmark. **Sustainable Cities and Society**, Montréal, v. 29, p. 203-210, 2017.

- FREITAS, Adriana de Marques; SOLCI, Maria Cristina. Caracterização do MP10 e MP2, 5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de londrina. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, p. 1750-1754, 2009.
- GONDAR, Yuri; CARMO, Pablo L. B. do; SANTOS, Marcos dos. Apoio à decisão multicritério no micro empreendedorismo: aplicação dos métodos AHP, AHP-Express e BWM na ordenação de novos empreendimentos. *In*: CONGRESSO ONLINE NACIONAL DE MATEMÁTICA, 2., 2021. **Anais [...]**. CONMAT, 2021. Disponível em: <https://cdn.congresse.me/ohwl8kcdug9kyapfn9sfq5thb9rt>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- GOUVEIA, Nelson; FREITAS, Clarice Umbelino de; MARTINS, Lourdes Conceição; MARCILIO, Izabel Oliva. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, São Paulo, v. 22, p. 2669-2677, 2006.
- HERMOGENES, Lucas Ramon dos Santos; SANTOS, Marcos dos; TEIXEIRA, Luiz Frederico. Proposta e implementação de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para avaliação de layouts: estruturação e modelagem matemática a partir do método AHP. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2020.
- HURLIMANN, Anna C.; MOOSAVI, Sareh; BROWNE, Geoffrey R. Climate change transformation: a definition and typology to guide decision making in urban environments. **Sustainable Cities and Society**, Montréal, v. 70, p. 102890, 2021.
- INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Plataforma da qualidade do ar**. Disponível em: <http://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- IRFAN, Muhammad; ELAVARASAN, Rajvikram Madurai; AHMAD, Munir; MOHSIN, Muhammad; DAGAR, Vishal; HAO, Yu. Prioritizing and overcoming biomass energy barriers: application of AHP and G-TOPSIS approaches. **Technological Forecasting and Social Change**, Glasgow, v. 177, p. 121524, 2022.
- JAPIASSÚ, Carlos Eduardo; GUERRA, Isabella Franco. 30 anos do relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 1884-1901, 2017.
- KAZANCOGLU, Yigit; OZBILTEKIN-PALA, Melisa; OZKAN-OZEN, Yesim Deniz. Prediction and evaluation of greenhouse gas emissions for sustainable road transport within Europe. **Sustainable Cities and Society**, Montréal, v. 70, p. 102924, 2021.
- KELLEHER, John D.; TIERNEY, Brendan. **Data science**. Cambridge: MIT Press, 2018.
- KÜNZLI, Nino; JERRETT, Michael; GARCIA-ESTEBAN, Raquel; BASAGAÑA, Xavier; BECKERMANN, Bernardo; GILLILAND, Frank; MEDINA, Merce; PETERS, John; HODIS, Howard N.; MACK, Wendy J. Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. **PloSOne**, San Francisco, v. 5, n. 2, p. e9096, 2010.

- LEAL, José Eugenio. AHP-express: a simplified version of the analytical hierarchy process method. **MethodsX**, Lyngby, v. 7, p. 100748, 2020.
- LEE, Youhyun; KIM, Young Jin; LEE, Min Chul. Improving public acceptance of H2 stations: SWOT-AHP analysis of South Korea. **International Journal of Hydrogen Energy**, Oxford, v. 46, n. 34, p. 17597-17607, 2021.
- LEITE, Igor Michel Santos; FREITAS, Felipe Fonseca Tavares. Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério à decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEÉ. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Enegep, 2012.
- MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 41., 2009, Porto Seguro. **Anais [...]**. Porto Seguro: SBPO, 2009. p. 49.
- MENA, Rafael M.; SANTOS, Milana L.; SAIDEL, Marco A. Análise de veículos elétricos a bateria no Brasil: uma abordagem SWOT. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 1., 2020, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: SBSE, 2020.
- NEVES, Roberta Braga; PEREIRA, Valdecy; COSTA, Helder Gomes. The adoption of Multicriteria Decision Aid (MCDA) methods in the management and planning of the petroleum and gas industry: a bibliographical study. **Production**, São Paulo, v. 25, p. 43-53, 2013.
- PARTOVI, Fariborz Y. An analytic model for locating facilities strategically. **Omega**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 41-55, 2006.
- PORTUGAL, L. da Silva; MORGADO, A. V.; LIMA JÚNIOR, O. Location of cargo terminals in metropolitan areas of developing countries: the Brazilian case. **Journal of Transport Geography**, London, v. 19, n. 4, p. 900-910, 2011.
- POSADA, Francisco; CHAMBLISS, Sarah; BLUMBERG, Kate. **Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles**. 2016. Disponível em: <https://theicct.org/publication/costs-of-emission-reduction-technologies-for-heavy-duty-diesel-vehicles/>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- REIS, Silvio Rodrigo dos; SILVA, Elaine Aparecida da. Motores elétricos flex a etanol: uma nova era no setor automotivo mundial. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, Valinhos, v. 12, n. 12, p. 45-48, 2017.
- RODRIGUEZ, Dey Salvador Sanchez; COSTA, Helder Gomes; CARMO, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, p. 134-146, 2013.
- ROY, Bernard. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Berlin: Springer Science & Business Media, 1996.

- SAATY, Roseanna W. The analytic hierarchy process: what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, New York, v. 9, n. 3/5, p. 161-176, 1987.
- SAATY, Thomas L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales**: serie A. Matematicas, Madrid, v. 102, n. 2, p. 251-318, 2008.
- SAATY, Thomas L. **Theory and applications of the analytic network process**: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. Pittsburgh: RWS, 2005.
- SANTOS, Reinaldo Fagundes dos; VIAGI, Arcione Ferreira. Uso do método AHP (Analytic Hierarchy Process) para otimizar a cadeia de suprimentos durante o desenvolvimento integrado de produtos. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL INDUSTRIAL, 42., 2009, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: Editora UFSM, 2009. p. 1-12.
- SCHMIDT, Angela Maria Atherino. **Processo de apoio à tomada de decisão abordagens: AHP e Macbeth**. 1995. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- SILVA, Enid Rocha Andrade da (Coord.). **Agenda 2030**: ODS-metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: IPEA, 2018.
- VARGAS, Ricardo Viana. **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. Washington, DC: PMI, 2010.
- VISWANADHAM, Nukala; KAMESHWARAN, Sampath. A decision framework for location selection in global supply chains. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 2007, New York. **Proceedings [...]**. New York: IEEE, 2007. p. 704-709.
- WU, Cheng-Ru; LIN, Chin-Tsai; CHEN, Huang-Chu. Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. **Building and Environment**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 1431-1444, 2007.
- YANG, Jiaqin; LEE, Huei. An AHP decision model for facility location selection. **Facilities**, Bingley, v. 15, n. 9/10, p. 241-254, 1997.
- YU, Jie; LIU, Yue; CHANG, Gang-Len; MA, Wanjing; YANG, Xiaoguang. Locating urban transit hubs: multicriteria model and case study in China. **Journal of Transportation Engineering**, Reston, v. 137, n. 12, p. 944-952, 2011.

ANEXO A – Matriz SWOT Dos Veículos Elétricos A Bateria

Para avaliar as incertezas acerca de uma eventual transição para energética, foi construída uma Matriz SWOT, como mostra a Tabela 69.

Tabela 69. Matriz SWOT dos Veículos Elétricos a Bateria

	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	<p>Análise das forças</p> <p>Baixo custo por km percorrido;</p> <p>Baixa complexidade do sistema motoriz;</p> <p>Comodidade na recarga;</p> <p>Funcionamento silencioso;</p> <p>Não emissão direta de poluentes;</p> <p>Reduzida emissão de gases do efeito estufa;</p>	<p>Análise das fraquezas</p> <p>Alto custo para aquisição do veículo;</p> <p>Longo tempo para recarga;</p> <p>Alto custo de manutenção com baterias;</p> <p>Baixa autonomia devido ao custo das baterias;</p> <p>Baixa autonomia devida às características de volume e peso das baterias;</p> <p>Performance prejudicada em clima de frio intenso;</p> <p>Performance prejudicada em clima de calor intenso;</p> <p>Falta de infraestrutura pública de recarga;</p> <p>Falta de infraestrutura privada de recarga;</p> <p>Falta de infraestrutura especializada em VEBs;</p> <p>Prioridade aos biocombustíveis;</p> <p>Prioridade à indústria petroléira.</p>
Fatores Externos	<p>Análise das Oportunidades</p> <p>Geração de novos negócios;</p> <p>Perspectivas de redução no custo de baterias;</p> <p>Perspectivas de melhora na densidade de energia e densidade de potência de baterias;</p> <p>Perspectivas de aumento da infraestrutura pública de recarga rápida;</p> <p>Desenvolvimento de serviços de troca de baterias;</p> <p>Desenvolvimento da tecnologia de recarga em movimento (sem cabos);</p> <p>Aumento do preço dos combustíveis utilizados em MCI;</p> <p>Desenvolvimento de Smart Grids;</p> <p>Endurecimento de legislações ambientais que promovam a redução de emissões.</p>	<p>Análise das Ameaças</p> <p>Trancamento tecnológico do motor de combustão interna;</p> <p>Possível preferência dos consumidores por veículos híbridos;</p> <p>Possível redução do preço dos combustíveis utilizados em MCIs;</p> <p>Possível aumento do preço da tarifa de energia elétrica;</p> <p>Possível melhoria na tecnologia dos motores de combustão interna;</p> <p>Problemas de segurança devido às baterias.</p>

Fonte: Adaptado de Mena, Santos e Saidel (2021).

APÊNDICE A – Dicionário de Dados das Tabelas

As tabelas fornecidas pelo o PBE, possuem diversos campos, os quais contém as informações relevantes para entender o trabalho desenvolvido.

No campo **ano** é uma variável numérica, a qual d escreve o ano do veículo;

No campo **categoria** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a categoria do veículo.

No campo **marca** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a montadora do veículo.

No campo **modelo** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve o modelo do veículo.

No campo **versão** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a versão do veículo.

No campo **motor** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a motorização do veículo, com relação a cilindradas e o número de válvulas.

No campo **transmissão** é uma variável categórica, a qual descreve a transmissão do veículo, se é automático ou manual e a quantidade de marchas. Onde M representa a transmissão manual, a representa a transmissão automática (A), DCT representa a transmissão automática dupla embreagem, MTA representa a transmissão automatizada e CVT representa a transmissão contínua.

No campo **ar-condicionado** é uma variável categórica, a qual descreve se o veículo possui ou não ar-condicionado. Onde o S representa que o veículo possuir ar-condicionado e o N representa que o veículo não possuir ar-condicionado.

No campo **direção assistida** é uma variável categórica, a qual descreve o tipo de direção que o veículo. Onde o H representa a direção hidráulica, o M representa a direção, o M representa a direção mecânica, o E representa a direção elétrica e o E-C representa a direção eletro-hidráulica.

No campo **combustível** é uma variável categórica, a qual descreve o tipo de combustível para o abastecimento do veículo. Onde o E representa o motor elétrico, o G representa o motor a gasolina, o F representa o motor flex e D representa o motor a diesel.

No campo **emissões** é uma variável categórica e numérica, a qual descreve quais são as emissões geradas. Ela possui dois subgrupos, poluentes e gases de efeitos estufa. Ela é categórica pois o PBE faz uma classificação onde a A representa que as emissões estão abaixo de 60 % do limite, a B representa que as emissões estão entre 60% e 80% do limite e a C representa que as emissões estão entre 80% e o limite. Ela é numérica pois informar a quantidade em gramas das emissões é produzido lançado a cada quilômetro.

No campo **rendimento** é uma variável numérica, a qual descreve o valor de quantos

quilômetros o veículo é capaz de fazer em um litro. Além disso, esse campo é dividido de acordo com o tipo de combustível e dentro desse parâmetro se é na cidade ou na estrada.

No campo **consumo energético** é uma variável numérica, a qual descreve a quantidade de energia necessária para mover o carro por 1 km.

No campo **classificação PBE** é uma variável categórica, a qual descreve a classificação dos veículos em relação ao consumo energético. Onde é dividido em 5 categorias, onde a A é a de menor consumo energético e a E é a de maior consumo energético. Possui dois subgrupos: Comparação Relativa na categoria e Comparação absoluta.

Ao final do modelo proposto é gerada uma tabela com diversos campos, os quais contém as informações relevantes para entender o trabalho desenvolvido.

No campo **ano** é uma variável numérica, a qual descreve o ano do veículo;

No campo **marca** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a montadora do veículo.

No campo **modelo** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve o modelo do veículo.

No campo **versão** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a versão do veículo.

No campo **grupo** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve o grupo em que cada categoria do veículo definida pela PBE foi classificada.

No campo **motor** é uma variável categórica, a qual descreve a motorização do veículo, com relação a cilindradas.

No campo **Quartil do NMHC** é uma variável categórica, a qual indica em qual quartil as emissões de NMHC foram classificadas.

No campo **Quartil CO** é uma variável categórica, a qual indica em qual quartil as emissões de CO foram classificadas.

No campo **Quartil Nox** é uma variável categórica, a qual descreve indica em qual quartil as emissões de NOx foram classificadas.

No campo **Quartil CO₂** é uma variável categórica, a qual indica em qual quartil as emissões de CO₂ foram classificadas.

No campo **Quartil Consumo Energético** é uma variável categórica, a qual indica em qual quartil o consumo energético foi classificado.

No campo **ScoreG** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do grupo de veículos que o veículo faz parte, a Tabela 8 mostra a classificação dos grupos de veículos.

No campo **ScoreM** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do grupo de motores que o veículo faz parte, a Tabela 9 mostra a classificação dos motores.

No campo **ScoreT** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação da transmissão dos veículos. Onde os tipos de transmissão são automáticos, manual e semiautomática.

No campo **ScoreQNM** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do quartis dos hidrocarbonetos gerados pelo o motor.

No campo **ScoreQC** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do quartis dos monóxidos de carbono gerados pelo o motor.

No campo **ScoreQNO** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do quartis dos óxidos de Nitrogênio gerados pelo o motor.

No campo **ScoreQC2** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do quartis dos dióxidos de carbono gerados pelo o motor.

No campo **ScoreCE** é uma variável numérica, a qual descreve a pontuação do quartis do consumo energético do motor.

No campo **ScoreF** é uma variável numérica, a qual descreve o somatório da pontuação dos critérios da versão de veículo.

No campo **Motor descrição** é uma variável categórica/nominal, a qual descreve a motorização do veículo, com relação a cilindradas e o número de válvulas.

No campo **Transmissão descrição** é uma variável categórica, a qual descreve a transmissão do veículo, se é automático, semiautomático ou manual e a quantidade de marchas

APÊNDICE B – Matriz de Comparação Pareada dos critérios

Através dessa matriz foi possível identificar qual item possui maior importância para o problema, como mostra a Tabela 70. Para obter essa classificação, foi escolhido como configuração do subcritério categoria a opção em que se destaca o grupo pequeno, para a configuração do subcritério transmissão foi escolhido a opção em que se destaca o grupo semiautomático e para a configuração do subcritério motor foi escolhido a opção em que se destaca o grupo 4. Os motivos que justificam as escolhas estão no item 3.5.

Tabela 70. Matriz de comparação pareada dos critérios

Critério (Peso)	Subcritério (Peso)	Sub-subcritério	Peso do sub-subcritério	Peso Final	Classificação
Poluentes (0,4444)	CO (0,5860)	Intervalo 1	0,5192	0,1352	1
		Intervalo 2	0,2596	0,0676	3
		Intervalo 3	0,1402	0,0365	8
		Intervalo 4	0,0810	0,0211	16
	NOx (0,2180)	Intervalo 1	0,5192	0,0503	7
		Intervalo 2	0,2596	0,0251	14
		Intervalo 3	0,1402	0,0136	22
		Intervalo 4	0,0810	0,0078	28
	NMHC (0,1236)	Intervalo 1	0,5192	0,0285	13
		Intervalo 2	0,2596	0,0143	21
		Intervalo 3	0,1402	0,0077	29
		Intervalo 4	0,0810	0,0044	32
	CO2 (0,0725)	Intervalo 1	0,5192	0,0167	18
		Intervalo 2	0,2596	0,0084	27
		Intervalo 3	0,1402	0,0045	31
		Intervalo 4	0,0810	0,0026	33
Consumo energético (0,2222)	Intervalo 1 (0,5333)			0,1185	2
	Intervalo 2 (0,2667)			0,0593	5
	Intervalo 3 (0,1333)			0,0296	12
	Intervalo 4 (0,0667)			0,0148	20
Transmissão (0,1111)	Automática (0,3000)			0,0528	6
	Semiautomática (0,6000)			0,0166	19
	Manual (0,1000)			0,0231	15
Categoria (0,1111)	Pequeno (0,4752)			0,0111	25
	Médio – Grande (0,1497)			0,0075	30
	Utilitário (0,2081)			0,0333	11
	Trabalho (0,0998)			0,0667	4
	Luxo (0,0672)			0,0111	24
Motor (0,1111)	Faixa 1 (0,3121)			0,0347	10
	Faixa 2 (0,1714)			0,0190	17
	Faixa 3 (0,1049)			0,0117	23
	Faixa 4 (0,0846)			0,0094	26
	Faixa 5 (0,3271)			0,0363	9

Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE C – Lista das classificações

Para gerar uma lista com as opções ao consumidor de escolher veículos com base em critérios mais voltados para as questões climáticas, o item 4 definiu valores para cada critério, entretanto, para não renunciar às especificidades desejadas foram desenvolvidos perfis. No primeiro perfil, as variáveis são os valores de cada grupo e as demais são constantes. No segundo perfil, as variáveis são os valores sobre o motor, categoria e transmissão, para este cenário, a depender da opção escolhida vai ser preenchida por valores pré-definidos e que melhor atenda a sua preferência. No terceiro perfil, por ser uma opção customizável, todos os valores dos parâmetros são variáveis, para tal, foi desenvolvido um modelo de requerimento que deve ser importado e preenchido, o qual informa se os valores são válidos ou não.

No Primeiro Cenário, foi escolhido o perfil 1, a variável que o usuário pode escolher só diz respeito ao tipo de categoria do veículo definida, a qual já foi definida pela a Tabela 8, esse e os demais itens desse perfil é representado pela a Tabela 71.

Tabela 71. Configuração do Primeiro Cenário

Critério	Referência	Opção escolhida	Tabela adotada para definir valor
Grupo	Tabela 8	Pequeno	Tabela 24
		Médio – Grande	Tabela 27
		Utilitário	Tabela 30
		Trabalho	Tabela 33
		Luxo	Tabela 36
Motor	Tabela 9	–	Tabela 60
Transmissão	Item 3.4	–	Tabela 42
Consumo energético	Item 3.4	–	Tabela 21
Poluentes	Item 3.4	–	Tabela 18
subcritério de poluentes	Item 3.4	–	Tabela 15
Critério	Item 3.4	–	Tabela 12

Fonte: Do autor (2023).

No Segundo Cenário, foi escolhido o perfil 1, a variável que o usuário pode escolher só diz respeito ao tipo de categoria do veículo definida, a qual já foi definida pela a Tabela 8, esse e os demais itens desse perfil é representado pela a Tabela 72.

Tabela 72. Configuração do Segundo Cenário

Critério	Referência	Opção escolhida	Tabela adotada para definir valor
Grupo	Tabela 8	Pequeno	Tabela 24
		Médio – Grande	Tabela 27
		Utilitário	Tabela 30
		Trabalho	Tabela 33
		Luxo	Tabela 36
Motor	Tabela 9	–	Tabela 60
Transmissão	Item 3.4	–	Tabela 42
Consumo energético	Item 3.4	–	Tabela 21

Poluentes	Item 3.4	–	Tabela 18
subcritério de poluentes	Item 3.4	–	Tabela 15
Critério	Item 3.4	–	Tabela 12

Fonte: Do autor (2023).

Para a escolha de carros do ano de 2020, foram obtidas as Tabela 73 e Tabela 74. Para essa simulação, além do ano já definido, para o primeiro cenário 1 foi escolhido a opção para um carro para as funções administrativas e ou prestações de serviço comum ou grupo pequeno, e para o segundo cenário foi escolhido a opção de um carro luxuoso.

Tabela 73. Lista com classificação dos veículos do Primeiro Cenário

Ranking	Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Pontuação
1	RENAULT	TWIZY	INTENSE	Elétrico	A	0,4448
2	HONDA	FIT	DX	1.5-16V	M-5	0,3898
3	HONDA	FIT	LX	1.5-16V	M-5	0,3898
4	VW	UP!	MPI	1.0-12V	M-5	0,3693
5	VW	UP! TSI	XTREME 170TSI	1.0-12V	M-5	0,3693
6	RENAULT	SANDERO	AUTHENTIQUE	1.0-12V	M-5	0,3693
7	RENAULT	SANDERO	EXPRESSION	1.0-12V	M-5	0,3693
8	FIAT	ARGO	DRIVE (STOP & START)	1.0-6V	M-5	0,3537
9	FIAT	MOBI	WAY	1.0-8V	M-5	0,3472
10	FIAT	NOVO UNO	DRIVE	1.0-6V	M-5	0,3472
11	FIAT	NOVO UNO	WAY	1.0-6V	M-5	0,3472
12	FIAT	ARGO	DRIVE	1.3-8V	M-5	0,3472
13	NISSAN	NEW MARCH	CONFORTO	1.0-12V	M-5	0,3468
14	NISSAN	NEW MARCH	S	1.0-12V	M-5	0,3468
15	NISSAN	NEW MARCH	SV	1.0-12V	M-5	0,3468
16	CAOA CHERY	NEW QQ	LOOK	1.0-12V	M-5	0,3439
17	CAOA CHERY	NEW QQ	LOOK PLUS	1.0-12V	M-5	0,3439
18	CAOA CHERY	NEW QQ	SMILE	1.0-12V	M-5	0,3439
19	CAOA CHERY	NEW QQ	SMILE PLUS	1.0-12V	M-5	0,3439
20	CAOA CHERY	NEW QQ	ACT	1.0-12V	M-5	0,3439
21	CAOA CHERY	NEW QQ	ACT PLUS	1.0-12V	M-5	0,3439
22	FORD	KA HATCH	SE	1.5-12V	M-5	0,3439
23	FORD	KA HATCH	SE PLUS	1.5-12V	M-5	0,3439
24	PEUGEOT	208	ACTIVE PACK	1.2-12V	M-5	0,3439
25	PEUGEOT	208	ACTIVE	1.2-12V	M-5	0,3439
26	PEUGEOT	208	ALLURE	1.2-12V	M-5	0,3439
27	CITROEN	C3		1.2-12V	M-5	0,3439
28	FIAT	ARGO	DRIVE	1.3-8V	MTA-5	0,3417
29	FIAT	MOBI	DRIVE	1.0-6V	M-5	0,3414
30	VW	UP! TSI	CONNECT 170TSI	1.0-12V	M-5	0,3414
31	FIAT	ARGO		1.0-6V	M-5	0,3414
32	FIAT	ARGO	DRIVE	1.0-6V	M-5	0,3414
33	VW	GOL	(RODA ARO 14)	1.0-12V	M-5	0,3414
34	VW	GOL	(RODA ARO 15)	1.0-12V	M-5	0,3414

35	HONDA	FIT	DX	1.5-16V	CVT	0,3392
36	HONDA	FIT	LX	1.5-16V	CVT	0,3392
37	HONDA	FIT	EX	1.5-16V	CVT	0,3392
38	HONDA	FIT	EXL	1.5-16V	CVT	0,3392
39	HONDA	FIT	PERSONAL	1.5-16V	CVT	0,3392
40	FIAT	ARGO	DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	M-5	0,3383
41	FIAT	MOBI	EASY	1.0-8V	M-5	0,3317
42	NISSAN	NEW MARCH	S	1.6-16V	M-5	0,3312
43	NISSAN	NEW MARCH	SV	1.6-16V	M-5	0,3312
44	NISSAN	NEW MARCH	SL	1.6-16V	M-5	0,3312
45	FIAT	MOBI	LIKE	1.0-8V	M-5	0,3285
46	FIAT	MOBI	EASY	1.0-8V	M-5	0,3285
47	HYUNDAI	HB20	SENSE	1.0-12V	M-5	0,3285
48	HYUNDAI	HB20	VISION	1.0-12V	M-5	0,3285
49	FIAT	MOBI	DRIVE GSR	1.0-8V	M-5	0,3260
50	FORD	KA HATCH	S	1.0-12V	M-5	0,3260
51	FORD	KA HATCH	SE	1.0-12V	M-5	0,3260
52	FORD	KA HATCH	SE PLUS	1.0-12V	M-5	0,3260
53	FORD	KA HATCH	FREESTYLE	1.0-12V	M-5	0,3260
54	FIAT	ARGO	DRIVE (STOP & START)	1.3-8V	MTA-5	0,3138
55	RENAULT	SANDERO	DYNAMIQUE	1.6-16V	M-5	0,3071
56	RENAULT	SANDERO	EXPRESSION	1.6-16V	M-5	0,3071
57	HYUNDAI	HB20	DIAMOND	1.0-12V Turbo	A-6	0,3048
58	TOYOTA	ETIOS HATCHBACK	X STD	1.3-16V	M-6	0,2927
59	TOYOTA	ETIOS HATCHBACK	X VSC	1.3-16V	M-6	0,2927
60	CHEVROLET	ONIX JOY	JOY	1.0-8V	M-6	0,2927
61	CHEVROLET	ONIX JOY	JOY BLACK	1.0-8V	M-6	0,2927
62	MINI	COOPER	5P	1.5-12v	DCT-7	0,2918
63	TOYOTA	ETIOS HATCHBACK	X PLUS	1.5-16V	M-6	0,2894
64	HYUNDAI	HB20	VISION	1.6-16V	M-6	0,2893
65	HYUNDAI	HB20	EVOLUTION	1.6-16V	M-6	0,2893
66	HYUNDAI	HB20	EVOLUTION	1.0-12V Turbo	A-6	0,2773
67	Hyundai	HB20	SPORT	1.0-12V Turbo	A-6	0,2773
68	MINI	COOPER	S 5P	2.0-16v	DCT-7	0,2762
69	VW	GOL	PATRULHEIRO	1.6-8V	M-5	0,2755
70	MINI	COOPER		1.5-12v	DCT-7	0,2667
71	FIAT	NOVO UNO	ATTRACTIVE	1.0-8V	M-5	0,2641
72	NISSAN	NEW MARCH	SV	1.6-16V	CVT	0,2625
73	NISSAN	NEW MARCH	SL	1.6-16V	CVT	0,2625
74	NISSAN	NEW MARCH	SEDI	1.6-16V	CVT	0,2625

75	VW	FOX	XTREME	1.6-8V	M-5	0,2607
76	RENAULT	SANDERO	GT LINE	1.6-16V	M-5	0,2582
77	FORD	KA HATCH	SE	1.5-12V	A-6	0,2528
78	FORD	KA HATCH	SE PLUS	1.5-12V	A-6	0,2528
79	FORD	KA HATCH	TITANIUM	1.5-12V	A-6	0,2528
80	HYUNDAI	HB20	VISION	1.6-16V	A-6	0,2487
81	HYUNDAI	HB20	EVOLUTION	1.6-16V	A-6	0,2487
82	VW	GOL		1.6-8V	M-5	0,2485
83	FORD	KA HATCH	FREESTYLE	1.5-12V	A-6	0,2462
84	TOYOTA	ETIOS HATCHBACK	X VSC	1.3-16V	A-4	0,2459
85	VW	FOX	CONNECT	1.6-8V	M-5	0,2452
86	FIAT	ARGO	PRECISION	1.8-16V	A-6	0,2306
87	FIAT	ARGO	HGT	1.8-16V	A-6	0,2306
88	TOYOTA	ETIOS HATCHBACK	X PLUS	1.5-16V	A-4	0,2251
89	VW	GOL	MSI	1.6-16V	A-6	0,2249
90	FIAT	ARGO	PRECISION (STOP & START)	1.8-16V	A-6	0,2235
91	FIAT	ARGO	HGT (STOP & START)	1.8-16V	A-6	0,2235
92	RENAULT	SANDERO RS	RS	2.0-16V	M-6	0,2216
93	PEUGEOT	208	GRIFFE	1.6-16V	A-6	0,2119
94	PEUGEOT	208	ALLURE	1.6-16V	A-6	0,2119
95	CITROEN	C3		1.6-16V	A-6	0,2094
96	RENAULT	SANDERO	EXPRESSION	1.6-16V	MTA-5	0,2062
97	RENAULT	SANDERO	DYNAMIQUE	1.6-16V	MTA-5	0,2062

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 74. Lista com classificação dos veículos do Segundo Cenário

Ranking	Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Pontuação
1	BMW	745LE		3.0-24V	A-8	0,4426
2	BMW	I8	ROADSTER	1.5-12V	A-6	0,4024
3	MINI	CABRIO	JCW	2.0-16V	A-8	0,3717
4	BMW	Z4	SDRIVE 30I	2.0-16V	A-8	0,3717
5	PORSCHE	PANAMERA	4EHEX	2.9-24V	A-8	0,3420
6	PORSCHE	PANAMERA	4EHST	2.9-24V	A-8	0,3420
7	PORSCHE	PANAMERA	4EHYB	2.9-24V	A-8	0,3420
8	PORSCHE	PANAMERA (MY19)		3.0-24V	DCT-8	0,3290
9	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	4	3.0-24V	DCT-8	0,3290
10	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	4 EXE	3.0-24V	DCT-8	0,3290
11	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	4ST	3.0-24V	DCT-8	0,3290
12	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 S	2.0-16V	A-9	0,3284
13	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK 7L	2.0-16V	A-9	0,3284
14	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 SE 7L	2.0-16V	A-9	0,3284
15	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 HSE 7L	2.0-16V	A-9	0,3284
16	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 HSE	2.0-16V	A-9	0,3284

17	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 SE	2.0-16V	A-9	0,3284
18	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK	2.0-16V	A-9	0,3284
19	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK	2.0-16V	A-9	0,3265
20	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK	2.0-16V	A-9	0,3265
21	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK	2.0-16V	A-9	0,3265
22	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	D180 LMK	2.0-16V	A-9	0,3265
23	PORSCHE	PANAMERA	TSEHE	4.0-32V	A-8	0,3241
24	PORSCHE	PANAMERA	TSEHS	4.0-32V	A-8	0,3241
25	PORSCHE	PANAMERA	TSEHY	4.0-32V	A-8	0,3241
26	MERCEDES-BENZ	AMG C43	COUPÉ	3.0-24V	A-9	0,3163
27	LAND ROVER	RANGE ROVER SPORT	TD ABD	3,0-24V	A-8	0,3155
28	JAGUAR	F-TYPE	400 SPORT	3.0-24V	A-8	0,3105
29	BMW	M5		4.4-32V	A-8	0,3105
30	MINI	CABRIO	JCW	2.0-16V	A-8	0,3041
31	BMW	M760LI	XDRIVE	6.6-48V	A-8	0,3040
32	BMW	M2	COMPETITION	3.0-24V	A-7	0,3021
33	JAGUAR	F-TYPE	R COUP4W	5.0-32V	A-8	0,2996
34	PORSCHE	BOXSTER		2.0-16V	DCT-7	0,2947
35	PORSCHE	CAYMAN		2.0-16V	DCT-7	0,2947
36	LAND ROVER	RANGE ROVER	HSE	3,0-24V	A-8	0,2904
37	LAND ROVER	RANGE ROVER	VOGUE	3,0-24V	A-8	0,2904
38	PORSCHE	911	CARRERA S	3.0-24V	DCT-8	0,2854
39	PORSCHE	911	CARRERA 4S	3.0-24V	DCT-8	0,2854
40	PORSCHE	911	CARRERA SC	3.0-24V	DCT-8	0,2854
41	PORSCHE	911	CARRERA 4SC	3.0-24V	DCT-8	0,2854
42	MERCEDES-BENZ	SLC 300		2.0-16V	A-9	0,2816
43	LAND ROVER	RANGE ROVER SPORT	4,4 HSE DYN	4.0-32V	A-8	0,2788
44	MERCEDES-BENZ	AMG GTC	ROADSTER	4.0-32V	A-7	0,2788
45	MINI	COOPER	COOPER S	2.0-16V	DCT-7	0,2761
46	LAND ROVER	RANGE ROVER	AB	4.0-32V	A-8	0,2756
47	LAND ROVER	RANGE ROVER	AB LWB	4.0-32V	A-8	0,2756
48	LAND ROVER	RANGE ROVER	VOGUE	4.0-32V	A-8	0,2756
49	LAND ROVER	RANGE ROVER	VOGUESE	4.0-32V	A-8	0,2756
50	PORSCHE	911	CARRERA T	3.0-24V	M-7	0,2738
51	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	TURBO	4.0-32V	DCT-8	0,2673
52	LAMBORGHINI	URUS		4.0-32V	A-8	0,2640
53	JAGUAR	F-TYPE	COUPE	3.0-24V	A-8	0,2591
54	JAGUAR	F-TYPE	CABRIO	3.0-24V	A-8	0,2591
55	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	T ST	4.0-32V	DCT-8	0,2583
56	BMW	430I	CABRIO	2.0-16V	A-8	0,2575
57	LAND ROVER	RANGE ROVER	SC VOGUESE	5,0-32V	A-8	0,2572
58	LAND ROVER	RANGE ROVER	SC AB	5,0-32V	A-8	0,2572
59	LAND ROVER	RANGE ROVER	SC AB L	5,0-32V	A-8	0,2572
60	LAND ROVER	RANGE ROVER	ABLACKL	5,0-32V	A-8	0,2572
61	JAGUAR	F-TYPE	SVR 575	5.0-32V	A-8	0,2572
62	MERCEDES-BENZ	AMG C63 S	COUPÉ	4.0-32V	A-9	0,2572
63	PORSCHE	911	TARGA 4GTS	3.0-24V	DCT-7	0,2560

64	PORSCHE	911	CARRERA 4 GTS	3.0-24V	DCT-7	0,2560
65	PORSCHE	BOXSTER	S	2.5-16V	DCT-7	0,2552
66	PORSCHE	CAYMAN	S	2.5-16V	DCT-7	0,2552
67	MINI	COOPER	S	2.0-16V	DCT-7	0,2527
68	MCLAREN	720S	COUPE	4.0-32V	DCT	0,2458
69	MCLAREN	720S	SPIDER	4.0-32V	DCT	0,2458
70	LAND ROVER	RANGE ROVER SPORT	P525 HSE DYN	5.0-32V	A-8	0,2429
71	LAND ROVER	RANGE ROVER SPORT	P575 SVR	5.0-32V	A-8	0,2429
72	LAND ROVER	RANGE ROVER	V8SC SWB 525	5.0-32V	A-8	0,2429
73	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 HSE	2.0-16V	A-9	0,2383
74	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 HSE 7L	2.0-16V	A-9	0,2383
75	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 HSE 7L	2.0-16V	A-9	0,2383
76	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 HSEL 7L	2.0-16V	A-9	0,2383
77	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 S	2.0-16V	A-9	0,2383
78	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 SE	2.0-16V	A-9	0,2383
79	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240 SE 7L	2.0-16V	A-9	0,2383
80	JAGUAR	F-TYPE	300 CB	2.0-16V Turbo	A-8	0,2383
81	JAGUAR	F-TYPE	300 CP	2.0-16V Turbo	A-8	0,2383
82	JAGUAR	F-TYPE	300RD CB	2.0-16V Turbo	A-8	0,2383
83	JAGUAR	F-TYPE	300RD CP	2.0-16V Turbo	A-8	0,2383
84	NISSAN	GT-R PREMIUM	PREMIUM	3.8-24V	DCT-6	0,2331
85	LAND ROVER	RANGE ROVER	V8SC SVAB	5,0-32V	A-8	0,2261
86	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240FF HSE	2.0-16V	A-9	0,2216
87	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240FF HSEL	2.0-16V	A-9	0,2216
88	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240FF HSEL7	2.0-16V	A-9	0,2216
89	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240FF HSE7L	2.0-16V	A-9	0,2216
90	LAND ROVER	DISCOVERY SPORT	P240FF S	2.0-16V	A-9	0,2216
91	MERCEDES-BENZ	C300	CABRIO	2.0-16V	A-9	0,2176
92	PORSCHE	PANAMERA (MY19)	4S	2.9-24V	DCT-8	0,2150
93	LAND ROVER	RANGE ROVER	SV COUPE	5.0-32V	A-8	0,2118
94	LAND ROVER	RANGE ROVER	SC LWB 565	5.0-32V	A-8	0,2118
95	LAND ROVER	RANGE ROVER	SC SWB 565	5.0-32V	A-8	0,2118
96	MERCEDES-BENZ	AMG S63 4M	COUPÉ	4.0-32V	A-9	0,2112
97	NISSAN	GT-R NISMO	NISMO	3.8-24V	DCT-6	0,2080
98	JAGUAR	F-TYPE	S CABRIO	3.0-24V	A-8	0,2029
99	JAGUAR	F-TYPE	S COUPE	3.0-24V	A-8	0,2029
100	JAGUAR	F-TYPE	380RD CP	3.0-24V	A-8	0,2029
101	FERRARI	PORTOFINO		3.8-32V	DCT-7	0,1898
102	PORSCHE	911	CARRERA T	3.0-24V	DCT-7	0,1892
103	PORSCHE	911	GT2 RS	3.8-24V	DCT-7	0,1832
104	PORSCHE	911	GT3 RS	4.0-24V	DCT-7	0,1782
105	MCLAREN	570	GT	3.8-32V	DCT	0,1782

106	MCLAREN	570	S COUPE	3.8-32V	DCT	0,1782
107	MCLAREN	570	S SPIDER	3.8-32V	DCT	0,1782
108	LAMBORGHINI	HURACAN	EVO SP	5.2-40V	DCT-7	0,1725
109	LAMBORGHINI	HURACAN	EVO CP	5.2-40V	DCT-7	0,1725
110	FERRARI	488	PISTA SPYDER	3.9-32V	DCT-7	0,1725
111	MERCEDES-BENZ	AMG GTR		4.0-32V	A-7	0,1694
112	FORD	MUSTANG	GT	5.0-32V	A-10	0,1682
113	CHEVROLET	CAMARO	2SS	6.2-16V	A-10	0,1682
114	CHEVROLET	CAMARO	2SS CONV	6.2-16V	A-10	0,1682
115	AUDI	TT RS	COUPÉ	2.5-20V	DCT-7	0,1545
116	FERRARI	812 SUPERFAST		6.5-48V	DCT-7	0,1471
117	PORSCHE	BOXSTER	GTS	2.5-16V	DCT-7	0,1429
118	PORSCHE	CAYMAN	GTS	2.5-16V	DCT-7	0,1429
119	PORSCHE	911	GT3	4.0-24V	DCT-7	0,1348

Fonte: Do autor (2023).