



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TARGIELI DOS SANTOS SOARES

**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM HÍBRIDA GREY-DEMATEL PARA
IDENTIFICAR E ANALISAR AS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS POR ELVs NO
BRASIL**

Caruaru
2021

TARGIELI DOS SANTOS SOARES

**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM HÍBRIDA GREY-DEMATEL PARA
IDENTIFICAR E ANALISAR AS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS POR ELVs NO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Máisa Mendonça Silva

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S676a Soares, Targieli dos Santos.

Aplicação da abordagem híbrida Grey-DEMATEL para identificar e analisar as barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil. / Targieli dos Santos Soares. – 2021.
138 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Maísa Mendonça Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado em Engenharia de Produção, 2021.

Inclui Referências.

1. Gestão integrada de resíduos sólidos - Brasil. 2. Veículos - Brasil. 3. Vida útil (Engenharia). 4. Indústria de reciclagem - Brasil. 5. Processo decisório por critério múltiplo. I. Silva, Maísa Mendonça (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-234)

TARGIELI DOS SANTOS SOARES

**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM HÍBRIDA GREY-DEMATEL PARA
IDENTIFICAR E ANALISAR AS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS POR ELVs NO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção.

Aprovada em: 01/10/2021.

Prof.^a Dr.^a Maísa Mendonça Silva (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o Dr. Thalles Vitelli Garcez (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o Dr. João Pinto Cabral Neto (Examinador Externo)
Instituto Federal de Alagoas

Dedico esse trabalho à Deus e aos meus queridos pais, Eliedson e Targina (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Meu coração é grato primeiramente a Deus, o dono de toda ciência e sabedoria, que por meio da sua graça e misericórdia me trouxe até aqui. Ao Deus que me sustentou quando eu não tinha forças suficientes e que me concebeu o conhecimento necessário para construção desse trabalho, a Ti todo meu amor.

Agradeço a minha família, que foram os primeiros a me apoiar e incentivar a dar esse passo na minha formação. Aos meus pais Eliedson e Targina (*in memoriam*) que me sustentaram de todas as formas ao longo da minha vida, meu pai inspiração de sabedoria, minha mãe, que mesmo ausente fisicamente, é meu maior exemplo de resiliência e fé, em toda a minha vida sempre honrarei a vocês, é tudo por vocês. Gratidão a Sandrinha e Chiquinho, meus “pais do coração” e anjos na minha vida, eles também não medem esforços para me ajudar até nos mínimos detalhes. Agradeço a Rosa que foi a pessoa do meu contexto familiar que compreendia a árdua caminhada de um mestrando, e que se colocou totalmente disponível a me ajudar com suas experiências. Aos meus irmãos (Edinho e Natanael), também os meus primos Rafael e Diego, e os meus amáveis sobrinhos Sara e Pedro.

Aos meus amigos do PPGE-CAA que se fizeram presentes em vários momentos desse percurso, Camyla, Geisiane, Bianca, caminhar junto com vocês tornou o fardo mais leve e alegre, a força mútua, a colaboração e motivação foram sem dúvidas o nosso combustível até aqui. Agradeço também, a Anderson, Ciro, Leiziane e Pedro, amigos preciosos que o mestrado me deu, compartilhamos bons e difíceis momentos juntos. A todas as meninas do *Iceberg*, vocês são eternas e maravilhosas. Aos meus amigos de Petrolina que compreenderam minha ausência social, mas me apoiavam também por meio de palavras amigas. Agradeço a profa. Ana Castro da UNIVASF, minha mentora desde a graduação e até hoje, me apoia e me incentiva sempre. Gratidão a minha amiga Gabriella Luiza, que foi a primeira pessoa a me incentivar a submissão desse mestrado. E Lucas Ibiapina, que foi meu grande apoiador, parceiro e companheiro desde antes da minha submissão ao processo seletivo e até aqui, teve muita paciência, me fez forte quando eu mais precisava, obrigada por tudo.

Por último, mas não menos importante, agradeço a minha orientadora Maísa Mendonça, que com sua leveza soube me apoiar na execução desse trabalho, uma verdadeira incentivadora pela busca do conhecimento. Agradeço ao PPGE-CAA, a FACEPE e CAPES pelo financiamento de ciência e pesquisa.

RESUMO

Diante da alta demanda por automóveis, a indústria automobilística captura uma certa atenção quanto ao tratamento de veículos em final de vida (ELV). Por possuírem inúmeros componentes e materiais tornam-se uma boa fonte secundária de novos insumos, quando esses são recuperados de maneira adequada, proporcionando dessa forma uma economia circular. No entanto, países em desenvolvimento como o Brasil indicam um certo retardo quanto ao gerenciamento desses veículos, pois não há um direcionamento nem tão poucas regulamentações que impulsionem a implantação dessa indústria de recuperação. Diante desse cenário, o presente estudo tem o propósito de identificar e analisar as barreiras que influenciam na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil. Isto posto, foi realizada inicialmente uma revisão sistemática da literatura para identificação das categorias e das barreiras, em seguida uma etapa de refinamento e validação foi realizada por dois especialistas que resultou no conjunto de 16 barreiras. Prosseguindo, foi utilizada a abordagem híbrida de apoio a tomada de decisão Grey-DEMATEL para analisar as barreiras mais influentes do sistema, classificando-as nos *clusters* causais e efeito. Essa metodologia permite analisar modelos estruturais complexos que envolvem relacionamento de causas e de efeitos entre os fatores críticos, e a agregação com os números Grey torna a solução mais robusta, pois é apropriada para resolver problemas que envolvem incertezas. Os questionários requeridos pelo Grey-DEMATEL foram respondidos por especialistas representantes de quatro perspectivas, a saber: organizacional, ambiental, acadêmica e governamental. Para cada uma dessas esferas, foi aplicado o método híbrido Grey-DEMATEL, e adquiridas as barreiras causais e secundárias sob a ótica de cada especialista, assim como as barreiras mais relevantes. Além disso, foi conduzida uma análise sob a perspectiva global por meio da agregação das quatro opiniões dos especialistas, e notou-se que ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs (B8) foi classificada como a barreira que impacta mais consideravelmente a implementação do sistema de gestão de ELVs. Essa agregação, conseguiu refletir bem os individuais julgamentos dos especialistas. Para ampliar a contribuição desse trabalho, foram propostas algumas estratégias de mitigação para apoiar as partes interessadas na solução dessa problemática. Vários são os benefícios para a economia brasileira, mas sem dúvida a principal contribuição dessa operação reversa é viabilizar a reutilização de materiais e inibir danos ao meio ambiente. Por outro lado, a gestão dos ELVs não se trata somente de uma prioridade ambiental, mas também de uma questão econômica altamente lucrativa, isso se deve à economia de materiais e energia e todos os resultados que a reciclagem pode proporcionar.

Palavras-chave: gerenciamento de resíduos; end-of-life vehicles; reciclagem de ELVs; Grey-DEMATEL.

ABSTRACT

In view of the high demand for automobiles, the automobile industry captures a certain amount of attention regarding the treatment of end of life vehicles (ELV). Because they have numerous components and materials, they become a good secondary source of new inputs, when these are properly recovered, thus providing a circular economy. However, developing countries like Brazil indicate a certain delay regarding the management of these vehicles, as there is neither a direction nor regulations that encourage the implementation of this recovery industry. Given this scenario, this study aims to identify and analyze the barriers that influence the implementation of a waste management system generated by ELVs in Brazil. That said, a systematic literature review was carried out initially to identify the categories and barriers, then a refinement and validation step was performed by two experts, which resulted in a set of 16 barriers. Continuing, the hybrid approach to support Grey-DEMATEL decision-making was used to analyze the most influential barriers of the system, classifying them into causal and effect clusters. This methodology allows analyzing complex structural models that involve relationship of causes and effects between critical factors, and the aggregation with Gray numbers becomes the most robust solution, as it is appropriate to solve problems that involve uncertainties. The questionnaires required by Grey-DEMATEL were answered by experts representing four perspectives, namely: organizational, environmental, academic and governmental. For each of these spheres, the hybrid Grey-DEMATEL method was applied, and the causal and secondary barriers were acquired from the perspective of each specialist, as well as the most relevant barriers. In addition, an analysis was conducted from a global perspective through the aggregation of the four expert opinions, and it was noted that the absence of specific legislation for the management of ELVs (B8) was classified as the barrier that most significantly impacts the implementation of the ELV management system. This aggregation managed to reflect well the individual judgments of experts. To expand the contribution of this work, some mitigation strategies were proposed to support stakeholders in solving this problem. There are several benefits for the Brazilian economy, but without a doubt, the main contribution of this reverse operation is to enable the reuse of materials and to inhibit damage to the environment. On the other hand, the management of ELVs is not only an environmental priority, but also a highly profitable economic issue, this is due to the savings in materials and energy and all the results that recycling can provide.

Keywords: waste management; end-of-life vehicles; recycling of ELVs; Grey-DEMATEL.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Idade média da frota circulante no Brasil	19
Figura 2 -	Estrutura da dissertação	22
Figura 3 -	Faturamento líquido do segmento de autoveículos (US\$ bilhões) de 2000 a 2016	28
Figura 4 -	Panorama da indústria automobilística brasileira.....	28
Figura 5 -	Distribuição dos recursos na reciclagem de ELVs	31
Figura 6 -	Funcionamento da Cadeia de Abastecimento do Ciclo Fechado	35
Figura 7 -	Cadeia de abastecimento em circuito fechado para veículos	36
Figura 8 -	Síntese do processo de desmontagem de ELV	39
Figura 9 -	Fluxo de um veículo através das diferentes operações de fim de vida.....	40
Figura 10 -	Representação esquemática do processamento de um ELV	41
Figura 11 -	Composição do ASR	42
Figura 12 -	Etapas para aplicação do Grey-DEMATEL	56
Figura 13 -	Gráfico de relação de causa-efeito	58
Figura 14 -	Framework para identificação e análise das barreiras que influenciam na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerado por ELVs no Brasil	66
Figura 15 -	Framework para revisão sistemática da literatura	68
Figura 16 -	Procedimento metodológico adotado por esse estudo	68
Figura 17 -	Processo de seleção da amostra para revisão sistemática	71
Figura 18 -	Evolução da produção científica anual (2011-2021)	73
Figura 19 -	País do autor correspondente	74
Figura 20 -	Autores mais relevantes	76
Figura 21 -	Autores mais produtivos ao longo do tempo	76
Figura 22 -	Documentos mais citados	77
Figura 23 -	Rede de citações diretas históricas	78
Figura 24 -	Classificação das técnicas para identificação das barreiras	82
Figura 25 -	Distribuição das abordagens da amostra coletada	82
Figura 26 -	Técnicas multicritérios utilizadas pelos estudos coletados	84
Figura 27 -	Distribuição dos estudos quanto ao uso de lógica de incerteza	84

Figura 28 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva organizacional	91
Figura 29 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva ambiental	95
Figura 30 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva acadêmica	98
Figura 31 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva governamental	100
Figura 32 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva global	102
Figura 33 - Dígrafo de inter-relações das barreiras de acordo com a perspectiva global	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Projetos aprovados pelo GEIA	26
Quadro 2 - Principais impactos de uma gestão inadequada ou ilegal dos ELVs.....	33
Quadro 3 - Lista de componentes considerados perigosos e respectivo destino	43
Quadro 4 - Componentes com potencial de valorização	44
Quadro 5 - Critérios para seleção dos estudos primários.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala linguística Grey para avaliação dos entrevistados	56
Tabela 2 - Estudos que adotaram a metodologia Grey-DEMATEL	60
Tabela 3 - Especialidade e atuação dos respondentes.....	64
Tabela 4 - Periódicos analisados	75
Tabela 5 - Estudos referente a processos de implementação de reciclagem de produtos em fim de vida	79
Tabela 6 - Barreiras Econômicas que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs	87
Tabela 7 - Barreiras políticas/legais que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs	88
Tabela 8 - Barreiras sociais que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs	88
Tabela 9 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva organizacional	90
Tabela 10 - Síntese dos resultados da perspectiva organizacional.....	93
Tabela 11 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva ambiental	94
Tabela 12 - Síntese dos resultados para perspectiva ambiental	96
Tabela 13 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva acadêmica	97
Tabela 14 - Síntese dos resultados da perspectiva acadêmica	98
Tabela 15 - Parâmetros de causa-efeito e fator de proeminência para perspectiva governamental	99
Tabela 16 - Síntese dos resultados da perspectiva governamental	101
Tabela 17 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva global	101
Tabela 18 - Barreiras Causais	103
Tabela 19 - Barreiras Secundárias	103
Tabela 20 - Barreiras mais importantes (proeminentes)	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.2.1	Objetivo Geral	21
1.2.2	Objetivos Específicos	21
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1	INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	23
2.1.1	Um breve relato sobre a introdução do automóvel.....	23
2.1.2	Indústria automotiva brasileira: do surgimento até os dias atuais	24
2.2	PROBLEMÁTICA DE ELV	28
2.2.1	Impactos ambientais provocados pela geração de ELVs	29
2.2.1.1	<i>Composição média dos Veículos em Fim de Vida</i>	<i>31</i>
2.2.2	Logística reversa com ênfase em ELVs	33
2.2.3	Gerenciamento residual de ELVs: componentes automotivos procedimento	37
2.2.3.1	<i>Tratamento passo a passo</i>	<i>39</i>
2.3	CENÁRIO LEGISLATIVO NO BRASIL E EM OUTROS PAÍSES.....	45
2.3.1	Cenário brasileiro	45
2.3.2	Cenário internacional	48
2.4	ABORDAGEM GREY-DEMATEL PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CRÍTICOS	51
2.4.1	O DEMATEL clássico.....	52
2.4.2	Teoria dos números Grey.....	53

2.4.3	Método híbrido Grey-DEMATEL	55
2.4.4	Justificativa para escolha do método Grey DEMATEL	59
3	METODOLOGIA	62
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	62
3.2	PROCEDIMENTO PARA REVISÃO CONCEITUAL E REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	63
3.3	FRAMEWORK PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO GREY-DEMATEL	63
4	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	67
4.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	67
4.1.1	Planejamento da revisão.....	69
4.1.2	Escopo da estratégia de busca de estudos primários	69
4.1.3	Critérios e procedimentos de seleção de estudos.....	70
4.1.4	Seleção de estudos primários e avaliação da qualidade dos estudos ..	71
4.1.5	Extração dos dados.....	71
4.2	ELUCIDAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA	72
4.2.1	Análise exploratória da amostra de dados.....	73
4.2.2	Análise sobre as categorias e barreiras que influenciam a implementação do sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs	78
4.2.3	Análise sobre os métodos quantitativos de tomada de decisão utilizados para identificar barreiras para implementação da gestão de resíduos de ELVs	81
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	84
5	IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS POR ELVS....	86
5.1	VALIDAÇÃO DAS CATEGORIAS E BARREIRAS	86

5.2	ANÁLISE DOS DADOS PELAS PERSPECTIVAS DOS ESPECIALISTAS E PERSPECTIVA GLOBAL	89
5.2.1	Diagnóstico da perspectiva organizacional	90
5.2.2	Diagnóstico da perspectiva ambiental	93
5.2.3	Diagnóstico da perspectiva acadêmica	96
5.2.4	Diagnóstico da perspectiva governamental	99
5.2.5	Diagnóstico da perspectiva global	101
5.3	ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO	105
5.3.1	Sancionamento de Legislação para ELVs e apoio governamental	105
5.3.2	Implementação da Responsabilidade Estendida do Produtor (REP)....	106
5.3.3	Política de incentivos para proprietários de ELVs	107
5.3.4	Política de depósitos	107
5.3.5	Integração das Universidades, Governo e indústrias automotivas	108
6	CONCLUSÕES	109
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
6.2	LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	110
	REFERÊNCIAS	112
	APÊNDICE A - PROTOCOLO PARA DESENVOLVIMENTO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	123
	APÊNDICE B - BARREIRAS ECONÔMICAS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	127
	APÊNDICE C - BARREIRAS POLÍTICAS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	128
	APÊNDICE D - BARREIRAS AMBIENTAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	129
	APÊNDICE E - BARREIRAS SOCIAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	130

APÊNDICE F - BARREIRAS TÉCNICAS/TECNOLÓGICAS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	131
APÊNDICE G - BARREIRAS ORGANIZACIONAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	132
APÊNDICE H - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS	133
APÊNDICE I – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA ORGANIZACIONAL	134
APÊNDICE J – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA AMBIENTAL	135
APÊNDICE K – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA ACADÊMICA	136
APÊNDICE L – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA GOVERNAMENTAL	137
APÊNDICE M – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA GLOBAL	138

1 INTRODUÇÃO

A motivação pelo desdobramento de novas estratégias com o propósito de atenuar danos motivados por descarte de produtos, tem gerado uma notória preocupação na esfera ambiental com ênfase na gestão da cadeia de abastecimento verde. É por essa razão que as organizações, em especial, as fabricantes de equipamentos originais e seus fornecedores, estão sob monitoramento constante de *stakeholders*, inclusive de agências reguladoras, clientes e funcionários para atuar de forma sustentavelmente ética, com objetivo de reutilizar, reciclar, remanufaturar e / ou descartar de forma adequada seus resíduos. Espera-se que as organizações manufatureiras possam fornecer soluções que encapsulem todo o ciclo de vida do produto, de forma que apoiem a utilização eficiente dos recursos e restrinja as implicações negativas ao meio ambiente.

Nesse sentido, diante da alta demanda por automóveis, a indústria automobilística captura uma certa atenção quanto ao tratamento de Veículos em Final de Vida (ELV). Segundo Bellmann e Khare (2000), os veículos fazem parte de um grupo distinguível de bens complexos, e os produtos que formam esse grupo necessitam de um *design* especial em relação ao seu gerenciamento em final de vida. Esses tipos de bens reúnem vários componentes e materiais diferentes e possuem um ciclo de vida extenso. No entanto, por possuírem essa diversidade, os ELVs tornam-se uma boa fonte secundária de materiais quando são recuperados de forma eficiente, viabilizando benefícios ambientais e financeiros por permitir o desenvolvimento de uma economia circular (MOHAN; AMIT, 2021).

Em países desenvolvidos, o tratamento de ELVs indica um elevado grau de maturidade, devido à aplicação de técnicas avançadas e o emprego de tecnologia verde, além de uma intensa política regulatória e fiscalizatória. Do ponto de vista econômico, os Estados Unidos é um exemplo interessante, pois sedia as principais indústrias de remanufatura de peças automotivas do mundo. Para se ter dimensão, só a Volkswagen já reciclou mais de 7,48 milhões de motores automotivos (ABDULRAHMAN et al., 2015).

Por outro lado, os países em desenvolvimento como o Brasil mostram um certo retardo quanto as estratégias para gerenciar seus veículos fora de circulação. Apesar do grande desenvolvimento da indústria automotiva no país, não há uma atenção suficientemente direcionada para a gestão dos materiais descartados pós-consumo. A falta de uma legislação específica gera impertinências que não sustentam a estrutura de um programa de gerenciamento dos resíduos provenientes de ELVs. Enquanto isso, enormes problemas são gerados, como

despejo ilegal de lixo automotivo, crescimento do mercado ilegal, danos à saúde pública e ao meio ambiente, e consequentemente prejuízos relacionados ao custo de oportunidade pela perda de um potencial ganho financeiro por meio de novos mercados de produtos recuperados, reciclados e remanufaturados. Há uma lacuna no que se refere aos dados empíricos no Brasil, o que possivelmente explica a inobservância por parte dos atores envolvidos nessa esfera, e que reflete na ausência de comprometimento com a gestão dos ELVs.

Entretanto já é possível ver alguma movimentação para alterar esse cenário. Como estratégia para ajudar na recuperação econômica do país pós Covid-19, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), por meio de estudos analíticos, recomenda a concepção de uma indústria de reciclagem automotiva. Os indicadores dos EUA, mostram que essa indústria gera cerca de US\$ 25 bilhões anualmente e é responsável pela empregabilidade de mais de 100 mil pessoas. Nessa perspectiva, há uma previsão que o Brasil tenha a capacidade para alcançar 30% desse valor, o que quer dizer que US\$ 7,5 bilhões podem ser movimentados em um ou dois anos (AGÊNCIA SENADO, 2020).

Em vista dessa realidade, o presente estudo fundamenta-se na premissa de identificar e analisar as barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil, de forma que seja possível investigar os entraves que dificultam o desenvolvimento de um processo eficiente de tratamento dos seus componentes e materiais, além de examinar a relação de causa e efeito entre essas barreiras e o poder de influência delas.

Assim sendo, devido aos múltiplos atores e aos componentes e materiais complexos, há uma grande dificuldade em identificar os fatores críticos que influenciam no desdobramento de uma indústria de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Portanto, essa problemática requer o uso de técnicas sofisticadas de tomada de decisão para proporcionar resultados eficientes e robustos que possam direcionar e apoiar os atores na resolução desse problema.

Tendo visto isso, pode-se fazer uso de métodos matemáticos de perspectivas analíticas e para esse trabalho, optou-se pela aplicação do método híbrido Grey-DEMATEL. O DEMATEL clássico torna-se preferível quando se requer a análise de modelos estruturais complicados que envolvem relacionamento de causas e de efeitos entre os fatores críticos (WU; LEE, 2007). E a combinação com a Teoria dos Números Grey torna a solução mais robusta, uma vez que é eficaz para resolver problemas incertos e indeterminados e é superior na análise teórica de sistemas com dados discretos e informações incompletas (SI et al., 2018).

Uma das contribuições desse estudo é fornecer informações que auxiliem e direcionem os entes envolvidos a estabelecer estratégias para solucionar esses impedimentos. Trata-se de um

trabalho inédito, pois ainda não foram encontrados estudos com a premissa de apoiar o Brasil nessa problemática.

1.1 JUSTIFICATIVA

No que se refere a indústria automotiva, o conceito de desenvolvimento sustentável vem combinado com os aspectos relacionados a qualidade, gerenciamento ambiental e competitividade. Neste sentido, o futuro da indústria automotiva exige que os *stakeholders* ampliem seus esforços a reduzirem e/ou neutralizem os efeitos negativos sobre o meio ambiente compreendendo todo o ciclo de vida do automóvel, desde a concepção de materiais até a reciclagem de componentes do veículo em final de vida.

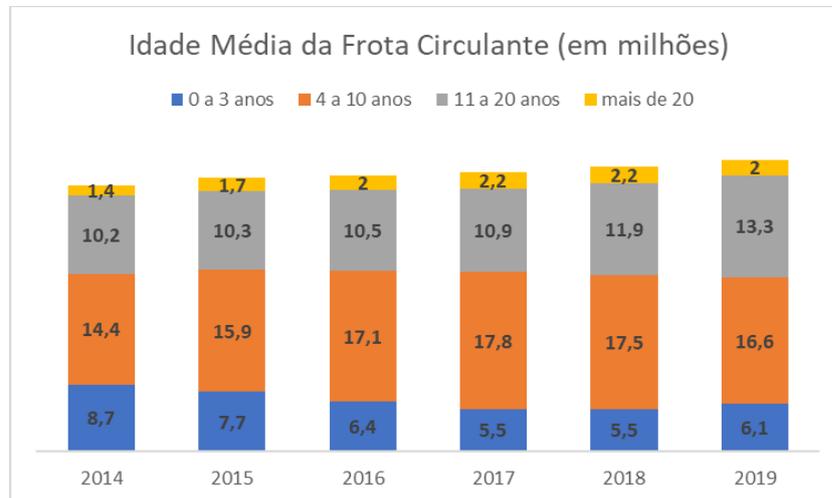
O modelo de negócio de toda a cadeia automotiva passa por uma célere e profunda transformação. No tocante as imposições ambientais, um dos grandes desafios da indústria automotiva é a viabilidade de tornar o automóvel um produto reciclável e sustentável. O que reforça tudo isso, são as estatísticas que evidenciam um crescente aumento na frota de veículos circulantes. De acordo com a Organização Mundial da Indústria Automobilística – OICA (2020), a quantidade de veículos em uso distribuídos pelo mundo chegou à marca de 1,28 bilhões de unidades. Em consonância com Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores - FRENABRAVE (2020), o Brasil registrou uma marca de 58 milhões de unidades, o que representa um crescimento de 2,8% em relação ao ano anterior. Além disso, o que chama atenção são os dados publicados pelo Anuário de 2020 do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – Sindipeças, pois indica que entre os anos de 2000 a 2019 essa frota circulante mais que dobrou (SINDIPEÇAS, 2020).

Diante disso, é irrefutável a magnitude da indústria automotiva para economia brasileira, tendo em vista que atualmente o Brasil ocupa a oitava posição no ranking mundial de produtores de veículos automóveis e comerciais leves e foi o país que mais cresceu em produção de 2018 a 2019, bem como faturou US\$ 61,9 bilhões em 2018. Atualmente o setor automotivo emprega entre trabalhos diretos e indiretos 1,3 milhões de pessoas, salienta-se ainda que o setor em 2017 foi responsável por 18% do PIB da indústria de transformação e 3% do PIB total (ANFAVEA, 2020).

Para se ter uma compreensão da massa de veículos que existe no país, por meio do anuário do Sindipeças (2020), foi levantado que atualmente o Brasil conta com 4,8 habitantes/veículo, ficando à frente de países como Indonésia, China e Turquia. Os últimos dados fornecidos pela FENABRAVE (2020), indicam que a idade média da frota circulante é de 15,2 anos e cresce

desde de 2014. A Figura 1, mostra a distribuição da frota circulante em milhões por faixas etárias entre os anos 2014 a 2019.

Figura 1 - Idade média da frota circulante no Brasil



Fonte: A Autora (2020)

Nota: Adaptado de SINDIPEÇAS (2020)

Por meio da Figura 1, é possível perceber que existe um crescimento linear significativo da frota de veículos entre 11 a 20 anos, e um ligeiro decréscimo da frota de 0 a 3 anos de circulação, o que significa dizer que há um fluxo maior de veículos mais antigos que novos. Isso sugere preferir que existe um notável volume de veículos em fim de vida e veículos próximos de alcançarem sua aposentadoria.

Embora todos os dados analisados até o presente momento apontem aspectos relevantes, prósperos e positivos a respeito da economia brasileira, o outro lado da moeda é suficientemente preocupante, pois assim como todo produto tem seu ciclo de vida, com veículos não é diferente. O Brasil apresenta um verdadeiro despreparo quando a pauta se refere a destinação adequada dos resíduos gerados por ELVs. O processo de reciclagem no país caminha a passos lentos, quando se comparado a outros países da União Europeia, Japão e Estados Unidos, cuja taxa de reciclagem gira em torno de 80 a 95%, enquanto o Brasil recicla apenas 1,5% da sua frota de ELVs (CILO, 2019).

O alto volume de veículos não reciclados segue para desmanches, que na maioria deles atuam de forma inadequada ou ilícita, outros são abandonados em vias públicas, ou confiscados por órgãos de trânsito e empilhados em depósitos a céu aberto. Devido a exposição ao tempo, os fluidos contaminantes muitas vezes não podem ter seus materiais recuperados, a saúde

pública é exposta ao perigo, tendo em vista que os veículos se tornam fonte para proliferação de mosquitos, principalmente da dengue (BARCELLOS, 2013).

Além dessas deficiências, o Brasil não possui uma legislação específica para tratar e fiscalizar a reciclagem de ELVs. A Lei do Desmonte (Nº 12.977/2014) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são insuficientes para assegurar o gerenciamento adequado dos resíduos gerados por ELVs. Essas legislações não beneficiam na sua totalidade as singularidades intrínsecas dessa problemática.

Para além disso, Souza (2020) construiu um modelo híbrido de previsão, baseado em séries temporais e rede neurais, que projeta a quantidade de ELVs que serão gerados nos próximos 10 anos no Brasil. O resultado do seu estudo mostra que a expectativa é que em 2030 tenha-se gerado aproximadamente 5.227.434 veículos em final de vida. Um aumento de cerca de 83% em relação ao ano de 2020 e caso a taxa de reciclagem de 1,5% mantenha-se constante até 2030, só haverá apenas 78.411 veículos reciclados.

Os efeitos desses resultados serão devastadores, não só pelos impactos ambientais (contaminação do solo e dos lençóis freáticos, poluição atmosférica, extinção de espécies de animais, entre outros efeitos ecológicos), como também sequelas na saúde pública, uma vez que os resíduos gerados são altamente tóxicos, inflamáveis, além de possuírem substâncias cancerígenas. Por outro lado, Cilo (2019) relata que os estudos comprovam que um carro devidamente reciclado corresponde a 3,7 quilos a menos de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera.

Assim sendo, é preciso construir um sistema executável que possibilite a solução dessa problemática, dessa forma evidencia-se a importância deste estudo considerando que os ganhos não serão apenas ambientais, ultrapassa isso, o país terá um ganho financeiro, pois é uma nova indústria que se instaura, permitindo a geração de empregos, custos de fabricação serão reduzidos e o mercado poderá contar com peças de valores mais acessíveis.

Em face a essa realidade, o presente estudo visa investigar as barreiras existentes no Brasil que impedem o país de desenvolver e estabelecer um sistema de gerenciamento de resíduos eficiente, que assegure a destinação adequada e racional dos componentes de veículos em fim de vida. A gestão de resíduos de ELVs no Brasil envolve muitos fatores críticos e torna-se um processo complexo de implementação, e assim, por essa singularidade, se faz necessário a aplicação de metodologias estruturadas que correspondam as essas particularidades. Para esse cenário a recente abordagem híbrida Grey-DEMATEL, tem-se apresentado oportunamente viável, pois permite compreender mais claramente as relações de causa e efeito entre as barreiras, assim como a intensidade das influências de cada uma dessas barreiras. A inserção

da Teoria dos números Grey tem a função de tratar as incertezas, ambiguidades e escassez de informações muito comuns nesse tipo de estudo. Dessa maneira, o emprego dessa metodologia ainda pouco explorada, mas de grande potencial, contribuirá para o alcance de resultados factíveis que poderão auxiliar em ações deliberativas para resolução do problema analisado.

Para além disso, esse trabalho busca colaborar para o enriquecimento da literatura a respeito dessa temática, dado que existem poucos estudos nesse âmbito, principalmente no Brasil. Na realização do estudo bibliográfico empreendido, nota-se que até o presente momento não foram encontradas pesquisas que busquem solucionar essa lacuna.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo consiste em identificar e analisar as barreiras para implementação do sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

O objeto Geral desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar e selecionar as categorias e barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil;
- Identificar as relações de causa e efeito entre as barreiras empregando a abordagem híbrida Grey-DEMATEL;
- Examinar por meio da abordagem híbrida Grey-DEMATEL, o fator de proeminência das barreiras selecionadas para implementação do sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil;
- Propor estratégias de mitigação para as barreiras analisadas;

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura desse trabalho é composta por meio de 6 (seis) capítulos, a saber: Introdução, Fundamentação Teórica, Metodologia, Revisão Sistemática da Literatura, Resultados e discussões e Considerações Finais. Além disso, possui uma seção de elementos pós-textuais com referências bibliográficas e apêndices. A Figura 2, a seguir, detalha todas as etapas de construção para cada capítulo.

Figura 2 - Estrutura da dissertação

Capítulo 1	Capítulo 2	Capítulo 3	Capítulo 4	Capítulo 5	Capítulo 6	Elementos Pós-Textuais
INTRODUÇÃO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	REVISÃO SIST. DA LITERATURA	RESULTADOS E DISCUSSÕES	CONCLUSÕES	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
Aspectos introdutórios	Indústria automotiva					
Justificativa	Problemática de ELVs	Classificação da pesquisa	Procedimentos metodológicos	Validação das Categorias e Barreiras	Considerações Finais	
Objetivo Geral	Cenário Legislativo no Brasil e em outros países	Procedimento para revisão conceitual e revisão sistemática da literatura	Elucidação e discussão dos resultados	Análise dos dados pelas perspectivas individuais e global		APÊNDICES
Objetivos específicos	Abordagem Grey-DEMATEL	Framework para aplicação do método híbrido	Considerações finais do capítulo	Estratégias de Mitigação	Limitações e trabalhos futuros	

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos primordiais acerca de temas relacionados à pesquisa e que fomentam o desdobramento desse estudo, a saber: Indústria automotiva, Problemática de ELVs, Cenário Legislativo e Abordagem Grey-DEMATEL.

2.1 INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

2.1.1 Um breve relato sobre a evolução do automóvel

Algo complexo é definir verdadeiramente quem projetou ou construiu o primeiro automóvel da humanidade. Da mesma maneira que a sociedade, o automóvel é resultado de um processo de evolução; o carro puxado a cavalos, o motor a vapor e logo em seguida os motores movidos a combustão interna se tornaram os percussores do que atualmente é denominado como veículo. Nesse sentido, o advento do automóvel se originou fundamentalmente por meio de um encadeamento de revoluções técnicas delineadas no decorrer do tempo, que na maior parte eram frutos de invenções associadas a uma sucessão de processos experimentais os quais repercutiram em novas descobertas.

A história leva em consideração que o carro mais antigo do mundo, foi um triciclo originado por Karl Benz em 1885, o mesmo fundador da empresa alemã Mercedes-Benz, foi ele que ingressou o motor de combustão interna de quatro tempos movido a gasolina. Pretensiosamente a ideia era o surgimento de um automóvel autopropulsionado que trouxesse maior segurança, velocidade e melhores acomodações. Em paralelo a esse momento, Gottlieb Daimler criou um motor de dois tempos de cilindro vertical, chamado Victoria Daimler, os dois foram os primeiros desbravadores na utilização do novo combustível, embora de formas distintas. (SILVA,2011).

A segunda grande mudança, ocorreu após alguns anos quando Henry Ford criou o considerado carro universal, o modelo T. Em 1909 a Ford Motor Company, anunciou que fabricaria somente o chassi desse modelo, e que “o cliente pode ter um carro pintado com a cor que desejar, contanto que seja preto”. A fábrica desenvolveu estratégias de fabricação em quantidades nunca antes produzidas. Em 1912 foi inserido os métodos de produção em massa, que incluíam as linhas de montagem em movimento contínuo, e, através disso, foi possível fabricar um carro a cada 93 segundos. Após 3 anos já havia um milhão de modelos T fabricados, o carro tinha uma demanda ininterrupta e antes de 1925 as vendas anuais chegaram a marco de cem milhões de dólares (GILENO, 2021).

Segundo Silva (2011), o conceito inovador de Ford se prolongou a outros segmentos da indústria, ocasionando a inovação das linhas de montagem e suscitando a revolução de técnicas, metodologias e conceitos que existiam em ambientes fabris. Ford foi também um dos pioneiros a investir no potencial de desenvolvimento do Brasil, tornando a Ford a primeira a produzir automóveis no país, em 1919, com o emblemático Modelo T (COMPANY, 2020).

2.1.2 Indústria automotiva brasileira: do surgimento até os dias atuais

De acordo com Silva (2011), até o momento da Primeira Guerra Mundial entre os anos de 1914 a 1918, o Brasil só praticava a importação de veículos montados, ficando atrás de muitos outros países que já possuíam suas unidades fabris. Foi então em 1919 implantada a primeira linha de montagem desenvolvida pela Ford, produzindo o tão famigerado modelo T. Alguns anos depois, em 1925, a *General Motors* (GM) iniciou também a montagem de automóveis importados dos Estados Unidos, no ano seguinte a *International Harvester* começou a montagem de caminhões, posteriormente seguida pela Fiat.

Devido ao *crash* da bolsa de valores de *New York* em 1929 e logo em seguida o declínio da economia cafeeira, as transações arruinaram e o progresso do setor foi retardado. Já em 1930, a GM instalou sua primeira fábrica na cidade de São Caetano do Sul localizada no estado de São Paulo. Porém, foi somente após a 2ª Guerra Mundial que a fabricação pôde retomar, com a instalação da *Studebaker*, que posteriormente se tornou a Vemag do Brasil (SILVA,2011).

Ainda em consonância com Silva (2011), em 1950 a população brasileira era de 51 milhões de habitantes, nesse período os automóveis exerciam um papel de grande relevância nas importações. No ano seguinte chegou a representar 15% dos US\$ 1,1 bilhão que o Brasil despendia no comércio exterior. Entre os anos de 1925 a 1950 só a GM conseguiu um montante superior a 200 mil veículos montados no país, sendo assim eram importados 100 mil veículos além de autopeças, o que ultrapassava em valor monetário o que o país desembolsava com petróleo e trigo.

Por outro lado, a ascensão da indústria automotiva brasileira dar-se-ia início no fim da Era Vargas, que segundo o Centro Internacional Celso Furtado de Política para o Desenvolvimento (2007), por sugestão da sua assessoria econômica, criou sob decreto a Comissão de Desenvolvimento Industrial (CDI), com a finalidade de estudar e propor providências de ordem econômica, financeira e administrativa, que eram de suma importância para o estabelecimento de novas indústrias no país e à ampliação daquelas já existentes. Criado em 1951, o CDI tinha a subcomissão de jipes, caminhões, tratores e automóveis. Liderada por Lúcio Meira, essa subcomissão construiu um plano para o melhoramento da indústria

automotiva no Brasil, por meio das demandas de mercado, cujo os segmentos eram: setor de autopeças, revendas e fábricas (LATINI, 2007).

A instalação do setor automotivo foi uma atribuição de Lucio Meira, que, exerceu o cargo de ministro de Viação e Obras Públicas, do governo Kubitschek, e também presidiu o BNDE, no qual se empenhou a cuidar da infraestrutura rodoviária e da produção de veículos pesados (CENTRO INTERNACIONAL CELSO FURTADO DE POLÍTICA PARA O DESENVOLVIMENTO, 2007).

Segundo Rego e Faillace Junior (2017), a comissão apresentou o “Plano nacional de estímulo à produção de automóveis e à implantação gradativa da indústria automobilística”, constituindo suas diretrizes básicas. O relatório formulado sofreu duras críticas que segundo Furtado (2009), citado por Rego e Faillace Junior (2017), “o grande problema dos países subdesenvolvidos nas suas transformações estruturais de desenvolvimento industrial era de caráter financeiro”.

Conforme Shapiro (1988), a Comissão de Desenvolvimento Industrial concebeu um novo delineamento referente a um anteprojeto de criação da Comissão Executiva da Indústria de Material Automobilístico (CEIMA). Logo sob Decreto, a CEIMA foi estabelecida por Vargas. Estava sendo criado o embrião do Grupo Executivo da Indústria Automotiva (GEIA).

Até 1954, a CDI, com o Sindipeças, conseguiu avançar muito, porém, com a morte de Vargas, o projeto se tornaria segundo plano na gestão de Café Filho. Porém, devido ao suicídio de Vargas, se estabeleceu uma crise do BNDE que impactou o processo de instalação da indústria automobilística no Brasil. O assunto só retomaria com Juscelino Kubitschek (JK), que trouxe orientação estratégica ao desenvolvimento industrial que caminhava sem um projeto definido e com fortes resistências (LATINI, 2007; FURTADO, 2009; TAVARES, 2009 *apud* SEGUNDO REGO E FAILLACE JUNIOR, 2017).

De fato, o marco do surgimento da indústria automotiva no Brasil só ocorreu em 1956, quando o então presidente Juscelino Kubitschek, sob Decreto, estabelece o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA). Conforme Elias e Telles (2015), o Plano de Metas do governo JK objetivava uma inversão na estrutura da indústria do país, para favorecer os bens de consumo duráveis. O setor energético e de transporte foram os mais beneficiados, ambos passaram a ser tratados como joia da coroa no referido atual governo.

Por esse motivo, segundo Silva (2011), o governo de Juscelino Kubitschek elevou o Brasil ao patamar de 10º produtor mundial de veículos, o 5º maior produtor de caminhões e o 1º produtor mundial de ônibus. Muitos recursos foram dispendidos nesse processo de nacionalização das montadoras, uma vez que existiam muitos entraves desde a falta de mão de

obra especializada até a disposição de tecnologia local. Ainda por cima, o capital disponível para a indústria de autopeças era insuficiente e a infraestrutura era bastante inepta. A partir da inovação na logística mundial através do uso de contêineres, os portos investiram em equipamentos que facilitassem a movimentação e a utilização de guindastes, proporcionando também treinamento especializado para formação de mão de obra.

Conforme Caputo e Melo (2009) destacam, as diretrizes do governo para um bom desempenho das metas do GEIA, foram direcionadas com o objetivo de se estabelecer uma atmosfera que proporcionasse segurança para estimular o comprometimento por parte dos empresários. O Governo entraria com incentivos econômicos, fornecimento de créditos, benefícios fiscais e cambiais. Nesse sentido, o GEIA procurou e estimulou a submissão de novas propostas. Como demonstra o Quadro 1, no período de quase dois anos foram classificados 18 projetos, entre os quais 11 foram efetivamente executados.

De fato, a década de 50 foi primordial para implantação de forma definitiva da indústria automotiva. De maneira geral, pode-se dizer que a produção brasileira passou por um crescimento meticuloso até se deparar com a segunda crise do petróleo e a “década perdida” de 1980 (ALMEIDA, 1972).

Quadro 1 - Projetos aprovados pelo GEIA

N.	Empresa	Capital	Capital Social (Cr\$ mil)	Produtos
1	Willis	Nacional	5.610,00	Jipes e automóveis de passeio
2	Vemag	Nacional	2.000,00	Caminhões, utilitários, passeio
3	FNM	Nacional	4.000,00	Caminhões, automóveis
4	Volkswagen	20% nacional	4.385,00	Automóveis de passeio
5	Mercedes Benz	50% nacional	5.000,00	Caminhões e ônibus
6	Simca	50% nacional	600,00	Automóveis de passeio
7	Ford	100% estrangeiro	3.673,00	Caminhões
8	General Motors	100% estrangeiro	3.575,00	Caminhões
9	Scania Vabis	100% estrangeiro	610,00	Caminhões
10	Toyota	100% estrangeiro	175,00	Jipes
11	InternationalHarvest	100% estrangeiro	1.636,00	Caminhões

Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado Rego e Faillace Junior (2017)

Diante do que expõe Daudt e Willcox (2018), compreende-se que a partir dos anos 90 a indústria automotiva experimentou mudanças globais, por meio da sua abertura internacional, atraindo novos investimentos fora dos países centrais. Porém, mesmo com a abertura econômica unilateral, o país não conseguiu livrar-se do desacelerado crescimento e das várias crises que

aconteciam fora das suas fronteiras. Verdadeiramente, o início dos anos 90 foi um período de adversidades, por outro lado, em 1996, com instauração do Regime Automotivo Brasileiro (RAB), o setor começou a atrair novas instalações de plantas fabris. Entretanto, esse horizonte de uma maior demanda se mostrou insustentável, uma vez que o setor teve o mesmo nível de faturamento da década passada.

Diante disso, Lima (2016) destaca que o final dos anos 90 e início dos anos 2000 registrou uma grande capacidade ociosa na indústria automotiva, devido ao retardo no crescimento da economia, as sucessivas crises externas somados também a crise energética brasileira.

Na concepção de Lima (2016), os anos 2000 são delineados pelo encadeamento do processo de abertura comercial e financeira da economia e uma atuação mais competente e enérgica do que a década de 90. Variadas propostas e medidas de políticas industriais surgiram levando em conta políticas individualizadas para as indústrias de automóveis e autopeças.

Devido ao crescimento do mercado doméstico, a partir dos anos 2000, a indústria automotiva recebeu novos investimentos que proporcionaram a criação de novas plantas bem como a modernização dos procedimentos e produtos. A título de exemplo entre os anos de 2003-2006 o faturamento das indústrias automotivas mais que dobrou, passando de US\$ 15,7 bilhões para US\$ 37,3 bilhões (SARTI; BORGHI, 2015).

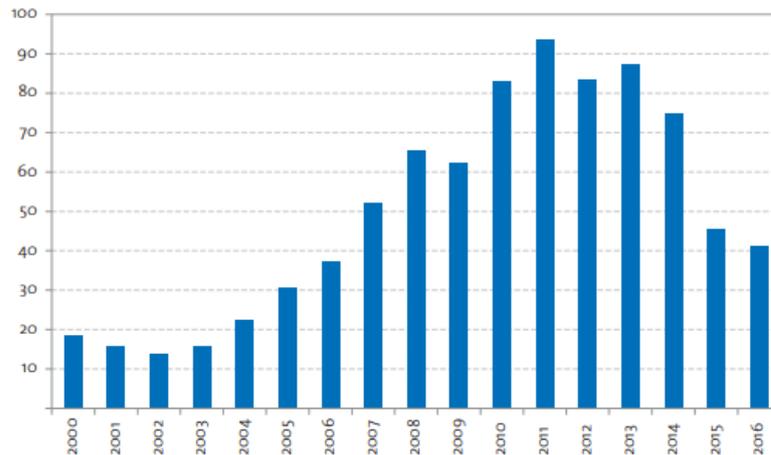
Conforme desenho conceitual elaborado por Bielschowsky (2012), a recente estratégia de desenvolvimento para o Brasil comprova que um dos “motores” do desenvolvimento foi a instituição de um abrangente mercado interno de consumo em massa. As indústrias automotivas encontraram no Brasil um mercado potencialmente em ascensão, marcado pela predominância da chamada “classe C”, esse favorecimento se deve as políticas de expansão de crédito e pelos benefícios tributários que propiciaram uma maior acessibilidade a aquisição de veículos.

Logo em 2003, ocorreu uma evolução sistemática dos indicadores de produtividade da indústria: a produção total de veículos saltou de 1,5 milhão para aproximadamente 2,6 milhões em 2008 e já em 2013 alcançou a marca recorde de 3 milhões de unidades. Paralelamente o faturamento líquido cresceu mais que 5 vezes durante esse período, saindo da marca de US\$ 15,7 bilhão em 2003 atingindo US\$ 87 bilhões em 2013, conforme mostra a Figura 3 (DAUDT; WILLCOX, 2018).

Inquestionavelmente a grande crise mundial que ocorreu em 2008 chegou ao Brasil, mesmo com um certo retardo, mas foi o suficiente para retrair o panorama de vendas nos últimos meses de 2008. Todavia o país soube reagir adotando medidas para reduções de impostos, e uma ênfase maior dos bancos estatais para equilibrar a redução dos créditos dos bancos privados.

Através dessas ações o país pode conter perdas maiores no seu contexto econômico e logo em seguida a indústria automotiva pode retomar seu crescimento (DAUDT; WILLCOX, 2018).

Figura 3 - Faturamento líquido do segmento de autoveículos (US\$ bilhões) de 2000 a 2016



Fonte: ANFAVEA (2020)

Sem dúvidas a indústria automotiva é impressionantemente valiosa para macroeconomia brasileira, os números e estatísticas expressos na Figura 4 demonstram o panorama da relevância e necessidade de permanência desse setor para avanços na economia do país, principalmente o período pós COVID-19.

Figura 4 - Panorama da indústria automobilística brasileira



Fonte: ANFAVEA (2021)

2.2 PROBLEMÁTICA DE ELVS

É irrefutável a expansividade conquistada pela indústria automotiva nas últimas décadas, já que as estatísticas da produção de veículos expressam um crescimento constante. No mundo,

em 2019, foram produzidos mais que 91 milhões de veículos contrapondo cerca de 56 milhões produzidos em 1999 (OICA, 2020).

Entretanto a indústria automotiva vem enfrentando sérios e significativos desafios que estão estritamente relacionados a essa propulsão do setor, visto que os veículos têm um impacto ambiental relevante em todas as etapas do seu ciclo de vida. Por exemplo: durante a montagem do carro são consumidos recursos de diversas naturezas, emissões de poluentes são direcionadas para a atmosfera e ocorre a geração de resíduos provenientes da produção de materiais/componentes. Já durante a utilização do veículo, há o consumo de energia (combustível) e emissões de gases de efeito estufa e poluentes (CO₂, NO_x, partículas) e por fim, a geração de resíduos e liberação de substâncias perigosas quando o carro se torna um veículo em fim de vida (VERMEULEN et al., 2011. Nesse sentido, para Yang e outros (2019), o grande número de veículos resulta em aumento de desperdício em razão do gerenciamento inapropriado de ELV.

Conforme Go et al. (2011), um veículo em fim de vida (ELV) é caracterizado como um veículo descartado ou que deve ser descartado pelo seu proprietário registrado como resíduo. Ainda de acordo com o autor, os veículos geralmente alcançam o fim da sua vida útil quando chegam a uma determinada idade (12 a 14 anos), ou por efeito de danos graves após um acidente. Desse modo, entende-se que não há data determinativa para o qual o veículo seja considerado um ELV.

Nesse contexto, os ELVs podem ser classificados em 2 grupos: natural e prematuro. Os veículos considerados prematuros alcançam o fim da vida útil antes de chegar à vida útil média, isso pode acontecer devido a uma série de fatores, seja por roubo, inundações, incêndios ou danos causados por acidentes. É válido destacar que os veículos frutos desses casos tem um considerável montante de peças que são passíveis de reutilização antes de serem processados. Por outro lado, os ELVs naturais são caracterizados por aqueles que com o passar dos anos chegaram à obsolescência. Normalmente esses veículos encontram-se em um estado de conservação ruim e o valor de revenda da peça é irrisório, além do que precisam receber tratamento por questões de saúde e segurança antes de prosseguirem para despoluição e processamento posterior (GO et al., 2011).

2.2.1 Impactos ambientais provocados pela geração de ELVs

Os aspectos ambientais caracterizam uma variável significativa no mercado atual, visto que ela favorece a redução de custos e abre novas oportunidades de negócios, além disso é

capaz de proporcionar vantagens ao *marketing* através de uma imagem positiva diante de clientes e *stakeholders*.

Nessa mesma perspectiva, órgãos e autoridades governamentais relacionados ao meio ambiente vem despertando a urgência em minimizar os impactos ambientais provocados pelos veículos em fim de vida útil. Em concordância com Martins (2011), a problemática do ELV está estritamente interligada com quantidade de resíduos gerados e consequentemente a sua perigosidade. O arranjo estrutural de um carro modificou-se significativamente nos últimos anos, os componentes que eram mais recicláveis e proporcionava uma maior rentabilidade foram gradativamente sendo substituídos por materiais mais leves como o plástico, essas modificações visaram reduzir o consumo de combustível, mas em contrapartida trouxeram impasses no segmento da reciclagem. Entre os resíduos mais complexos encontram-se os óleos e as espumas, que são componentes altamente perigosos e inflamáveis, juntamente com as baterias, condensadores e sistemas de refrigeração que contêm substâncias altamente tóxicas.

Ainda segundo Martins (2011), a reciclagem de ELV nos países desenvolvidos é hoje o ponto mais alto do gerenciamento ambiental. O que eleva a preocupação das entidades relacionadas à área ambiental é o processo inicial de desmantelamento de ELVs, que vem sendo diretamente prensados e triturados para posteriormente seguirem para o processo de reciclagem e recuperação dos seus respectivos materiais. Dificuldades como barulhos e perigos imediatos, assim como risco de explosões, juntam-se à dispersão de substâncias tóxicas, tanto na atmosfera quando a partir dos resíduos sólidos dessa etapa primária da reciclagem automotiva, que contém metais pesados e outros contaminantes.

Smith e outros (2004) classificam os impactos dos ELVs em um conjunto de três problemáticas: social, econômica e ambiental. No que se refere ao aspecto social, tem-se o impacto visual negativo dos veículos abandonados em vias públicas que corrobora para desconfiguração da mesma e ilustra um ambiente descuidado, além disso, eles caracterizam um perigo em potencial, já que os componentes podem se tornar um canal de ignição para incêndios e ainda favorecer os atos de vandalismos.

No prisma da problemática econômica, a logística para o tratamento de ELV representa um característico entrave, esse processo é complexo e acarreta altos custos para que os materiais resultantes não se tornem um perigo ao meio ambiente. Por fim, a problemática ambiental é sem dúvidas a que mais gera repercussões, já que existe um desperdício associado a má administração de recursos, visto que a maioria dos materiais podem ser reutilizados e/ou reciclados. Os componentes veiculares podem contaminar os solos e lençóis freáticos por meio da lixiviação. O autor afirmar que é fundamental executar um gerenciamento otimizado desses

resíduos, pois podem transformar os mesmos em recursos economicamente rentáveis, suprimindo dessa forma a poluição ambiental e a social.

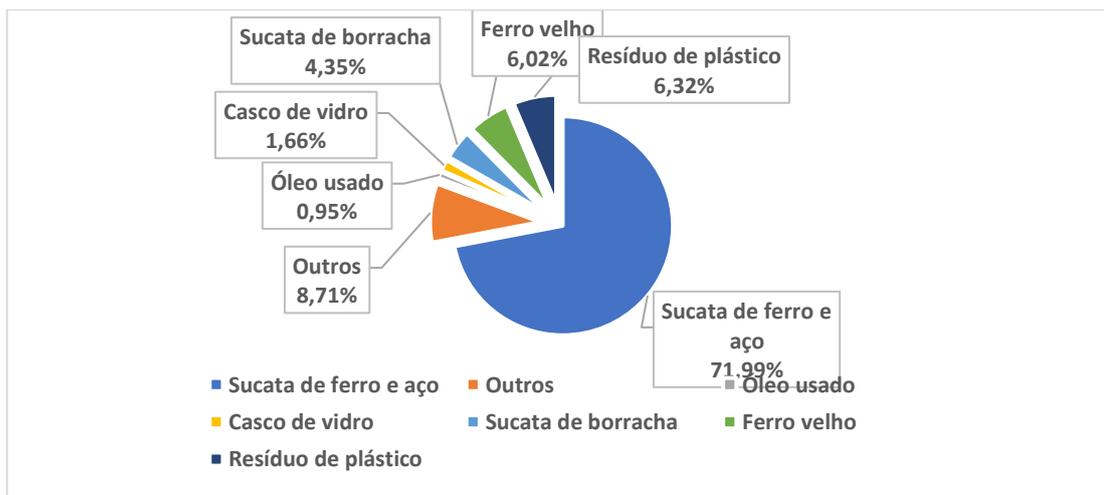
2.2.1.1 Composição média dos Veículos em Fim de Vida

De acordo com Martins (2011) e baseado em informações relativas à fase de produção, não é tão fácil apurar os elementos exatos dos veículos em gerais, devido à quantidade de modelos e marcas existentes no mercado. No entanto, as experiências com as técnicas de processamento de ELV permitiram nos últimos anos identificar dados que levam à composição média dos resíduos gerados.

Sendo assim, fundamentado pelos procedimentos da operação de reciclagem de ELV, os recursos renováveis são resumidos e distribuídos conforme as práticas de reciclagem expressos na Figura 5.

Os ELVs são compostos de materiais que podem proporcionar muitos benefícios para a reciclagem. Inclusive, Andersson e outros (2017), em seus estudos sobre cadeias de valor de reciclagem automotiva, chegaram à conclusão que metais como ferro, alumínio e platina são recursos altamente passíveis de reciclagem, por outro lado materiais, como plásticos e metais escassos apresentaram baixos índices de reciclagem e algumas vezes nem chegam a serem reciclados. De acordo com Zhou e outros (2016), as fábricas procuram elevar os níveis de reciclagem com vários tipos de metal reciclável, por meio de técnicas avançadas de desmontagem e tecnologias de moagem.

Figura 5 - Distribuição dos recursos na reciclagem de ELVs



Fonte: A Autora

Nota: Adaptado de Zhou et al. (2016)

A Análise da Figura 5 mostra claramente que a sucata de ferro e o aço são os elementos em maiores quantidades e em segundo plano estão os resíduos de plásticos. Atualmente, países

emergentes como China e Brasil, possuem restrições em suas tecnologias e operações técnicas de desmontagem para explorar a reutilização do aço e ferro com maior eficiência. Vale ressaltar que a inserção de polímeros na fabricação de veículos só tende a aumentar, porque são leves e possuem algumas propriedades mecânicas e físicas desejáveis, resultando na redução da massa total do carro e de consumo do seu combustível, logo a tendência será um incremento da quantidade de resíduos de plásticos e conseqüentemente uma atenuação dos resíduos ferrosos (VERMEULEN et al., 2011; MILLER et al., 2014; PORFÍRIO, 2018; ZHOU et al., 2019).

Além do montante de resíduos gerados, como já mencionado na seção anterior, os ELVs são compostos de diversos componentes que configuram itens de alta perigosidade. Para se compreender de forma assertiva a natureza e amplitude da problemática do universo que o ELVs está inserido, é necessário qualificar e quantificar os impactos ambientais associados a estes resíduos seja através de uma gestão ausente ou insuficiente. O Quadro 2 apresenta os impactos e suas respectivas conseqüências cuja origem deve-se a uma gestão de resíduos inapropriada ou até mesmo ilegal (PORFÍRIO, 2018).

Fernandes (2009) salienta ainda que os aterros sanitários não devem ser caracterizados como solução ideal para abrigar o destino final dos resíduos de fragmentação, nesse caso deve-se optar por alternativas que possibilitem o reaproveitamento desses materiais. Conforme Cossu e Lai (2015), os ELVs são processados de acordo com um esquema de tratamento sistematizado em três etapas: despoluição, desmantelamento e trituração. A fração ferrosa corresponde a cerca de 70-75% da produção triturada, enquanto os metais não ferrosos equivalem aproximadamente 5%, o restante (20-25%) são denominados de Resíduos de Trituração Automotiva (ASR).

Embora o descarte em aterro apresente problemas ambientais relevantes, o ASR, devido à sua matriz homogênea e complexa, geralmente vem sendo destinado ao aterro (GHK/BIOIS, 2006). Segundo Cossu e Lai (2013), o chorume originado em aterros sanitários de ASR é constituído por uma presença significativa de compostos orgânicos e metais pesados que podem causar uma ameaça potencial para o meio ambiente. Assim sendo, estudos laboratoriais detectaram a liberação de fluorocarbono de resíduos de trituração dispostos em uma célula de aterro sanitário (SCHEUTZ, et al., 2010).

O cenário dos efeitos provocados por uma gestão ausente ou ilegal é demasiadamente complexo e desastroso, envolve a elucidação de um conjunto de soluções heterogêneas que necessitam do envolvimento de todos os agentes, a começar dos mecanismos de prevenção e redução de resíduos até o processo de reciclagem e/ou o reaproveitamento.

Quadro 2 - Principais impactos de uma gestão inadequada ou ilegal dos ELVs

Origem	Impactos	Consequências
Abandono de veículos	<ul style="list-style-type: none"> - Habitat para espécies indesejáveis, como ratos e vermes e liberação de componentes perigosos, como fluidos e óleo, para os solos, águas e ar; - Impacto visual negativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Risco para saúde pública e contaminação ambiental; - Degradação da paisagem; - Depleção de recursos materiais; - Desvio de substâncias ou componentes reutilizáveis
Práticas de desmantelamento inapropriada	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de componentes perigosos, como óleos e outros fluidos, para os solos, ar e água 	<ul style="list-style-type: none"> - Riscos para a saúde pública e contaminação ambiental grave
Armazenagem desordenada na ausência de proteção do solo (empilhamento de veículos)	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de óleos e outros fluidos perigosos contaminantes dos solos e das águas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Riscos para a saúde pública - Contaminação ambiental grave; - Desvio de substâncias potencialmente recicláveis
Recuperação de metais e abandono das frações não metálicas	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de metais pesados, fluidos, óleos, PCB, amianto, PVC, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riscos para a saúde pública; - Contaminação ambiental grave; - Redução taxa de reciclagem de materiais não metálicos e de reutilização de componentes; - Abandono de grandes quantidades de resíduos sem controle ambiental; - Depleção de recursos materiais

Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Porfírio (2018); Fernandes (2009)

Para Medina e Gomes (2003), a gestão ambiental na indústria automobilística apresenta muitas nuances e nem sempre apresenta resultados em curto prazo. Na realidade, se faz necessário estabelecer uma rede de cooperação permanente entre o setor produtivo, setor público, entidades de classe e demais agentes econômicos, sob o monitoramento constante de consumidores e da sociedade em geral. Essa nova cadeia em torno da indústria automobilística irá favorecer a recuperação e o aproveitamento de novos materiais de menor impacto ambiental. Ainda segundo o autor, as inovações em materiais voltados para questão ambiental é outra opção de busca por soluções técnicas para essa questão.

2.2.2 Logística reversa com ênfase em ELVs

Por meio do avanço comportamental e da consciência de proteção ao meio ambiente e também do reconhecimento de recursos materiais renováveis e de alto valor agregado em produtos residuais, a Logística Reversa (LR) tem sido extensivamente utilizada ao redor do mundo.

Na literatura existem várias definições sobre logística reversa, embora todas venham convergir para mesma finalidade, existem algumas nuances que abrangem um maior entendimento acerca do assunto, alguns autores fornecem uma visão mais parcial e outros uma visão que sobrepõe as demais e que vale a pena serem destacadas. Thierry et al. (1995), abordam a LR sob a ótica de um produto sob uma gestão de recuperação, como sendo:

a gestão de todos os produtos, componentes usados ou descartados e materiais que estão sob a responsabilidade de uma empresa de manufatura. O objetivo da gestão de recuperação do produto é para recuperar tanto o valor econômico (e ecológico) quanto razoavelmente possível, reduzindo as quantidades finais de resíduos (THIERRY et al., 1995, p.114).

De acordo com Ait-Kadi e outros (2012), um dos aspectos mais relevantes da LR, desdobram-se a partir de definições como essa acima. Verdadeiramente, a Logística reversa está sob o horizonte da gestão de recuperação de produtos, que tem por objetivo captar algum tipo de valor concomitante a busca de reinserir produtos no mercado. Embora essas definições ressaltem a relevância da LR relacionada as questões ecológicas e também ao valor agregado, elas não são suficientes para entender a amplitude de atividades não explícitas, como por exemplo o fluxo de materiais e informações.

Nesse sentido Rogers e Tibben-Lembke (1998) definem a logística reversa, adaptando a definição proposta pelo Conselho de Gestão Logística, como sendo:

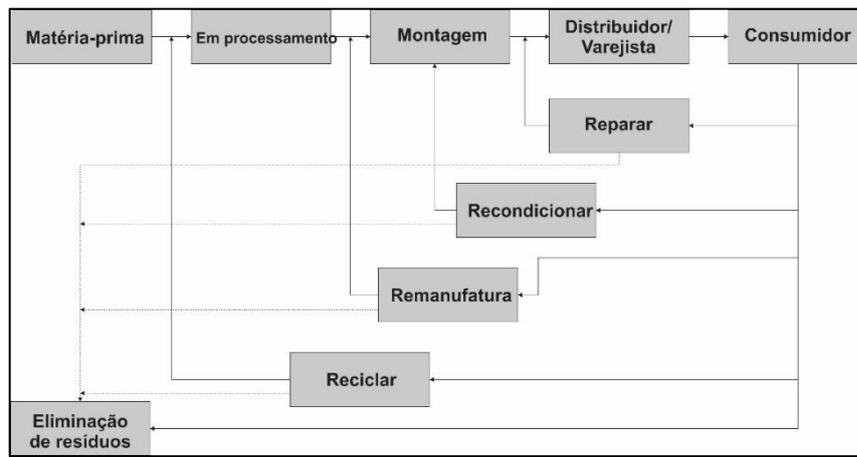
O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, fluxo econômico de matérias-primas, estoque em processo e acabado, bens e informações relacionadas desde o ponto de consumo até o ponto de origem para fins de recuperação de valor ou descarte adequado (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998, p. 271-272).

A abordagem clássica da cadeia de abastecimento, denominada atualmente de cadeia de abastecimento progressivo, não vincula nenhum tipo de atividade responsável pelos produtos em fim de vida. Por isso, a cadeia de suprimentos reversa, ou logística reversa, visa contabilizar esses produtos de forma mais ambientalmente e coerente possível. Diante disso, surgiu a necessidade de evolução da configuração atual das cadeias, passando-se a chamar cadeias de abastecimento do ciclo fechado (CLSC), composta das cadeias de abastecimento progressivas integrada com as cadeias reversas (GOVINDAN; SOLEIMANI 2017).

Como aponta Govindan e Soleimani (2017), a CLCS possui duas finalidades: a primeira, gere os processos de valor agregado com intuito de atender as demandas dos clientes, a segunda, tem por objetivo coletar os produtos em fim de vida e destiná-los as melhores práticas de tratamento. De maneira geral, a Figura 6 ilustra os processos da CLSC tanto da cadeia de abastecimento pra frente quanto das operações reversas.

No decorrer dos anos, milhões de toneladas de produtos encerram seu ciclo de vida e se tornam resíduos no meio ambiente. No meio desse montante se encontram os veículos em fim de vida, que por sinal compreendem uma generosa parte dos resíduos depositados na natureza. Os indicadores relevantes mostram que há uma tendência positiva crescente exponencialmente com o desenvolvimento da economia, que acompanha os altos índices de urbanização e consequentemente um aumento nas taxas de propriedade de veículos (BURCHART-KOROL, 2018).

Figura 6 - Funcionamento da Cadeia de Abastecimento do Ciclo Fechado



Fonte: A Autora (2021)

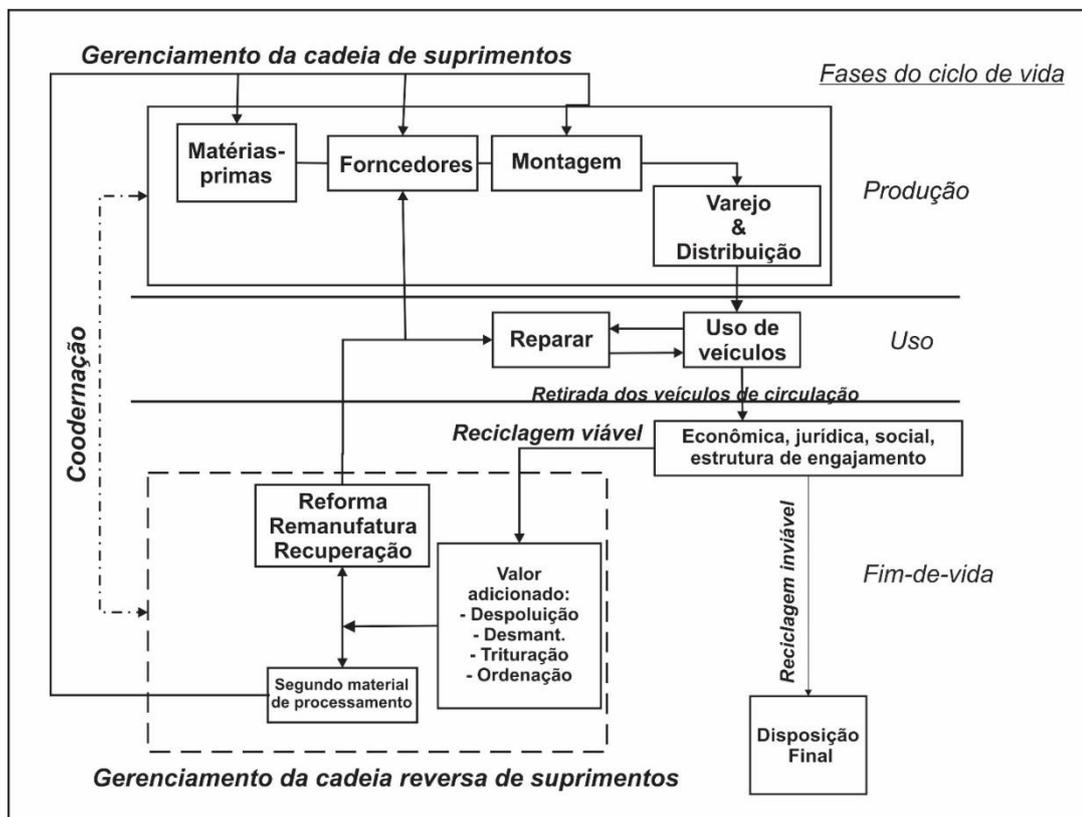
Nota: Adaptado de Khor e Udin (2012)

Para Cruz-Rivera e Ertel (2009), o fluxo reverso de ELVs está centrado na coleta e transporte de carros resultantes de acidentes e daqueles que alcançaram obsolescência, com a finalidade de conduzi-los para reutilização, reciclagem ou descarte dos seus materiais. Tais atividades não se resumem apenas pela motivação do lucro, mas também busca respeitar as cotas de reciclagem. Ainda segundo os autores, a cadeia de suprimentos reversa para gestão de ELVs é formada pelas redes de partes interessadas que buscam agregar valor ao ELV. Essas interligações que existem nessas redes são constituídas por materiais, informações e fluxos financeiros e as partes interessadas tem atribuições diferentes, como a retirada, despoluição, desmontagem, logística, trituração, reciclagem, recuperação de energia, descarte e venda. A Figura 7, demonstra o funcionamento dessa cadeia por meio dos ciclos de vida de um veículo automotivo.

O estado atual da gestão de ELVs nos países em desenvolvimento, ainda é uma questão prematura se comparado aos países industrializados; falta envolvimento de autoridades governamentais, fabricantes, entidade de classe e do olhar da sociedade para o meio ambiente. No caso do Brasil, por exemplo, falta diretivas legais e planos de reciclagem para gestão desse

tipo de produto em fim de vida. Segundo Cruz-Rivera e Ertel (2009), a gestão em países em desenvolvimento é promovida pelas demandas de mercado, que visa obter lucro com a recuperação de materiais e componentes valiosos. A desagregação da cadeia reversa de ELV é a realidade desses países, devido à escassez de relações comerciais entre as partes interessadas e isso se deve à ausência de padronização e consolidação das redes de agregação de valor, o que promove a práticas inadequadas nas atividades de processamento dos ELVs. Tudo isso propicia consequências negativas no valor da recuperação desses veículos, como por exemplo, a contaminação do material triturado por fluidos operatórios. Esse efeito prejudica a recuperação eficaz do valor agregado ao ELV, pois a indústria de aço recusa o resíduo triturado do ELV.

Figura 7 - Cadeia de abastecimento em circuito fechado para veículos



Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Schultmann et al. (2004)

Além desses entraves, outro problema remete a localização de pátios de sucata e a determinação dos fluxos ideias entre diferentes instalações. Como as atividades de LR possuem certa complexidade e muitas vezes não fazem parte do escopo de atividades e nem das tecnologias utilizadas pelas montadoras, estas tendem a terceirizar as operações da LR para outras companhias. Para desenvolver as atividades de logística reversa é necessário um

investimento elevado em equipamentos de desmontagem, processos de recuperação e sistemas de informações (MAHMOUDZADEH et al., 2013).

Do ponto de vista de Sasikumar e outros (2009), há uma certa dificuldade para os fabricantes desenvolverem essas atividades, uma vez que a quantidade, qualidade, tempo e local, e a receita marginal do negócio com Logística Reversa é relativamente reduzida, e torna-se árduo alcançarem economia de escala. No entanto, na perspectiva de Adebajo e Xiao (2006), como um empresa terceirizada agrega múltiplas marcas, presume-se que ela domine as incertezas e a capacidade de alcançar as economias de escala.

2.2.3 Gerenciamento residual de ELVs: componentes automotivos e procedimentos

Quando um veículo alcança seu tempo de utilidade, ou seja, quando não é mais possível ele desempenhar sua função essencial de transportar pessoas e/ou cargas ou até mesmo quando ele é proibido de circular no país por questões de danos ao meio ambiente, o mesmo precisa ser direcionado para um centro de recepção que será encarregado de conduzi-lo para o desmantelamento. Com intuito de elevar a taxa de reciclagem, o processo de desmontagem dos componentes veiculares requer uma certa atenção, na cadeia de fim de vida, esses itens necessitam serem desmontados na primeira etapa, pois são componentes de valor econômico que serão destinados para reutilização, remanufatura ou reciclagem (GO et al., 2011).

Além disso, Mathieux e outros (2008) destacam duas estratégias que devem ser utilizadas por fabricantes para beneficiar a recuperação de produtos em fim de vida: ação curativa e preventiva. A primeira refere-se a inclusão da promoção do desenvolvimento técnico e econômico e aperfeiçoamento dos processos de recuperação a serem executados nos produtos em final de vida. Por outro lado, a ação preventiva visa aprimorar, através de um projeto melhor, a recuperabilidade do produto. Essa estratégia é conhecida como Design para Reciclagem ou Design para o meio ambiente.

Nesse primeiro momento serão discutidos os aspectos técnicos voltados para ação curativa, destacando as práticas que vêm sendo utilizadas ao redor do mundo, que por sinal exigem uma série complexa de atividades. Essa complexidade se refere aos esforços para maximizar o reaproveitamento dos materiais, uma vez que a segurança dessas atividades deve estar garantida, assim como a minimização dos danos ambientais durante a execução das mesmas.

A recuperação de componentes automotivos pode seguir por três caminhos: Reuso, Remanufatura e Reciclagem. O reuso trata-se da remoção dos componentes de um produto que ainda sejam reutilizáveis em outro produto com a mesma função (ROMANINI, 2013). Se não

puderem ser reutilizados diretamente e necessitem de alguma operação complementar, isso é chamado de remanufatura, o que significa que um produto é reprocessado ou atualizado em um processo industrial (ÖSTLIN et al., 2009). A reciclagem implica que o material descartado é processado e surge uma nova matéria-prima para produção de um novo produto (LAMBERT E GUPTA, 2005).

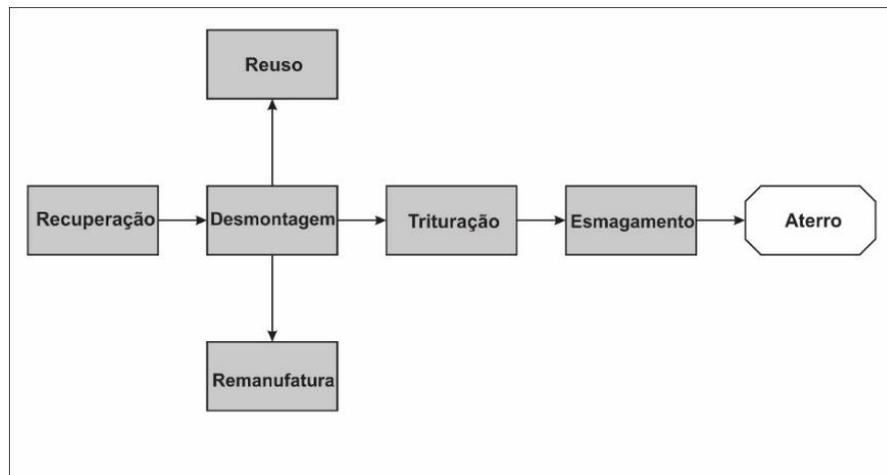
De acordo com Castro (2012), a reciclagem de veículos desenvolvida na atualidade, é praticada de maneira quase que sistêmica, nos países da Europa, Estados Unidos e no Japão. Em cada continente existem diferentes critérios e diretivas legais vigentes para classificação da condição do veículo em fim de vida, no entanto em todos os países pode-se identificar a aplicação de uma série de regulamentações mínimas que possibilitam o processo de reciclagem de veículos.

Segundo Tian e Chen (2014), a eficácia do processo de desmantelamento está diretamente relacionada às fases subsequentes no processamento de várias peças. De acordo com os autores o processo de desmontagem pode ser caracterizado em dois tipos, a saber, o modelo europeu/americano e o modelo asiático. Devido ao onerado custo da mão de obra nos EUA e na Europa, o processo de desmontagem é mecanizado em grande escala. Diferentemente, os países asiáticos desenvolvem essas operações de maneira manual e mecânica, uma vez que o baixo custo da mão de obra viabiliza o desmantelamento de forma híbrida (COATES; RAHIMIFARD, 2009; SANTINI et al., 2011).

A Figura 8 sintetiza o modelo genérico de processamento de ELV usado em todo o mundo (países que praticam o desmantelamento).

É válido destacar aspectos valiosos do processo de desmantelamento americano, dado que é considerado o mais avançado quando comparado a outros países. O país tem estudado e desenvolvido técnicas de remanufatura para peças de ELV por mais de 30 anos. Por formarem um sistema em grande escala, a remanufatura de peças automotivas vem sendo considerada a maior indústria de remanufatura dos Estados Unidos. Os processos dentro das empresas seguem padrões de testes rigorosos e são regularmente inspecionados para garantir produtos comparáveis ao original e todos os aspectos do processo de desmontagem são otimizados para o desenvolvimento econômico (TIAN; CHEN, 2014).

Figura 8 - Síntese do processo de desmontagem de ELV



Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado Tian e Chen (2014)

2.2.3.1 Tratamento passo a passo

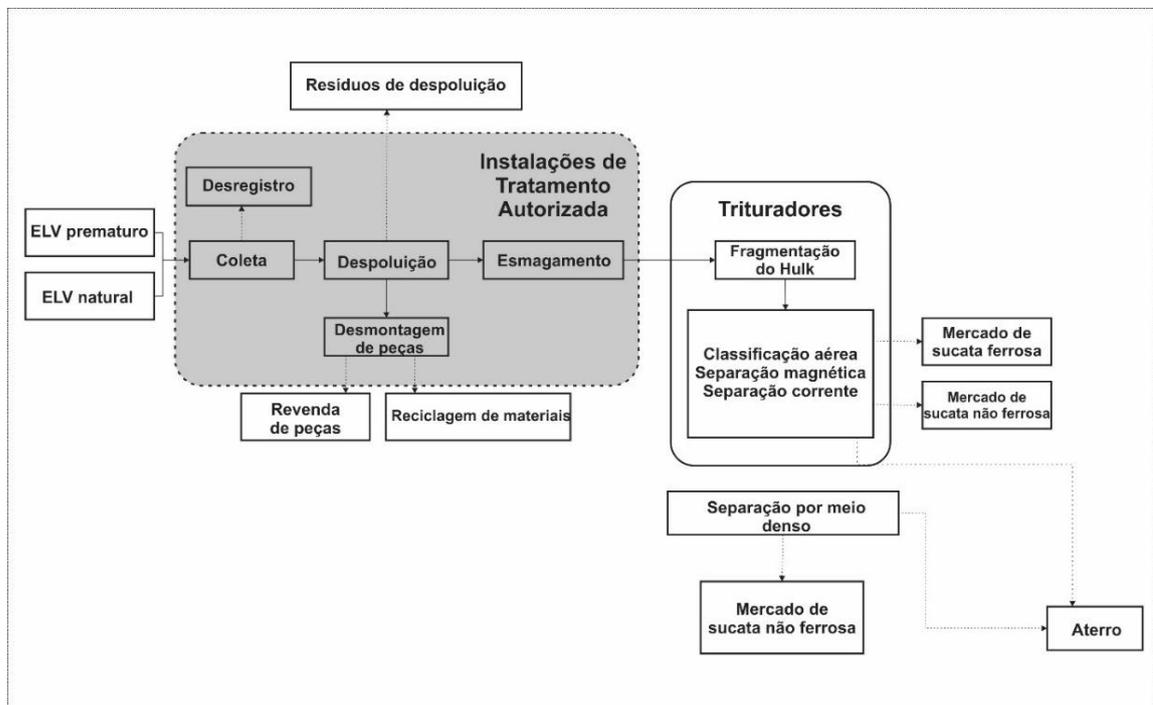
Em geral os ELVs são processados conforme um sistema de tratamento dividido em três macro etapas, são elas: despoluição, desmontagem e trituração. A Figura 9 ilustra detalhadamente todo esse processo que será discriminado logo adiante, desde a recepção do ELV até o envio de resíduos para aterro.

Primeiramente o ELV chega a uma **instalação legalmente autorizada**, como resultado de um acidente (ELVs prematuros) ou porque alcançaram a obsolescência ou fim da vida útil (ELVs naturais). Em seguida, são **registrados** para realizar a baixa do veículo e **despoluídos**, no qual é executada a remoção de bateria, fluidos, pneus, lubrificantes, fluidos de freio, combustível, líquido de refrigeração, gás do sistema de ar condicionado e outras substâncias perigosas. O piso dessa instalação necessita ser impermeável, com pequena inclinação e canaletas de contenção, para impossibilitar a contaminação do solo, lençol freático, galerias de esgotos e águas pluviais. Concluída a despoluição, dar-se início a etapa de **desmontagem**, na qual ocorre a separação das diversas partes do ELV, que dependendo da sua idade e valor econômico, poderão ser alocadas à reutilização ou reciclagem. Nessa etapa estão incluídos a separação dos tecidos e espumas que compõem os bancos e tapeçaria do veículo, vidros, plásticos, borracha, assim como os metais nobres que podem ser encontrados em componentes como catalisador e radiador.

Dando continuidade ao processo de tratamento, o restante do veículo é conduzido para fase de **trituração** em moinho de martelos. Os metais ferrosos (aço) são selecionados por

separação magnética, enquanto a corrente parasita ou separação por meio denso é utilizado para selecionar os metais não ferrosos (cobre, alumínio, magnésio e etc.), nessa fase 75 a 80% do peso do ELV é reciclado ou reutilizado. O resíduo gerado é chamado de resíduo de trituração automotiva, em inglês *Automotive Shredder Residue* (ASR), também as vezes referido como “penugem de automóveis”, ou “resíduos de fragmentação”, o ASR é de difícil reciclagem, por isso comumente são conduzidos para **aterro**. O ASR é composto de plásticos, borracha, espuma, pedaços de metal residuais, papel, vidro e sujeira. Nos países da União Europeia o ASR é classificado como resíduo perigoso de acordo com lista de resíduos perigosos da sua respectiva diretiva 91-689 – EEC (VERMEULEN, et al., 2011; JOAQUIM FILHO, 2012; COSSU; LAI, 2013).

Figura 9 - Fluxo de um veículo através das diferentes operações de fim de vida



Fonte: A Autora (2021)

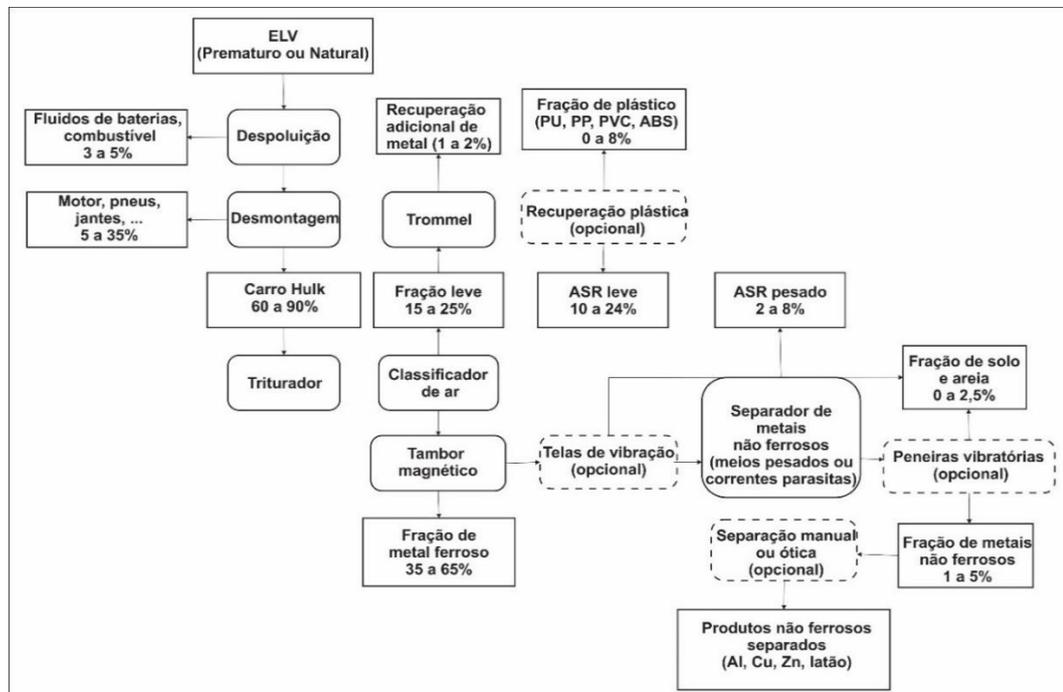
Nota: adaptado de Vermeulen et al. (2011)

Como aponta Ferrão e outros (2008), o processamento real de um veículo em fim de vida pode ser subdividido em múltiplos estágios, em cada um desses é produzida uma certa quantidade de massa de ELV que poderá ser direcionada para reutilização, reciclagem ou recuperação, conforme discriminadamente mostrado na Figura 9.

Assim como mostra Figura 10 é possível identificar que 5 a 35% da massa de um ELV é destinado para reutilização ou em alguns casos reciclagem. A escolha do tipo de destinação irá depender da idade do ELV, seja ele prematuro ou natural, do valor econômico dos componentes removidos e do custo da mão de obra para remoção desses. A parte de metal ferroso removido

de um ELV pode chegar até a marca de 65% e os metais não ferrosos podem acumular até 5% da massa total do ELV no seu estado inicial. A fração residual, denominada de ASR corresponde 15 a 25% da massa do ELV no seu estado inicial. O ASR é composto de uma série de materiais, dentre eles é possível encontrar uma parte considerável de plásticos, cuja separação eficiente ainda não é uma prática comum, além do mais acredita-se que essa fração residual só tende a aumentar, visto que o volume de plásticos usados em veículos aumentará em detrimento da fração de metal ferroso. A Figura 11, quantifica os principais materiais presentes no ASR. (VERMEULEN, et al., 2011; MORSELLI et al., 2010; NOURREDDINE, 2007).

Figura 10 - Representação esquemática do processamento de um ELV

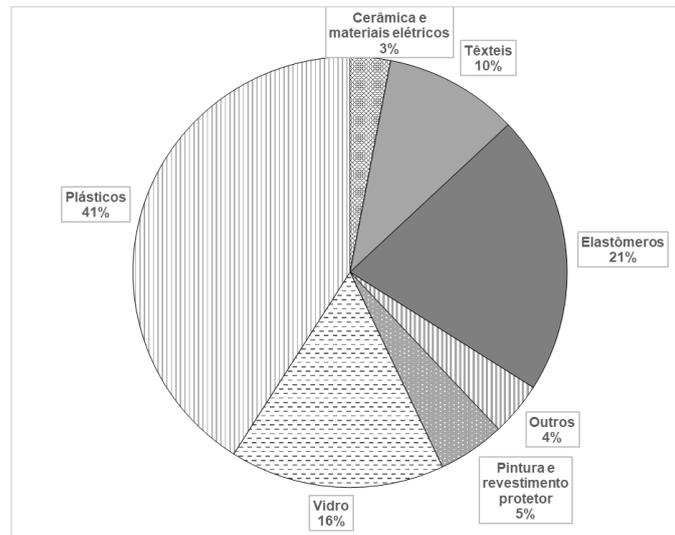


Fonte: A Autora (2021)

Nota: adaptado de Vermeulen et al. (2011)

Além da quantidade de resíduos gerado, os ELVs apresentam na sua composição vários componentes que possuem características classificadas como perigosa, e por isso indicam risco ao meio ambiente e saúde pública. Nesse cenário, o Quadro 3 lista os componentes classificados como perigosos, indicando as suas respectivas características de perigosidade e por fim um detalhamento da sua respectiva destinação final. Já o Quadro 4 lista os componentes que indicam potencial de valorização e não estão dentro espectro de perigosidade. É válido ressaltar, que a classificação de perigosidade e as práticas de destinação final indicados são fundamentados nas diretivas de Portugal, executada pela VALOCAR sociedade de veículos em fim de vida (PORFÍRIO, 2018).

Figura 11 - Composição do ASR



Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Mirabile et al. (2002)

De certo, a seleção do material correto para os componentes automotivos é uma característica imprescindível para suprir os requisitos de design automotivo para recuperação. A utilização de materiais reciclados é proporcionalmente mais significativa à medida que a devolução do produto e as imposições da legislação sobre a responsabilidade do produtor são implantadas (GO et al., 2011).

Quadro 3 - Lista de componentes considerados perigosos e respectivo destino

Componentes	Característica de perigosidade	Destinação
Bateria de arranque	Eletrocutável, Corrosivo e tóxico	Reutilização para o mesmo fim ou reciclagem para recuperação e aproveitamento dos diferentes materiais que fazem parte da bateria (eletrólito, chumbo e plástico). O eletrólito é encaminhado para uma estação de tratamento ou convertido em soda cáustica (que será utilizada, por exemplo, para detergentes ou têxteis). O chumbo pode ser utilizado para produzir novas baterias ou outros produtos, como cartuchos de caça. O plástico é usado, por exemplo, na fabricação de novas caixas de baterias, mobiliário urbano, tubos de rega ou vasos para plantas.
Bateria de tração (veículos híbridos e elétricos)	Corrosivo, inflamável e eletrocutável	Reutilização para o mesmo fim ou reciclagem para recuperação e aproveitamento dos diferentes materiais que fazem parte da bateria (ex.: metais como o alumínio, níquel e o cobalto).
Componentes identificados contendo mercúrio	Tóxico	O mercúrio recuperado é encaminhado para indústria química.
Fluido de ar condicionado	Tóxico, nocivo e inflamável	Recuperação do fluido térmico R134a (tetrafluoretano) para utilização em outros veículos e encaminhamento do fluido térmico R12 para incineração.
Depósito de gás de petróleo	Nocivo e inflamável	O depósito é encaminhado para reciclagem em siderurgias, de modo a ser utilizado como matéria-prima para artigos metálicos. O GLP ainda presente no depósito é reutilizado para o mesmo fim.
Óleo lubrificantes (motor e caixa de velocidade, engrenagem)	Tóxico e inflamável	Após tratamento prévio, podem ser encaminhados para: combustível alternativo para caldeiras incineradores, produção de um combustível semelhante ao gasóleo e produção de óleos base.
Óleo dos amortecedores	Tóxico e inflamável	Destinação semelhante ao dos óleos lubrificantes.
Líquido de arrefecimento	Tóxico	Reutilização para o mesmo fim ou recuperação do constituinte monoetilenoglicol presente no líquido, para produção de novo líquido de arrefecimento (a viabilidade dependente do teor do constituinte referido).
Filtro de óleo	Tóxico e inflamável	O corpo metálico do filtro é encaminhado para reciclagem em siderurgia, onde será utilizado como matéria-prima para artigos metálicos (Ex.: vigas para a construção civil). O óleo ainda presente no filtro é submetido ao mesmo processo de valorização dos óleos lubrificantes.

Componentes pirotécnicos (airbags e pré-tensores dos cintos de segurança)	Explosivo	Não se deve reutilizar estes equipamentos por colocarem em risco a segurança dos ocupantes do veículo. O tecido de nylon ou poliamida é passível de ser reciclado.
Combustível	Nocivo e inflamável	Reutilização para o mesmo fim (Ex.: em empilhadores) ou para outros fins (Ex.: lavagem de peças reutilizáveis).
Resíduos de fragmentação	Inflamável	Depositado em aterro ou valorização por co-incineração em fornos de cimento.

Fonte: A Autora (2020)

Nota: Adaptado de Porfírio (2018), VALOCAR (2015)

Quadro 4 - Componentes com potencial de valorização

Componentes	Destino de valorização
Pneus	Reutilização para o mesmo fim ou outras utilizações (Ex.: molhes marítimos, obras de construção civil), recauchutagem, reciclagem ou valorização energética.
Catalisadores (metais raros)	Reutilização para o mesmo fim ou reciclagem, sendo que o aço fundido é encaminhado para siderurgias para ser utilizado como matéria prima (Ex.: para a fabricação de vigas para a construção civil) e os metais preciosos fundidos são utilizados para fabricação de novos catalisadores ou joias.
Peças para reutilização	Reutilização direta ou após acondicionamento (Ex.: motor alternador e caixa de velocidades)
Vidros	Reutilização (de forma isolada ou por integração em outro componente, Ex.: porta) ou reciclagem seguida de encaminhamento do produto para as indústrias vidreiras e cerâmicas, onde é utilizado como matéria-prima. As indústrias de tintas e vernizes especiais, de abrasivos e de construção civil estão igualmente aptas a receber este produto.
Assentos (espuma e fibras)	Reutilização caso exista potencial, caso contrário são mantidos nas carcaças e encaminhados para centros de fragmentação. Os metais ferrosos e os metais não ferrosos são enviados para siderurgias e fundições, respetivamente. A espuma e o têxtil pode ser usado como isolamento acústico para veículos.
Carcaças	Os metais ferrosos são enviados para siderurgias para serem utilizados como matéria-prima (Ex.: fabricação de vigas de construção) e os metais não ferrosos são enviados para fundições, onde são fundidos para servirem como matéria-prima (Ex.: para fabricação de utensílios de cozinha).

Fonte: A Autora (2020)

Nota: Adaptado de Porfírio (2018), VALOCAR (2015)

2.3 CENÁRIO LEGISLATIVO NO BRASIL E EM OUTROS PAÍSES

2.3.1 Cenário brasileiro

Até o presente momento, os esforços em investimentos e inovações no setor automotivo brasileiro convergem em torno dos processos de produção para novos veículos, enquanto os olhares ainda estão desviados da problemática referente ao impacto dos resíduos gerados pelos veículos em fim de vida. Isso quer dizer, que a indústria automotiva brasileira até então não conseguiu alcançar o fim do ciclo industrial sustentável. Além disso, os investimentos em reciclagem adequada ainda são incipientes e pouco explorados, o que coloca o Brasil em desvantagem diante de outros países.

O Brasil figura entre os oitos maiores produtores automotivos do mundo (OICA, 2020), todavia isso não assegura uma regulamentação aplicada que especifique e fiscalize o tratamento de ELVs. Segundo Joaquim Filho (2012), o país sequer dispõe de uma cadeia estruturada de empresas especializadas em logística reversa de veículos em fim de vida. Por esse motivo, os veículos são atraídos para oficinas de desmontes ilícitos e depósitos a céu aberto.

Além de tudo, a carga tributária aplicada ao setor automotivo incentiva a permanência de carros mais antigos nas vias, um exemplo disso é visto em alguns estados do país (São Paulo, Alagoas, Paraná e Rio Grande do Sul), uma vez que quanto mais velho o veículo, menor é o custo referente ao imposto de circulação, além do que, se o automóvel tiver mais que 20 anos são isentos do pagamento de IPVA (SILVA, 2016). Por conseguinte, o uso de veículos antigos acaba favorecendo o seu abandono em vias públicas. Para se ter ideia, só na cidade de São Paulo, a prefeitura recolhe anualmente em média 1.000 veículos abandonados, isso significa dizer que todos os dias, tem-se quatro veículos a mais nas ruas sem destino correto. Uma das razões que desencorajam a recuperação do bem são as multas e encargos, que giram em torno de R\$ 16 mil, fora os custos com guincho para retirar o veículo do pátio, nesses casos o valor do ônus supera o valor do veículo, e não existe mais interesse no resgate do bem (SÃO PAULO, 2019; WILLIANS ARAUJO, 2014). Uma vez que esses veículos passam muito tempo abandonados nos pátios do DETRAN, mesmo estando em bom estado de conservação, tornam-se ELVs, o que transforma essas instalações num verdadeiro depósito de ferro velho sucateado sem nenhum tratamento adequado.

Como já mencionado anteriormente, no Brasil ainda faltam políticas regulatórias com diretrizes específicas para tratamento de veículos em fim de vida, mas é possível ver alguns pontos de partida. As regulamentações que mais se aproximam do gerenciamento dos resíduos

gerados por ELVs aqui no Brasil são: a Lei do Desmanche (Lei Nº12.977/2014), a Lei Federal relativa a Leilões (Lei nº 13.160/2015), resoluções do CONTRAN (nº 611/2016 e 661/2017), além da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo Castro (2012), quando a reciclagem de ELVs no Brasil está na pauta de discussões, é válido destacar o aumento considerável de roubos e desmanches ilegais de veículos para remoção de peças, com objetivo de serem comercializadas ilegalmente no mercado paralelo do próprio país, e também em nações como Paraguai e Bolívia. Para combater esse tipo de delito, em 2014 foi sancionada a Lei Federal Nº 12.977, também conhecida como “Lei do Desmonte”, cuja finalidade é “regular e disciplinar a atividade de desmontagem ou destruição dos veículos automotores terrestres” (BRASIL, 2014, n.p).

Essa legislação cujo teor é orientado para o cunho administrativo e fiscalizatório, não aborda aspectos relacionados ao âmbito dos processos de reciclagem, muito menos tem o foco em impactos ambientais. O seu intuito é a criação de um banco de dados para controlar a cadeia reversa de automóveis, de forma a garantir os requisitos de segurança, o conjunto de peças que poderão ou não serem destinados à reposição, assim como os padrões e critérios para verificação das condições das peças que seguirão para reutilização e por fim ter um controle sobre a rastreabilidade das mesmas (BRASIL, 2014).

Já a Lei Federal de nº 13.160, sancionada em 2015, legisla sobre retenção, remoção e leilão de veículo. Em seu escopo maior a Lei visa diminuir a super lotação dos pátios de apreensão dos DETRANs e outros órgãos relacionados em todo país, assim tratando-se de uma legislação mais procedimental. Por meio dessa Lei, o proprietário tem até 60 dias para reclamar da retenção do veículo, passado esse prazo o veículo é avaliado e conduzido para leilão. Além disso, o texto faz referência aos veículos aptos a trafegar e os classificados como sucata e ressalva que os veículos leiloados como sucata não podem retornar para circulação (BRASIL, 2015). Em destaque, no Art. 328 tem-se as duas categorias de veículos classificados para leilão:

§ 1º Publicado o edital do leilão, a preparação poderá ser iniciada após trinta dias, contados da data de recolhimento do veículo, o qual será classificado em duas categorias:

I – conservado, quando apresenta condições de segurança para trafegar; e

II – sucata, quando não está apto a trafegar.

§ 3º Mesmo classificado como conservado, o veículo que for levado a leilão por duas vezes e não for arrematado será leiloado como sucata.

§ 4º É vedado o retorno do veículo leiloado como sucata à circulação (BRASIL, 2015, n.p).

De acordo com Nogueira (2017), os leilões denotam um significativo mercado para reuso de automóveis no Brasil, destinando bens e materiais para destinos diversos, sejam eles industriais ou residenciais. Muitas das vezes, participam desses leilões empresas com interesse no mercado secundário de peças ou sucatas para comercialização com as indústrias de transformação.

Já a Resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) de nº 611, sancionada em 2016, tem efeito de regulamentar a Lei Federal nº 12.977/2014 (Lei do desmonte) e instituir diretrizes que conduzam o funcionamento adequado das instalações de desmontagem de veículos, além de caracterizar os requisitos necessários para o registro de empresas legalizadas e aptas a desempenhar essa atividade (CONTRAN, 2016). Enquanto isso, a Resolução CONTRAN nº 661/2017, prevê a baixa de veículos cuja ausência de licenciamento já ultrapassou 10 anos e a idade do veículo já superou 25 anos de fabricação, sendo assim o veículo é caracterizado com o indicativo de “frota desativada” e não poderá ser mais regularizado (CNT, 2017).

A única legislação de cunho ambiental que mais se aproxima do contexto de reciclagem de ELV se resume a Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). É a legislação que aborda os princípios e objetivos, assim como as diretrizes relativas à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

No entanto a PNRS não ampara a necessidade de uma regulamentação específica para as ações que visam o destino adequado dos resíduos provenientes da reciclagem de veículos em fim de vida útil. De acordo com Silva (2016), o pressuposto da PNRS se concentra na implementação da logística reversa, o que quer dizer que a indústria produtora tem que desenvolver mecanismo com intuito de viabilizar o recolhimento e a restituição dos resíduos sólidos ao setor industrial, para fins de reciclagem, recuperação, reuso, reparação ou outra destinação adequada. Porém, sem fazer menção sobre como se enquadra um veículo em fim de vida. O Art. 33 logo descrito torna evidente a ausência de diretrizes para ELVs:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

- I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
- II - pilhas e baterias;
- III - pneus;

- IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL,2020, n.p).

2.3.2 Cenário internacional

Os Estados-membros da União Europeia (UE) foram os pioneiros mundiais a direcionar uma maior atenção ao tratamento de materiais gerados por ELVs. Sendo os primeiros países que elegeram uma legislação específica no tocante aos veículos em fim de vida. A diretiva 2000/53/CE apoia as metas de reutilização, reciclagem e recuperação de ELVs.

Nessa perspectiva, a respeito da diretiva 2000/53/CE, o Parlamento Europeu (2000, p.6) descreve o seguinte objetivo:

A presente diretiva estabelece medidas que têm como primeira prioridade a prevenção da formação de resíduos provenientes de veículos e, além disso, a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização dos veículos em fim de vida e seus componentes, de forma a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar, bem como a melhoria do desempenho ambiental de todos os operadores econômicos intervenientes durante o ciclo de vida dos veículos e, sobretudo, dos operadores diretamente envolvidos no tratamento de veículos em fim de vida.

De acordo com Wang e Chen (2013), a diretiva estabelece que os produtores automotivos devem assumir a responsabilidade pela reciclagem de ELV. A diretiva visa reduzir a descarga de resíduos e o consumo de materiais, promover a recuperação de materiais e construir a barreira técnica do comércio. A Diretiva ELV está relacionada aos seguintes princípios de fortalecimento institucional, a saber: (I) Construção do sistema de responsabilidade estendida para as partes interessadas: o produtor, as empresas de desmantelamento e as empresas de reciclagem devem atingir a meta de taxa de reciclagem; (II) Construção do sistema de reciclagem ELV para atender aos requisitos das leis da EU; (III) Construção do sistema de informação aberto para técnicas de desmontagem de ELV: os produtores automotivos devem fornecer o pré-processamento ambiental, peças, materiais e estruturas, e assim por diante; (IV) Construção do sistema para o sistema de gerenciamento de substâncias desativadas / restritas: metais pesados e substâncias perigosas são desativadas / restritas e materiais ecológicos devem ser usados para cumprir as leis.

A título de exemplificação, a Alemanha adota a entrega dos veículos em fim de vida pelo último proprietário de forma voluntária, podendo ser realizada em um ponto específico de coleta ou por meio de empresa de desmontagem. O fabricante ou importador detém a responsabilidade de custear as despesas com transporte, e também tem o dever de gerenciar uma rede logística, de maneira que a maior distância entre o proprietário e o local de coleta seja até 50 km (MILDEMBERGER, 2012). A distinção entre os estados membros reside no montante de

operação, nesse sentido a Espanha torna-se detentora da maior parcela de reciclagem da Europa. Segundo Sakai e outros (2013), os Estados-Membros são obrigados a cumprir as metas definidas pela diretiva, enquanto os fabricantes de automóveis e importadores arcam com as despesas da reciclagem sob a responsabilidade alargada do produtor.

No Japão, a “Lei de Reciclagem de ELV” foi sancionada em janeiro de 2005. Anteriormente a essa lei, o país estabelecia que a taxa de reciclagem deveria atingir a partir de 2015 a marca de 95%. Após a promulgação da lei, aumentou-se a responsabilidade do fabricante automotivo e também houve a padronização da gestão governamental para a reciclagem de ELV. Com a carência em reduzir o ASR devido à restrição de áreas para disposição final, e também com intuito de combater o despejo ilegal e tratamento inadequado motivado por oscilações no mercado de sucata de aço, a lei propôs designar atividades funcionais adequadas entre as partes relacionadas para proporcionar uma maior robustez ao tratamento de ELVs (SAKAI et al., 2013; WANG; CHEN, 2013).

Ainda de acordo com Sakai e outros (2013), a lei determina os componentes / materiais a serem reciclados, bem como o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de informações. As metas de reciclagem são estipuladas separadamente para airbags, gás refrigerante e ASR, e não para todo o ELV. Além disso, um tratamento ambientalmente correto dos fluorocarbonos é exigido por lei. No que diz respeito à reciclagem de ASR, a recuperação térmica é aceitável e nenhuma provisão foi definida quanto à sua taxa de recuperação. Os fabricantes e importadores de automóveis são responsáveis pela reciclagem de airbags e ASR, e pelo tratamento adequado dos fluorocarbonos; no entanto para veículos antigos, os proprietários automotivos devem pagar a taxa de reciclagem de ELV no Japão, que compreende a taxa de descarte de airbags, CFCs e ASR e taxas de gerenciamento de capital e informações. Para veículos novos, os compradores devem pagar essas taxas ao adquirir os veículos novos. Essas taxas são depositadas na entidade de gerenciamento de depósito.

A lei japonesa de incentivo a reciclagem de ELV destaca-se como umas das mais primorosas no mundo. A reciclagem de veículos é considerada atividade prioritária para o estabelecimento da sustentabilidade no país. O que confirma a efetividade da lei é a mudança drástica no volume de veículos dispostos ilegalmente, no ano de 2004 eram cerca de 218 mil, 5 anos depois, já em 2009, esse número caiu para cerca de 15 mil (CASTRO, 2012). Na visão de Nogueira (2017), esse êxito se dá pelas técnicas de desmontagem que empregam alta qualidade, com apoio de metodologias e tecnologias eficazes, que tem o propósito de manter a integralidade do componente, além da adoção da filosofia direcionada para produção enxuta.

Na China, com a finalidade regulamentar as operações de reciclagem de ELVs, solidificar o gerenciamento da reciclagem e garantir a ordem do tráfego rodoviário, a saúde da sociedade e a proteção ambiental, foi promulgada em 2001, pela República Popular da China, os “Regulamentos de reciclagem de veículos em fim de vida”. Essa política regula principalmente as condições de acesso às empresas de reciclagem de automóveis de sucata. O regulamento impugna qualquer tipo de atividades ilegais de desmantelamento e a empresa deve atender aos padrões nacionais de proteção ambiental (ZHAO; CHEN, 2011).

De acordo com Sakai e outros (2013), já no ano de 2006 a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, promulgou a Política de Tecnologia de Reciclagem de Produtos Automotivos, sob a qual as responsabilidades dos produtores e importadores para promover a reciclagem de ELV foram apontadas e as substâncias usadas na fabricação de automóveis que serão controladas e proibidas foram determinadas contemplando os aspectos relacionados à proteção ambiental. Esta política técnica também define as seguintes metas de reciclagem para ELV. Em 2008, foi publicado o Regulamento de Remanufatura Piloto de Peças Automotivas com a premissa de realizar procedimentos experimentais de produção de produtos secundários a partir de componentes usados incluindo os cinco principais conjuntos. Essa iniciativa beneficiou a melhoria da taxa de reciclagem durante a etapa de desmontagem (XIANG; MING, 2011).

Já nos Estados Unidos da América, diferentemente dos países apresentados anteriormente, não há políticas e nenhuma legislação específica dedica ao gerenciamento de ELVs. Nos EUA, a reciclagem opera de forma autônoma e os resíduos provenientes de ELVs são classificados simplesmente como resíduos sólidos. Porém existem algumas regulamentações ambientais para o gerenciamento de rejeitos veiculares, dentre eles os fluidos veiculares, pneus, metais pesados e baterias (PAUL, 2007).

Segundo Sakai e outros (2013), a reciclagem de ELV foi promovida pela *Automotive Recyclers Association* (ARA), que estabeleceu o programa de reciclagem ELV, e é portanto, objeto de rigoroso monitoramento de acordo com as leis ambientais. Entre as regulamentações relevantes estão a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos, a Lei do Ar Limpo e a Lei da Água Limpa. Além das Leis Federais, os governos estaduais também impõem seus próprios regulamentos. Assim, a ARA divulga informações complementares aos recicladores de ELV sobre as regulamentações ambientais mais recentes em nível estadual por meio de um banco de dados eletrônico.

Conforme Vermeulen e outros (2011), uma considerável parcela das plantas de reciclagem de ELVs do país, são propriedades das próprias fabricantes automotivas, e essas

possuem seus próprios programas para desenvolvimento de melhoria da capacidade de reciclabilidade de veículos automotores e para redução do montante de Resíduos de Trituração Automotiva (ASR).

Além disso, de acordo com Souza (2020), é comumente encontrado no país programas de fomento à troca de veículos antigos por novos, como o programa *Car Allowance Rebate System* (CARS) ou Sistema de Provisão de Descontos para Carros. A finalidade desse programa é fornecer benefícios financeiros para os americanos adquirirem carros novos, mais eficientes no que se refere ao consumo de combustível. Por meio desse incentivo, não se pode negar que o mesmo beneficia o alcance das diretrizes de sustentabilidade, pois promove a redução de emissões de poluentes e facilita as operações de reciclagem por meio de automóveis mais eficientes.

Diante dos cenários apresentados, é possível perceber o retardo das ações brasileiras frente a outros países, por esse motivo, se faz necessário desenvolver um estudo para examinar quais os fatores críticos que impedem o país de avançar na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Para apoiar essa investigação de forma eficaz, é preciso adotar métodos quantitativos de abordagem analítica que suportem a complexidade desse tipo de problema. A seção seguinte trata do método escolhido para dar apoio a essa questão.

2.4 ABORDAGEM GREY – DEMATEL PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CRÍTICOS

Atualmente há uma discussão sobre o método DEMATEL ser classificado ou não como um método de análise de decisão multicritério (MCDA). Alguns trabalhos como Karagoz et al. (2019), Si et al. (2018), Saaty et al. (2015), que desenvolveram relevantes estudos adotando essa metodologia, descreveram o DEMATEL como abordagem de tomada de decisão multicritério. Porém há controvérsias, pois segundo Almeida (2013), para uma situação ser considerada um problema de decisão multicritério precisa-se existir pelo menos duas alternativas de ação para se efetuar uma escolha, e essa escolha é motivada pelo interesse de satisfazer múltiplos critérios. Diante disso, sabe-se que a metodologia DEMATEL desenvolvida por Gabus e Fontela (1973), não considera na sua estrutura o estabelecimento de alternativas, mesmo possuindo múltiplos critérios. Além disso, não há a presença de um decisor que expressa suas preferências acerca das consequências. Essa característica é fundamental para diferir o MCDA de métodos clássicos de tomada de decisão. No caso do DEMATEL, há a participação de especialistas com experiências e conhecimento profundo sobre o problema

investigado. Por não possuir alternativas e nem a figura de um decisor com objetivo de realizar uma comparação de modo a ter uma posição das alternativas, o DEMATEL não apresenta nenhuma caracterização definida quanto a estrutura do problema conforme os quatro tipos de problemáticas apontados por Roy (1996), a saber: problemática de escolha, problemática de classificação, problemática de ordenação e problemática de descrição. Diante dessas evidências, para esse estudo, preferiu-se remeter o método DEMATEL como uma metodologia de apoio a tomada de decisão.

2.4.1 O DEMATEL clássico

O método DEMATEL cuja sigla traduzida significa Laboratório de Avaliação e Teste de Tomada de Decisão, foi introduzido pelo *Battelle Memorial Institute* através de estudos desenvolvidos no Centro de Pesquisa de Genebra (GABUS; FONTELA, 1973). Essa abordagem se tornou a mais preferível quando se é necessário analisar modelos estruturais complicados que envolvem relacionamento de causas e de efeitos entre fatores críticos. (WU; LEE, 2007).

De acordo com Falatoonitoosi e outros (2012), basicamente o DEMATEL se refere a uma teoria de diagnóstico que auxilia na compreensão de causa e efeito do sistema total, segregando e analisando as questões complexas que estão vinculadas a ele. A investigação causal pode intervir de forma contundente na tomada de decisão eficiente, porém esse estudo causal geralmente necessita de um mapeamento conceitual, que similarmente pode ser definido como mapeamento causal, mapeamento cognitivo e modelagem estrutural. É nesse universo de técnicas que o DEMATEL se encaixa (BAI; SARKIS, 2013).

Por ser um método útil para descobrir o conhecimento causal da análise causal, tal conhecimento é fundamental para o avanço da qualidade das tomadas de decisões, sendo assim, viabiliza o processo de transformação de objetivos estratégicos em ações práticas (BAI; SARKIS, 2013).

Conforme Wu e Lee (2007), o método DEMATEL é fundamentado em dígrafos, que separam os fatores envolvidos em grupo de causa e grupo de efeito. É inquestionável a utilidade dos gráficos direcionados diante dos gráficos sem direção, porque os dígrafos podem demonstrar as relações direcionadas dos subsistemas. Um dígrafo pode representar uma rede de comunicação ou alguma relação de dominação entre indivíduos.

O dígrafo retrata um conceito básico de relação contextual entre os elementos do sistema, em que o numeral representa a força de influência. Portanto, o método DEMATEL pode converter a relação entre as causas e os efeitos dos fatores em um modelo estrutural inteligível do sistema (WU; LEE, 2007).

Desse modo, Shaik e Abdul-Kader (2014) justificam as aplicações do DEMATEL, evidenciando seus pontos fortes da seguinte maneira:

1. Fornece uma saída gráfica e apresenta a relação recíproca dos fatores em estudo numericamente;
2. Visualiza as relações de *feedback* entre os fatores em todos os níveis (o mesmo nível superior e inferior);
3. Apresenta o peso da importância de cada fator em comparação com a influência de todos os outros fatores no sistema.

O método DEMATEL é consideravelmente versátil e possui algumas vantagens quando comparados a base processual de outros métodos MCDM. A vantagem do DEMATEL sobre a Modelagem Estrutural Interpretativa (sigla em inglês, ISM) é que possibilita um detalhamento mais amplo de medições. O ISM utiliza níveis de 0 a 1, enquanto o DEMATEL permite variações na intensidade das relações entre os fatores. A versatilidade do DEMATEL reside em permitir os relacionamentos bidirecionais entre os fatores. Quando comparado ao AHP, o DEMATEL se sobressai por permitir possíveis relacionamentos direcionais múltiplos, uma vez que o AHP só permite relacionamento unidirecional e várias matrizes separadas que necessitam de integração (CAMPOS, 2020; SI et al., 2018; ZHU et al., 2011).

Entretanto, o método DEMATEL reúne algumas fragilidades e restrições, pois não possui a capacidade de lidar com situações de incerteza, falta de informação e resolução de conflitos entre especialistas. Ele também não consegue expressar valores ambíguos em torno de um valor discreto (BAI; SARKIS, 2013). Quando isso acontece o resultado da tomada de decisão pode ser consideravelmente afetado, pois os julgamentos imprecisos e subjetivos não foram considerados. Afim de solucionar essa limitação, esse trabalho realiza a combinação da Teoria de números Grey com a metodologia DEMATEL. Quando comparado com teoria dos conjuntos *Fuzzy*, o principal benefício do sistema Grey reside na sua capacidade flexível na detecção de padrões e baixa necessidade de dados da amostra (YANG; JOHN, 2003).

2.4.2 Teoria dos números Grey

De acordo com Si et al. (2018), a teoria Grey é uma teoria matemática proposta para lidar com sistemas que carecem de informação. É uma metodologia eficaz para resolver problemas incertos e indeterminados e é superior na análise teórica de sistemas com dados discretos e informações incompletas.

Ju- Long (1982) criou a teoria matemática denominada de teoria “cinza” a partir de um conjunto cinza. Se as informações do sistema são completamente conhecidas, ele é considerado um sistema plenamente branco, porém se a informação é totalmente desconhecida é denominado de sistema preto. Nesse sentido, um número cinza é um número com uma posição desconhecida parcialmente dentro de um limite claro com limites superior e inferior. Sendo assim, existe um conjunto de números candidatos inseridos nesses limites que é intitulado conjunto de números Grey (YANG; JOHN, 2003).

A abordagem Grey é uma prática de tomada de decisão para avaliar alternativas de projeto por meio de um índice de proximidade relacional cinza. Sua premissa é descrita da seguinte forma: adota-se um grau relacional Grey de similaridade entre sequências de dados como uma escala de medição por meio da análise da geometria da curva de similaridade e das relações geométricas entre sequências de dados. Normalmente, quanto mais próxima for a curva, maior será o grau relacional Grey, caso contrário, menor será o grau relacional Grey.

De acordo com Bouzon et al. (2018), o $\otimes x_{ij}^k$ é o número Grey para um especialista k que realiza a avaliação de influência do fator i no fator j. Sendo assim, os números $\bar{\otimes} x_{ij}^k$ e $\underline{\otimes} x_{ij}^k$ são respectivamente o valor Grey inferior e superior do avaliador k para o relacionamento entre os fatores i e j. Para realizar a conversão dos números Grey em números *crispy* (determinísticos), se faz necessário atender as três etapas procedimentais descritas pelas equações 2.1;2.2;2.3 e 2.4 (XIA et al., 2015).

Para um número cinza $\otimes x_{ij}^k = [\bar{\otimes} x_{ij}^k ; \underline{\otimes} x_{ij}^k]$ pode-se obter os valores nítidos nas próximas três etapas:

Etapa 1: Normalização dos valores

$$\underline{\otimes} \bar{x}_{ij}^k = (\underline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k) / (\max_j \bar{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k) \quad (2.1)$$

$$\bar{\otimes} \bar{x}_{ij}^k = (\bar{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \bar{\otimes} x_{ij}^k) / (\max_j \bar{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k) \quad (2.2)$$

Etapa 2: Determinação do valor total de *crispy* normalizado:

$$Y_{ij}^k = \underline{\otimes} \bar{x}_{ij}^k (1 - \underline{\otimes} \bar{x}_{ij}^k) + (\bar{\otimes} \bar{x}_{ij}^k * \bar{\otimes} \bar{x}_{ij}^k) / (1 - \underline{\otimes} \bar{x}_{ij}^k + \bar{\otimes} \bar{x}_{ij}^k) \quad (2.3)$$

Etapa 3: Cálculo do valor *crispy* final:

$$z_{ij}^k = \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k + Y_{ij}^k * (\max_j \bar{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k) \quad (2.4)$$

O ponto forte da aplicação da Teoria dos números Grey é que eles proporcionam resultados viáveis com uma quantidade de dados limitados, além de minimizar o esforço do avaliador quando o mesmo necessita expressar suas opiniões em situações de imprecisão,

incerteza ou ausências de informações. Por esse motivo, os números Grey podem ser efetivamente integrados a métodos de tomadas de decisão para ampliar a precisão dos julgamentos. Sendo assim, para identificar as barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil, optou-se por adotar a metodologia Grey-DEMATEL que é eficaz em cenários onde existem incertezas nas avaliações dos especialistas associadas às relações entre os fatores críticos analisados. As etapas procedimentais do método híbrido Grey- DEMATEL serão descritas na próxima seção.

2.4.3 Método híbrido Grey-DEMATEL

Para identificar as barreiras existentes que influenciam na implementação de um sistema de gestão de resíduos de ELVs no Brasil, esse trabalho propõe o uso de uma recente abordagem híbrida integrando números Grey com DEMATEL. Essa metodologia se utiliza totalmente da análise quantitativa e dos recursos de alocação de peso por meio da correlação dos números Grey e a capacidade de avaliação abrangente proporcionada pelo DEMATEL. De acordo com Zhang et al. (2020), a aplicação dessa abordagem fundamenta-se em duas fases, o número do intervalo de Grey é usado como a pontuação de avaliação do especialista dos fatores críticos estudados, e o DEMATEL constrói uma matriz de impacto direto, analisando a relação causal entre vários fatores críticos de influência no sistema.

Fu et al. (2012) apresentou ineditamente a teoria dos números Grey combinada a metodologia DEMATEL para investigar a importância dos programas de desenvolvimento de fornecedores verdes em um provedor de sistemas de telecomunicações. O método proposto envolve a avaliação das relações de interdependência entre os fatores por uma escala linguística Grey, transformando números cinzas em números reais únicos e, eventualmente, executando as etapas clássicas do DEMATEL para obter um mapa de relações de influência com análise associada. A Figura 12 mostra as atividades procedimentais para aplicação do método Grey-DEMATEL.

Conforme as descrições de Bouzon et al. (2018), Araújo, (2020), Si et. al, (2018) e baseado na Figura 12, serão detalhadas a seguir as respectivas etapas que compõem o método híbrido Grey-DEMATEL, a saber:

Etapa 1- Construir uma matriz *crisp* de relação direta para cada avaliador

Etapa 1a: Definição da escala Linguística Grey. Portanto, deve-se esboçar uma escala para comparação das variáveis que caracteriza a influência dos pares dos números Grey. Nesse trabalho, utilizou-se a escala de 5 níveis com os seguintes itens de escala: 0 - nenhuma influência, 1 - influência muito baixa, 2 - influência baixa, 3 - influência alta e 4 - influência

muito alta. Um questionário pode ser formulado e aplicado para obter as respostas sobre essas influências. A estrutura do questionário fundamenta-se na solicitação aos especialistas que alimentem as matrizes de relação direta par a par utilizando os valores de escala mencionados anteriormente. Em seguida as avaliações de cada respondente são transcritas em números Grey, de forma que sejam inseridos no método DEMATEL. As escalas de Grey e suas respectivas correspondências utilizadas para os valores linguísticos mencionados acima são apresentadas na Tabela 1.

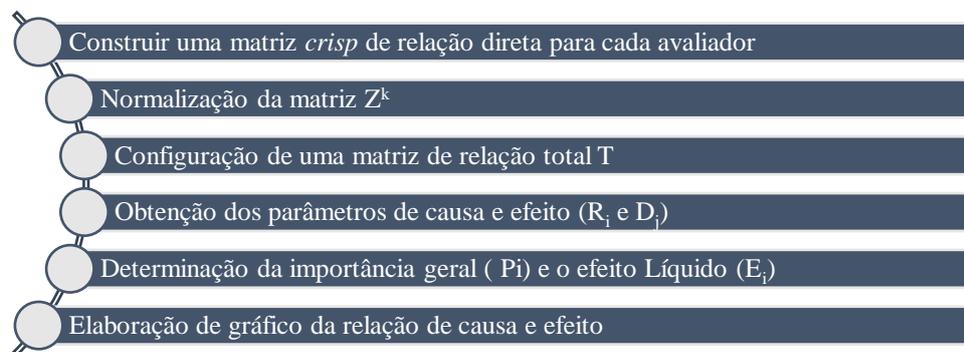
Tabela 1 - Escala linguística Grey para avaliação dos entrevistados

Termos linguísticos	Números Grey	Valores normais de escala
Nenhuma Influência	(0,00; 0,00)	0
Influência muito baixa	(0,00; 0,25)	1
Influência baixa	(0,25; 0,50)	2
Influência alta	(0,50; 0,75)	3
Influência muito alta	(0,75; 1,00)	4

Fonte: Bai e Sarkis (2013); Bouzon et al. (2018); Xia e Ruan (2020)

Etapa 1b: Estabelecer a matriz de relação direta Grey para cada avaliador. É preciso desenvolver a matriz de relação direta Grey (X^k) fazendo com que os avaliadores introduzam as relações de influência de pares Grey ($\otimes x_{ij}^k$) entre os componentes de uma $n \times n$ matriz. Todos os principais elementos diagonais são inicialmente ajustados para um valor de zero (nenhuma influência). Além disso, é necessário normalizar os valores da escala linguística utilizando as Equações (2.1) e (2.2), sendo que $\underline{\otimes} \bar{x}_{ij}^k$ equivale a normalização do valor inferior e $\bar{\otimes} \bar{x}_{ij}^k$ a normalização do valor superior, e na sequência através da Equação (2.3) é possível obter o valor total *crispy* normalizado Y_{ij}^k para cada associação de influência entre os fatores analisados.

Figura 12 - Etapas para aplicação do Grey-DEMATEL



Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Araújo (2020)

Etapa 1c: Transformar as matrizes de relação direta Grey X^k nas matrizes *crispy* Z^k . Esse processo precisa ser feito para cada uma das matrizes de relação direta dos especialistas. Nesse processo deve-se utilizar a Equação (2.4), levando em consideração $\underline{\otimes}x_{ij}^k$ e $\overline{\otimes}x_{ij}^k$ e o valor *crispy* normalizado na etapa anterior (Y_{ij}^k).

Etapa 2 - Com base nas matrizes de relação direta nítidas Z^k , as matrizes de relação direta normalizadas N^k podem ser adquiridas por meio de expressões:

$$s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}^k}, i, j = 1, 2, \dots, n. \text{ Sendo assim, } N = s \times Z^k \quad (2.5)$$

Na Equação (2.5), s corresponde ao inverso do valor máximo do somatório das linhas da matriz Z^k . Vale salientar que cada elemento na matriz N está entre zero e um.

Etapa 3 - Nessa etapa, uma matriz de relação total T precisa ser configurada. As matrizes normalizadas são processadas pela seguinte expressão em que I denota a matriz de identidade, conforme Equação (2.6).

$$T_i = N(N - I)^{-1} \quad (2.6)$$

Etapa 4 - Obtenção dos parâmetros de causa e efeito. Para cada linha i e coluna j da matriz de relação total (T), calcule as somas da linha (R_i) e da coluna (D_j). Isso deve ser calculado por meio de equações:

$$R_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad \forall i \quad (2.7)$$

$$D_j = \sum_{i=1}^n T_{ij} \quad \forall j \quad (2.8)$$

Os valores da linha R_i indica o efeito geral direto e indireto de um fator i em outro fator, ou seja, é o somatório da influência que o fator T_i efetua sobre os outros fatores. Em oposição, os valores da coluna D_j denotam os efeitos gerais diretos e indiretos de todos os fatores no fator j , nesse caso indica a soma da influência recebida pelo fator T_j de outros fatores. Esses números são calculados individualmente para cada uma das partes interessadas nas barreiras.

Etapa 5- Determinação da importância geral ou proeminência (P_i) do fator i e o efeito líquido (E_i) do fator i usando as seguintes expressões (2.9), (2.10):

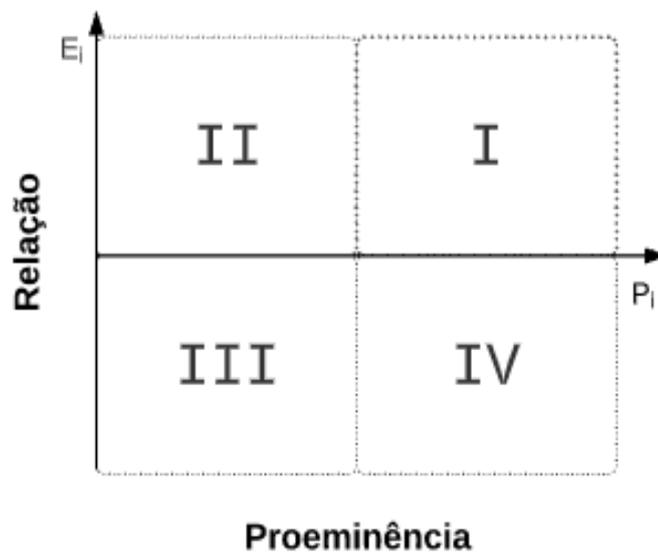
$$P_i = \{R_i + D_j | i = j\} \quad (2.9)$$

$$E_i = \{R_i - D_j | i = j\} \quad (2.10)$$

Quanto maior o valor de P_i , maior a importância geral (visibilidade / importância / influência) do fator i em termos de relações globais com outros fatores. Isso ilustra a força das influências que são fornecidas e recebidas pelo fator. Se $E_i > 0$, quer dizer que o fator i é uma base ou causa líquida de outros fatores, em outras palavras significa dizer que o fator afeta outros fatores. Por outro lado, se $E_i < 0$, então o fator i é o efeito líquido de outros fatores, ou seja, indica que o fator é influenciado por outros. Esses valores são então usados em um eixo bidimensional para cada fator.

Etapa 6 – Desenvolver gráficos gerais de proeminência-causal DEMATEL sobre os fatores avaliados. Esta etapa permitirá uma visualização clara da estrutura e das relações entre os fatores. Assim sendo, no eixo da abscissa tem-se a importância global ($R_i + D_i$) e no eixo da ordenada o efeito líquido ($R_i - D_i$). A plotagem do gráfico é então realizada, e dessa forma auxilia na observação dos padrões gerais e relacionamentos entre todos os fatores simultaneamente e em pares. A Figura 13 mostra a representação desse gráfico de relação de causa-efeito.

Figura 13 - Gráfico de relação de causa-efeito



Fonte: A Autora (2021)

Fonte: Adaptado de Si et al. (2018); Araújo (2020)

Se $E_i > 0$, quer dizer que o fator F_j exerce influência líquida sobre os demais fatores e passa a pertencer a classe das causas, por outro lado, se $E_i < 0$, o fator F_j está recebendo influência dos outros fatores, e sendo assim deve pertencer a classe dos efeitos. Por meio da Figura 13, é possível obter algumas interpretações a respeito do gráfico de relação causa-efeito. Dessa maneira, entende-se que no quadrante I estão localizados os fatores causais, visto que têm

elevada proeminência e relação; no quadrante II estão situados os fatores propulsores, uma vez que apresentam baixa proeminência, porém elevada relação; já os fatores localizados no quadrante III possuem baixa proeminência e relação, e são considerados fatores sem conexão do sistema, fatores que possuem independência; e por fim, os fatores presentes no quadrante IV apresentam uma elevada proeminência, entretanto possuem baixa relação, ou seja, são conhecidos por fatores de impacto ou receptores entrelaçados, que significa dizer que são impactados por outros fatores e não podem ser reparados diretamente (ARAÚJO, 2020). Visando a análise de padrões e relações comuns entre os fatores simultaneamente e em pares, foi elaborado um diagrama de relação causal-proeminência associada. Uma forma de desenvolver esse diagrama, é utilizando um limiar no qual apenas as relações que superam esse limiar pré-estabelecido farão parte do mapa em forma de fluxo. Uma maneira de calcular esse limiar é considerando a média (μ) dos valores da matriz T_i e incrementando com um desvio padrão (σ) à média, esse limiar é chamado de θ , no qual $\theta = \mu + \sigma$. Logo, os valores da matriz T_i que forem iguais ou acima do valor θ , deverão ser representados no gráfico de relações, sugerindo que o fator que está representado na linha da matriz T_i influencia o fator representado na coluna T_i . (BOUZON et al., 2018; ARAÚJO, 2020).

2.4.4 Justificativa para escolha do método Grey-DEMATEL

A reciclagem de ELVs no Brasil envolve muitos fatores críticos e torna-se um processo complexo de implementação. É comum encontrar na literatura, quando se trata da análise de fatores em sistemas complexos, o emprego de métodos como a modelagem estrutural interpretativa (ISM), processo de hierarquia analítica (AHP) e laboratório de avaliação e ensaio de tomada de decisão (DEMATEL). Venkatesh e outros (2017) mostraram que ISM e DEMATEL são mais apropriados do que AHP para analisar fatores relacionados entre si. DEMATEL não apenas identifica a relação causal entre os fatores, mas também reflete o fator de impacto geral, logo, o DEMATEL tem mais vantagem quando comparado ao ISM (ALAM-TABRIZ et al., 2014).

Em suma, o método DEMATEL tem aplicações significativas nos sistemas complexos. Comparado com o ISM e o DEMATEL, o AHP não pode ser usado para analisar a relação de influência entre os fatores. O ISM só pode analisar a relação de influência direta entre os fatores, em vez de relações indiretas (LIU et al., 2020).

Levando em consideração a incerteza e imprecisão que ocorre quando os avaliadores realizam seus julgamentos sobre os fatores críticos, torna-se oportuno integrar a teoria dos números Grey com o método DEMATEL. A Tabela 2 demonstra que pesquisadores estudaram

fatores críticos em vários segmentos adotando Grey-DEMATEL. Sendo assim, Grey-DEMATEL é conveniente para uso nesta pesquisa para analisar as barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil.

Tabela 2 - Estudos que adotaram a metodologia Grey-DEMATEL

Autores	Objetivo do estudo	Área de aplicação
(LIU et al., 2020)	Identificar e analisar quantitativamente os fatores críticos na reciclagem de resíduos de construção e demolição sob a perspectiva da China.	Construção Civil
(SINGH et al., 2019)	Fornece um modelo que consiste em 16 barreiras de adoção de Tecnologia de Informação e Comunicação para pequenas e médias empresas em países em desenvolvimento e uma estrutura para analisar relações causais entre as barreiras com a flexibilidade de entrada de dados de seus próprios especialistas no domínio. A estrutura também é capaz de lidar com vieses de especialistas e insuficiência de dados.	Tecnologia da informação
(RAJ et al.,2020)	Identificar as principais barreiras para a adoção de veículos autônomos e sugerir um método para classificá-las. Além de considerar todas as barreiras simultaneamente e elicitare relações "causais" entre elas.	Transportes
(GARG, 2020)	Identificar e analisar os fatores que sustentam a implementação de práticas de Logística Reversa na cadeia de abastecimento do lixo eletrônico. Além de categorizar os fatores de LR como fatores causais e fatores de efeito	Eletrônica
(CAMPOS et al., 2021)	Compreender empiricamente os fatores críticos que impedem a implantação da gestão de resíduos farmacêuticos no setor público de saúde, especificamente no PCP, para que seja	Ciências da saúde

possível traçar diretrizes para o enfrentamento
dessas barreiras.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade descrever os procedimentos metodológicos adotados para o cumprimento dos objetivos propostos por esse estudo. Toda pesquisa exige a necessidade de seleção de algumas estratégias com foco em tentar minerar soluções aos questionamentos levantados, inicialmente, nesta investigação. Em virtude disso, este capítulo é dividido em 3 partes. A primeira diz respeito a classificação da pesquisa científica e sua tipologia. Já a segunda, refere-se a uma revisão conceitual e uma revisão sistemática da literatura acerca do fenômeno estudado. Por fim, a terceira parte tem como propósito descrever o método híbrido aplicado para a solução da problemática investigada.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

No que concerne a natureza, o presente estudo classifica-se como pesquisa aplicada, pois tem a finalidade de produzir conhecimentos para aplicação prática, convergido à solução de problemas singulares, além disso envolve veracidade e interesses locais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

No que diz respeito ao objetivo, essa pesquisa se adequa ao agrupamento das pesquisas descritivas e exploratórias. Descritiva, por que segundo Gil (2008), esse tipo de pesquisa tem o propósito de descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis, sendo sua principal característica o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados. Nesse estudo, o fenômeno estudado são os resíduos gerados por veículos em fim de vida, e as relações entre as barreiras que influenciam na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Também, pode ser agrupada no âmbito das pesquisas exploratórias, pois objetiva proporcionar uma visão ampla acerca de determinado fato, especialmente quando o tema selecionado é pouco explorado, o que dificulta a formulação de hipóteses precisas e operacionalizáveis (GIL, 2008).

Referente aos procedimentos, a técnica utilizada foi pesquisa com *SURVEY*, uma vez que busca informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter. Nesse estudo as informações foram obtidas especificamente com um grupo de especialistas (*stakeholders*) utilizando um questionário para coleta das suas respectivas visões a respeito das barreiras que influenciam na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs (SANTOS, 1999).

Quanto ao tipo de abordagem, a pesquisa utiliza tanto os aspectos quantitativos, como os qualitativos, isto é, trata-se de uma abordagem combinada que proporciona uma maior compreensão e detalhamento do problema de pesquisa.

3.2 PROCEDIMENTO PARA REVISÃO CONCEITUAL E REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A princípio foi realizada uma revisão referente aos conceitos fundamentais para gerar uma base de conhecimento afim de proporcionar uma compreensão sobre o tema investigado. Trata-se de uma base técnica que reúne os princípios bibliográficos que sustentam a pesquisa e que estão disponíveis no capítulo 2 desta dissertação. Ademais, foi também realizada uma revisão sistemática da literatura com a intenção de responder aos questionamentos específicos sobre o fenômeno estudado. Todos os procedimentos metodológicos adotados e também os resultados alcançados estão descritos no capítulo 4. Essas atividades trouxeram benefícios à pesquisa, pois foram admitidos aspectos relevantes sobre o assunto, além de que foi possível ter acesso a um amplo conhecimento sobre cenário atual, assim como obter a contribuição de outros pesquisadores que já imergiram nessa mesma temática em outros países.

3.3 *FRAMEWORK* PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO GREY-DEMATEL

Como já discutido nesta pesquisa, é necessário identificar e analisar os fatores que influenciam a implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Nessa perspectiva, para abordar esse problema em questão, uma estrutura de trabalho é proposta para alcançar os objetivos pretendidos. Para melhor entendimento e compreensão do leitor, o fluxograma da Figura 14 detalha todo o procedimento metodológico adotado.

A fase 1, faz referência a etapa de identificação das categorias e barreiras que podem influenciar na implementação do gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura para rastrear trabalhos científicos que possuíssem semelhanças com o cenário atual de ELVs no Brasil. O capítulo 4 mostra que a maior parcela desses estudos é advinda de países em desenvolvimento como a China, onde as barreiras identificadas se aproximam de um aspecto mais simétrico com as deficiências encontradas no Brasil. Entretanto, é evidente que o Brasil possui suas particularidades, e essas precisam ser consideradas nessa pesquisa, para viabilizar a solução da problemática estudada. Apesar disso, as informações sobre essas particularidades não são facilmente encontradas e quando encontradas são insuficientes ou limitadas, visto que o Brasil ainda não despertou interesse profundo para essa realidade inadiável. Sendo assim, essa fase contou com apoio de dois

especialistas que contribuíram com seus conhecimentos e habilidades para o incremento das barreiras encontradas na literatura. Além disso, eles auxiliaram no refinamento e validação de todas as barreiras, afim de que fosse possível construir um questionário mais assertivo fazendo vistas as especificidades brasileiras.

A fase 2 diz respeito a coleta dos dados que serão utilizados para análise das relações de causa e efeito entre as barreiras. Para isso um questionário, estruturado com as devidas explicações sobre cada barreira, é aplicado a 4 especialistas para realizar uma avaliação pareada sobre as influências dessas barreiras. A construção desse questionário foi fundamentada pela fase anterior, sendo assim, as barreiras apresentadas aos respondentes estão categorizadas em 3 *clusters*, a saber: (C1) – barreiras econômicas; (C2) – barreiras políticas/legais; (P3) – barreiras sociais. Os segmentos nos quais os respondentes atuam, estão explicitados na Tabela 3. É válido ressaltar que o especialista assume uma escala de relações para indicar a influências entre as barreiras, sendo: sendo: 0 - Sem influência; 1 - Influência muito baixa; 2 - Baixa Influência; 3 - Alta Influência; 4 - Influência muito alta. Um exemplo de preenchimento da tabela de influências foi inserido no questionário que se encontra no apêndice H.

Tabela 3 - Especialidade e atuação dos respondentes

Sigla do especialista	Perspectiva	Perfil dos especialistas
EA	Acadêmica	Mestre em engenharia de produção com pesquisa realizada na área de Veículos em Final de Vida;
EO	Organizacional	Ex-Funcionário de indústria do setor de peças automotivas e atualmente pesquisador e professor universitário;
EAM	Ambiental	Doutora em engenharia civil, com atuação em gerenciamento de resíduos sólidos e tratamento de efluentes. Também já atuou como analista ambiental no órgão de controle ambiental do Estado de Pernambuco (CPRH);
EG	Governamental	Parlamentar que atua na Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado de Pernambuco

Fonte: Esta pesquisa (2021)

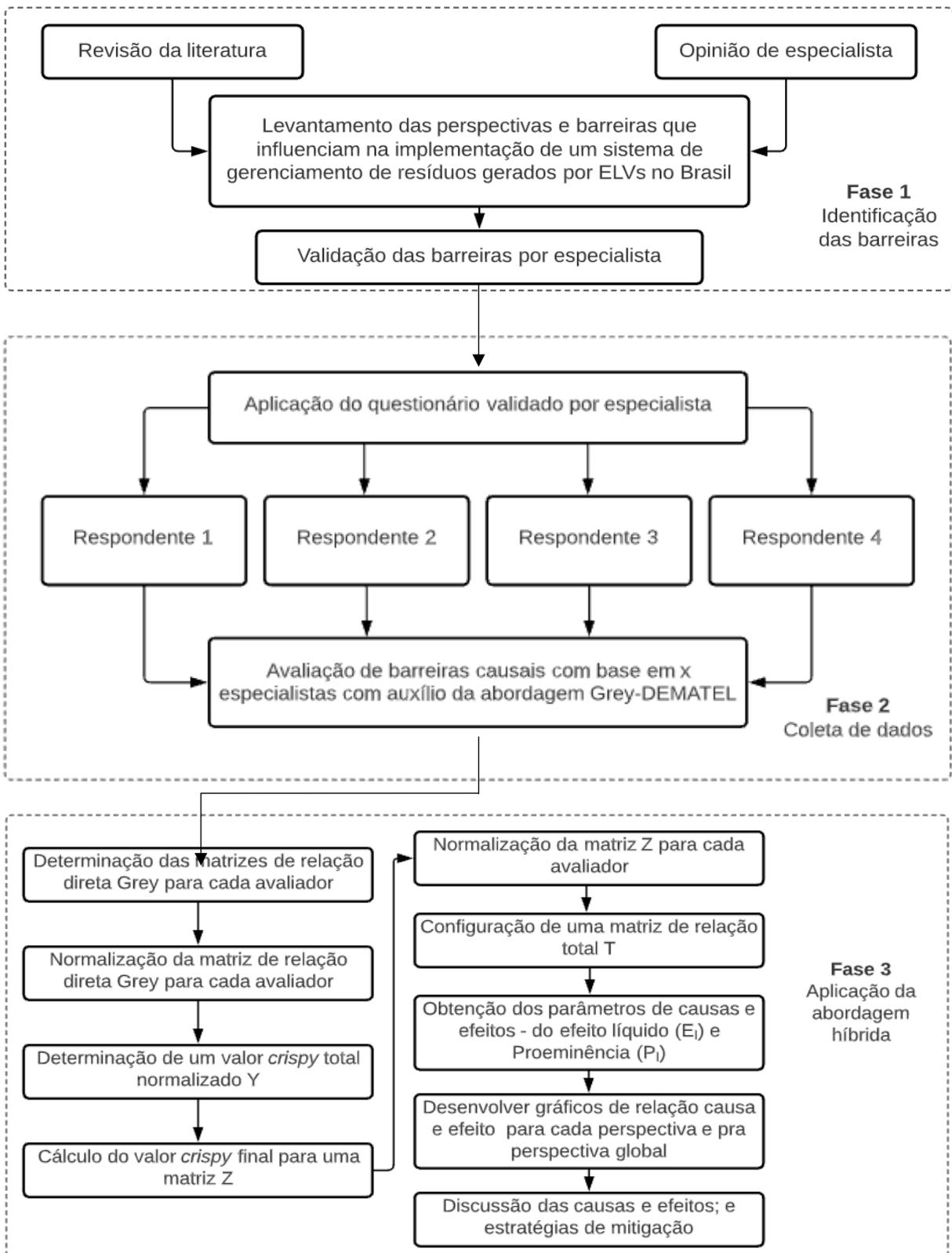
A fase 3, trata-se da etapa de aplicação do método Grey-DEMATEL, onde inicialmente é determinada uma matriz de relação direta Grey para cada especialista utilizando os dados coletados por meio dos questionários. Nesse momento, é realizada a conversão da escala clássica das respostas para uma escala Grey. Após isso, essa nova matriz com números Grey é então normalizada e calculados os limites superiores e inferiores, em seguida é determinado um

valor *crispy* total Y , e através desse é possível computar uma matriz *crispy* final Z com os valores convertidos.

Na sequência dar-se-á início a aplicação da parte do método DEMATEL, iniciando com o cálculo da matriz N , sendo esta resultado da normalização da matriz Z para cada especialista multiplicado pelo inverso do valor máximo do somatório das linhas da matriz Z . Em seguida é configurada uma matriz de relação total T , que é obtida através do produto entre a matriz N , calculada na etapa anterior, com a inversa da diferença da matriz N e a identidade dela. Sendo assim, é possível obter os parâmetros de causa e efeito e conseqüentemente calcular a proeminência (P_i) e o efeito líquido (E_i) das barreiras. Com esses resultados em mãos, é viável realizar a plotagem de gráficos de dispersão com o propósito de visualização das barreiras que merecem uma maior priorização, por serem mais influentes no fenômeno estudado, ilustrando dessa forma as barreiras classificadas como causais e de efeito. Também será construída uma análise global das barreiras por meio da agregação das opiniões expressas por cada especialista.

Por fim, é então realizada a discussão das barreiras de causa e efeito, assim como é realizada a priorização das mesmas, com o objetivo de tentar propor formas de mitigação para restringi-las, com intuito de auxiliar as partes interessadas na implementação de um sistema eficaz de gerenciamento de resíduos de ELVs no Brasil.

Figura 14 - Framework para identificação e análise das barreiras que influenciam na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerado por ELVs no Brasil



Fonte: Esta pesquisa (2021)

4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Esse respectivo capítulo tem por finalidade investigar, explorar, e discutir sistematicamente o cenário atual das pesquisas científicas sobre veículos em fim de vida, mais especificamente, analisar os estudos que abordam os processos de gerenciamento dos resíduos gerados por ELVs. Além disso, essa revisão irá promover a prospecção de elementos-chaves para o atendimento do objetivo principal dessa dissertação. Os documentos que serão coletados estão localizados em periódicos de alto impacto e buscarão responder os questionamentos que estão apontados no protocolo de pesquisa sistemática.

4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Kitchenham e Charters (2007, p.3), “uma revisão sistemática de literatura é uma forma de estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa particular de maneira imparcial e repetível.”

Além de que, o acúmulo de evidências por meio de estudos secundários pode ser muito valioso para oferecer novos *insights* ou para identificar onde uma questão pode ser esclarecida por estudos primários adicionais (BRERETON et al., 2007, p. 572).

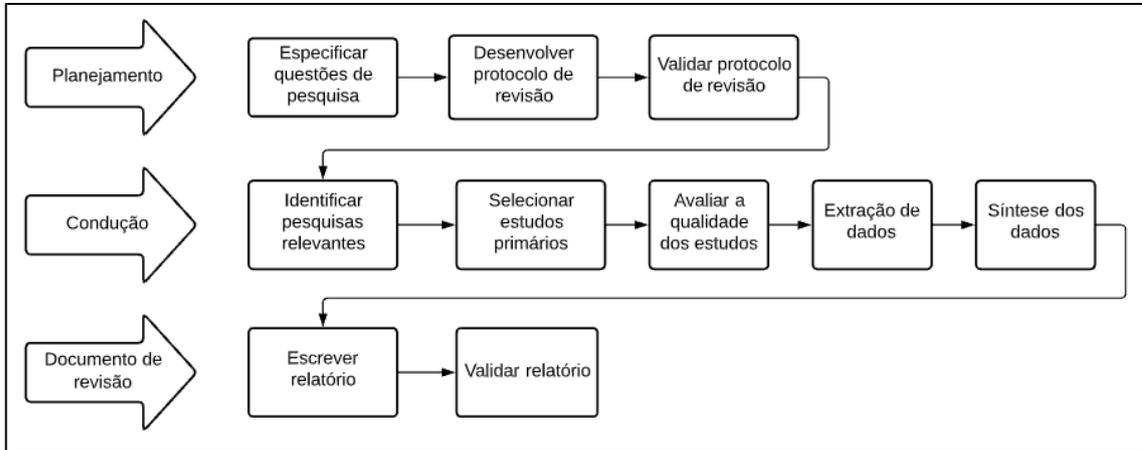
Segundo o manual Cochrane a revisão sistemática da literatura visa:

agrupar todas as evidências empíricas que se encaixam nos critérios de elegibilidade pré-especificados, a fim de responder a uma questão de pesquisa específica. Utiliza métodos explícitos e sistemáticos que são selecionados com o objetivo de minimizar o viés, fornecendo, assim, descobertas mais confiáveis a partir das quais conclusões podem ser tiradas e decisões tomadas (COCHRANE HANDBOOK, 2011, n.p).

Nessa conjuntura, para execução da revisão sistemática de literatura, se faz necessário primeiramente definir um protocolo de pesquisa que deve ser estabelecido anteriormente a realização das atividades que compõem a revisão. Nesse sentido, buscou-se encontrar um protocolo que fosse mais adequado aos estudos de ciências exatas, e sendo assim identificou-se que o protocolo de Kitchenham e Charters (2007) e Brereton e outros (2007) respondiam oportunamente a esse cenário. Esses autores colaboram entre si na condução sistemática de revisões da literatura de uma série de trabalhos relacionados a Engenharia de *Software*. Brereton e outros (2007) destacam que para o desenvolvimento da revisão sistemática são realizadas várias atividades discretas, que podem ser agrupadas em três grandes etapas: planejamento, condução e revisão. A Figura 15, mostra a estrutura de trabalho para desenvolver uma revisão

sistemática da literatura considerando as três etapas abordadas por Brereton e outros (2007) e Kitchenham e Charters (2007).

Figura 15 - Framework para revisão sistemática da literatura

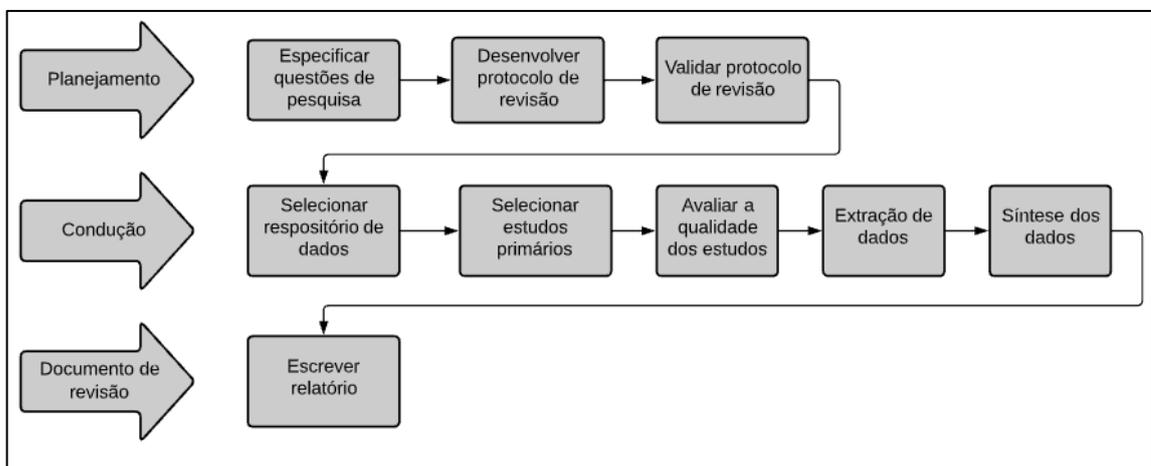


Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Brereton e outros (2007); Kitchenham e Charters (2007)

Essa revisão sistemática tomou como base o modelo metodológico de Brereton e outros (2007) e Kitchenham e Charters (2007), visto que ambos os trabalhos apresentam a mesma concordância quando a estruturação das fases. Algumas adaptações foram necessárias para o desdobramento dessa pesquisa, assim como mostra a Figura 16. Segundo Kitchenham e Charters (2007), os estágios listados acima podem parecer sequenciais, mas é válido salientar que pode haver interações entre os estágios mencionados. Em particular, muitas atividades são iniciadas durante o estágio de desenvolvimento do protocolo e refinadas quando a revisão apropriada ocorre.

Figura 16 - Procedimento metodológico adotado por esse estudo



Fonte: A Autora (2021)

Nota: Adaptado de Brereton e outros (2007); Kitchenham e Charters (2007)

4.1.1 Planejamento da revisão

Antes de iniciar uma revisão sistemática, o pesquisador deve garantir a necessidade de uma revisão sistemática, identificando e revisando quais revisões existem sobre o fenômeno a ser estudado. A atividade mais crucial durante a construção do protocolo de pesquisa é levantar a(s) pergunta(s) de pesquisa. Diante dessa necessidade, o presente estudo busca responder os questionamentos enumerados abaixo:

- **Q1:** Quais as variáveis (critérios) mais utilizadas para identificação das barreiras que dificultam a implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs?
- **Q2:** Quais métodos quantitativos de tomada de decisão estão sendo empregados para analisar as barreiras que influenciam a implementação de um sistema eficaz de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs?

Diante dos questionamentos foi construído o protocolo de pesquisa pretendendo minimizar qualquer viés, e dessa forma, permitindo descobertas mais genuínas, tal protocolo encontra-se detalhado no Apêndice A. Baseado nas instruções de Kitchenham e Charters (2007), o protocolo de revisão deve conter os aspectos a seguir:

- Justificativa para a pesquisa;
- Questões de pesquisa;
- Estratégia de busca;
- Critério de inclusão e exclusão;
- Procedimentos para seleção dos estudos;
- Procedimento de verificação da qualidade dos trabalhos selecionados;
- Estratégia da extração dos dados;
- Síntese dos dados extraídos;
- Estratégia de disseminação.

Após a formulação do protocolo o mesmo foi validado pela orientadora dessa pesquisa.

4.1.2 Escopo da estratégia de busca de estudos primários

A busca por estudos primários foi realizada utilizando como recurso a base de dados da Principal coleção da *Web of Science* por meio dos campos “pesquisa básica” e “tópico”, esse último refere-se as buscas de pesquisas através do título, resumo, palavras-chaves do autor e palavras-chaves adicionais. A coleção principal da *Web of Science* conta com aproximadamente 12.000 periódicos, a plataforma possui uma cobertura de indexação muito ampla e possibilita ter acesso a vários repositórios de dados.

As *strings* de busca examinaram os termos-chave nos diferentes campos das questões de pesquisa, para isso também foram necessários o uso de operadores booleanos, “OR” para integrar os termos-chave e seus sinônimos e “AND” para integrar os diferentes termos-chave. Os termos de busca foram agrupados em três classes, a primeira refere-se a palavras que se enquadram aos aspectos das barreiras para implementação da reciclagem, a segunda é referente ao nosso objeto de estudo que são os veículos em fim de vida e a terceira e última classe indicam os métodos quantitativos de tomada de decisão. Os termos de busca utilizados para essa pesquisa seguem na Tabela 2.

Tabela 2 - Termos de busca

Classes referentes aos termos de busca	<i>Strings</i> de busca
Barreiras para implementação da reciclagem	recycling* OR “waste management” OR barriers OR obstacles OR impediments OR difficulties OR sustainable OR sustainability OR strategies
Veículos em fim de vida	ELV OR ELVs OR "End-of-Life Vehicles*" OR Dismantling
Métodos quantitativo de tomada de decisão	"Decision Models*" OR "Decision Support Methods*" OR "Multi Criteria" OR "Multiple-criteria decision analysis" OR "multi-criteria" OR "decision - making" OR "decision making" OR "performance evaluation" OR MCDM OR MCDA OR Model

Fonte: Esta pesquisa (2021)

4.1.3 Critérios e procedimentos de seleção de estudos

Segundo Kitchenham e Charters (2007), os critérios de inclusão e exclusão devem ser fundamentados na pergunta de pesquisa. Eles devem ser verificados para garantir que possam ser interpretados de forma confiável e que classifiquem os estudos genuinamente. O Quadro 5 lista todos os critérios que foram utilizados para seleção dos estudos primários dessa referida revisão sistemática.

Quadro 5 - Critérios para seleção dos estudos primários

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Documentos em língua inglesa e portuguesa;	Não utilizar livros ou capítulo de livro;
Selecionar documentos apenas disponível na íntegra;	Documentos que apresentam fuga ao tema;
Filtrar documentos dos últimos 10 anos;	Documentos fora do contexto de veículos em fim de vida útil;
Somente artigos publicados em periódicos;	Documentos duplicados;

Documentos que mencionem algum método quantitativo aplicado para implementação de reciclagem e/ou variáveis que contribuam para formação dos critérios de decisão;	Apresenta aspectos relacionados a ELVs mas não no contexto de implementação do sistema de reciclagem;
--	---

Fonte: Esta pesquisa (2021)

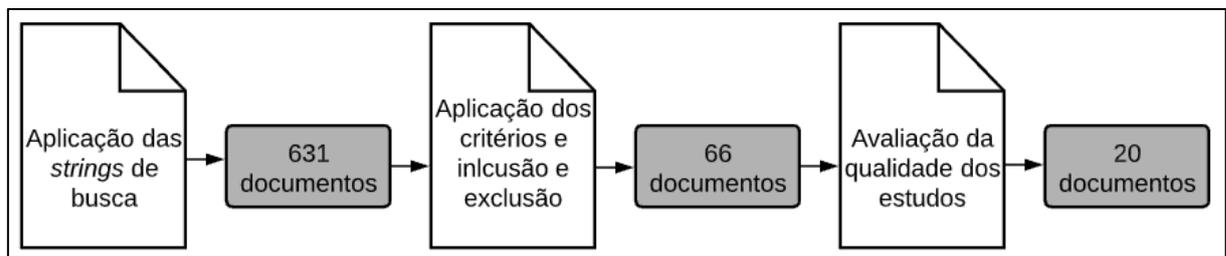
4.1.4 Seleção dos estudos primários e avaliação da qualidade dos estudos

Inicialmente por meio da aplicação das *strings* de busca foram coletados 631 documentos, indicando a diversidade de estudos relacionados a temática em questão. Na sequência, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram aceitos 66 documentos conforme leitura do título, palavras-chave e resumo. Em seguida, logo abaixo, encontra-se uma lista de verificação previamente estabelecida no protocolo de pesquisa para avaliar da qualidade dos estudos:

- Documentos que apresentem métodos quantitativos para tomada de decisão e suas respectivas variáveis;
- Estudos com aplicação de métodos de decisão;
- Estudos que não usem necessariamente métodos quantitativos, mas pelo menos apresentem variáveis que contribuam para formulação dos critérios;

Após a leitura completa do documento e a avaliação de qualidade dos estudos aceitos anteriormente, foram admitidos 20 documentos, sendo essa a amostra final dessa revisão sistemática. Toda execução da seleção e avaliação da qualidade dos estudos primários pode ser compreendida na Figura 17.

Figura 17 - Processo de seleção da amostra para revisão sistemática



Fonte: Esta pesquisa (2021)

4.1.5 Extração dos dados

A extração dos dados necessários para composição da revisão contou com o apoio dos *softwares StArt* e do pacote *Bibliometrix* codificado na linguagem R. O primeiro deu suporte a indexação, organização, seleção e avaliação de qualidade dos documentos coletados. Já o segundo, auxiliou na síntese dos dados por meio de várias análises e técnicas bibliográficas.

No *StArt* foi estruturado um questionário interno para organizar a coleta de informações que seriam necessárias para responder as questões de pesquisa. Previamente foi configurada a classificação dos estudos conforme o tipo de abordagem da aplicação do método quantitativo para tomada de decisão, podendo essa abordagem ser individual ou híbrida. Além disso, foi pontuado se o estudo incorporava ou não alguma lógica para situações de incerteza do decisor ou especialista (ex: *Fuzzy*, *Grey* e outros). Não somente, mas também, através do *StArt* foi possível realizar o agrupamento das variáveis (critérios) nas categorias encontradas durante a pesquisa. Como mencionado anteriormente, o *software* também contribuiu para auxiliar na avaliação de qualidade dos estudos selecionados, para isso foi utilizado uma lista de verificação com pontuações de 0 (zero) a 4 (quatro), cujos critérios estão detalhados no protocolo dessa revisão, e sendo assim, os documentos que recebiam pontuações abaixo de 2 não se enquadravam nos critérios de qualidade pré-estabelecidos e eram removidos da amostra.

Já o pacote *Bibliometrix* da linguagem R, desenvolvido por Aria e Cuccurullo (2017), auxiliou na análise exploratória dos dados. Essa ferramenta contribui com um banco de dados de 37 variáveis que armazenam informações intrínseca a cada trabalho (as principais variáveis se encontram no Apêndice A), e com isso é possível gerar diversos gráficos e tabelas que promovem uma maior compreensão acerca do fenômeno estudado. Portanto, a extração dos dados para revisão sistemática contou com as 37 variáveis fornecidas pelo pacote *Bibliometrix* e com a extração das seguintes informações complementares, integralizando o total de 39 informações coletadas:

- Métodos quantitativos de apoio da tomada de decisão;
- Variáveis (critérios) associadas as barreiras para implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados pro ELVs;

A síntese dos dados extraídos pelos *softwares*, assim como a escrita do relatório serão discutidas na seção seguinte. Todo esse estudo será utilizado como recurso metodológico dessa dissertação para atendimento dos objetivos propostos inicialmente.

4.2 ELUCIDAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

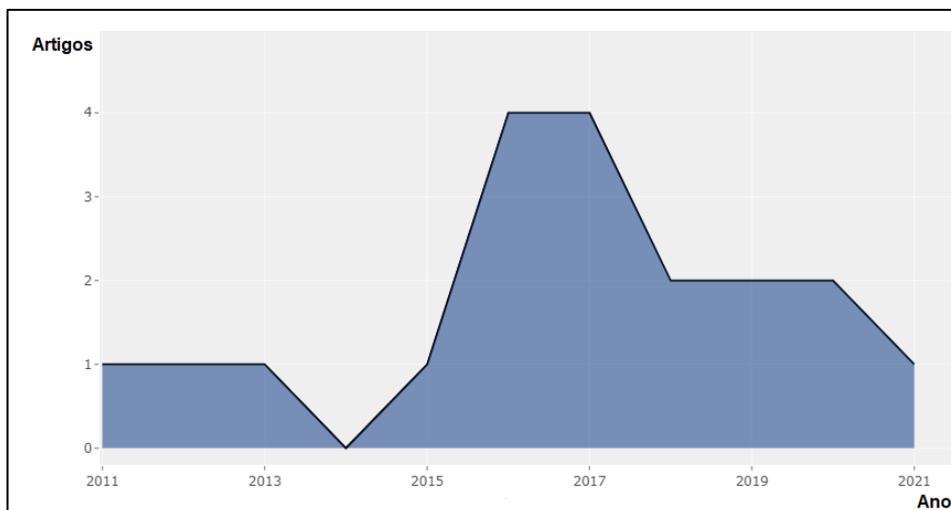
Essa respectiva seção irá discutir, através de uma análise exploratória de dados, os resultados coletados. Inicialmente serão examinadas as informações gerais a respeito do panorama sobre a evolução da produção científica no decorrer do tempo e serão evidenciados os principais pesquisadores que se dedicam a investigação dos processos de implantação de sistemas de gestão de ELVs. Além disso, serão analisados os principais periódicos e países que

mais publicam sobre esse assunto, entre outras informações. Em uma segunda etapa serão elucidados sistematicamente os questionamentos presentes no protocolo de pesquisa.

4.2.1 Análise exploratória da amostra de dados

Em relação ao tema proposto, a Figura 18 corrobora para atestar a relevância no que se refere a contemporaneidade do tema da presente pesquisa, é possível perceber que os principais trabalhos foram realizados entre os anos de 2011-2021, a maioria desses estão concentrados entre os anos de 2015 a 2018, possivelmente isso se deve a uma explosão de estudos realizados na China devido o país não ter alcançado sua meta de recolhimento de veículos em fim de vida entre os anos de 2011-2013 Segundo eCycle (2014), após essa constatação, houve uma tentativa de intensificar os esforços para combater as barreiras que impossibilitavam o aumento da produção de reciclagem de ELV. Certamente, os novos Regulamentos de Gestão sobre Coleta e Desmontagem de ELVs formalmente promulgados em maio de 2013 conduziram as novas diligências para padronização dos processos de reciclagem, o que provavelmente levou os pesquisadores acadêmicos a direcionar o seu foco para esse aspecto (LI et al., 2014).

Figura 18 - Evolução da produção científica anual (2011-2021)

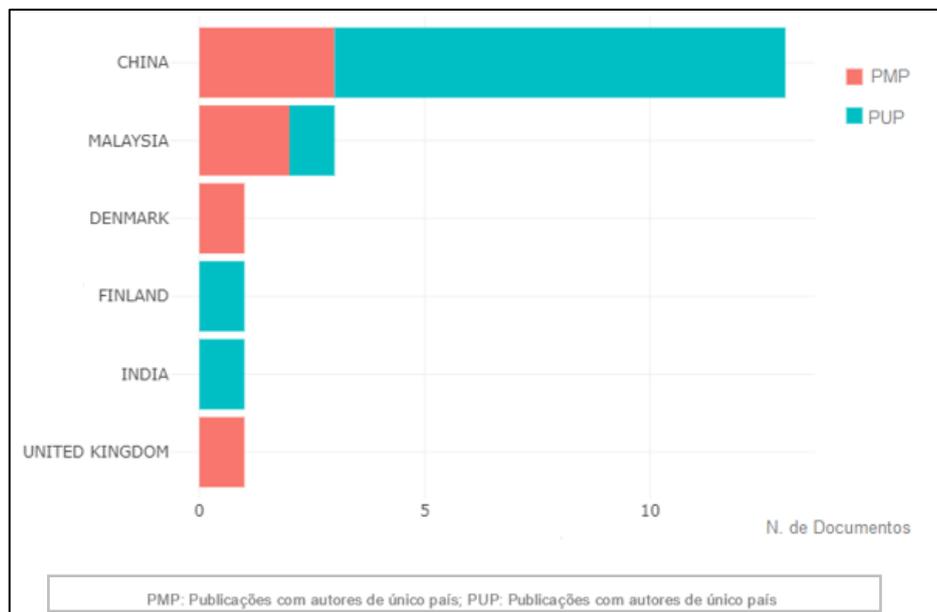


Fonte: Esta pesquisa (2021)

O escopo dos trabalhos sobre reciclagem de ELVs é muito amplo, entretanto a amostra dos artigos analisados soma o quantitativo de 20 *papers*, pois o centro dessa revisão é investigar os métodos quantitativos de tomada de decisão e as variáveis que vem sendo utilizadas para implementação de um sistema de gestão de resíduos de ELVs. Segundo Kie (2018), praticamente toda a atenção e pesquisa sobre remanufatura na última década foram concentradas nos países ocidentais desenvolvidos, no entanto ao revisar a literatura percebeu-

se que os estudos realizados nesses países já estavam em um outro patamar, o interesse de pesquisa está direcionado para avanços técnicos e tecnológicos, uma vez que seus sistemas de reciclagem já estão plenamente implementados e consolidados. Por esse motivo, foram priorizados os trabalhos publicados por países asiáticos em desenvolvimento, cujas características embrionárias dos processos de reciclagem mais se assemelham a condição atual do Brasil. Em vista disso, como pode ser observado pela Figura 19, percebe-se que a China é o país que mais publica trabalhos orientados para implementação do sistema de gerenciamento de resíduos de ELVs, uma vez que as novas políticas regulamentárias expedidas pelo Governo levou a necessidade do surgimento de centros de reciclagem para ELVs.

Figura 19 - País do autor correspondente



Com relação as fontes de origens dos 20 documentos bibliográficos analisados para essa pesquisa, é possível notar na Tabela 4 a relevância do periódico “*Journal of Cleaner Production*”, responsável pela cota de 8 publicações, além disso, também lidera como a fonte mais citada entre os outros artigos relacionados, com a marca de 451 citações. De certo, um indicador significativo para quantificar essas publicações e suas respectivas citações é o índice H, pois indica um equilíbrio entre a produtividade e impacto de citação de publicações de uma revista, autor ou instituição. Em outras palavras, o “*Journal of Cleaner Production*” que possui um índice H correspondente a 8, significa dizer que no conjunto de dados 8 artigos receberam 8 ou mais citações.

Tabela 4 – Periódicos analisados

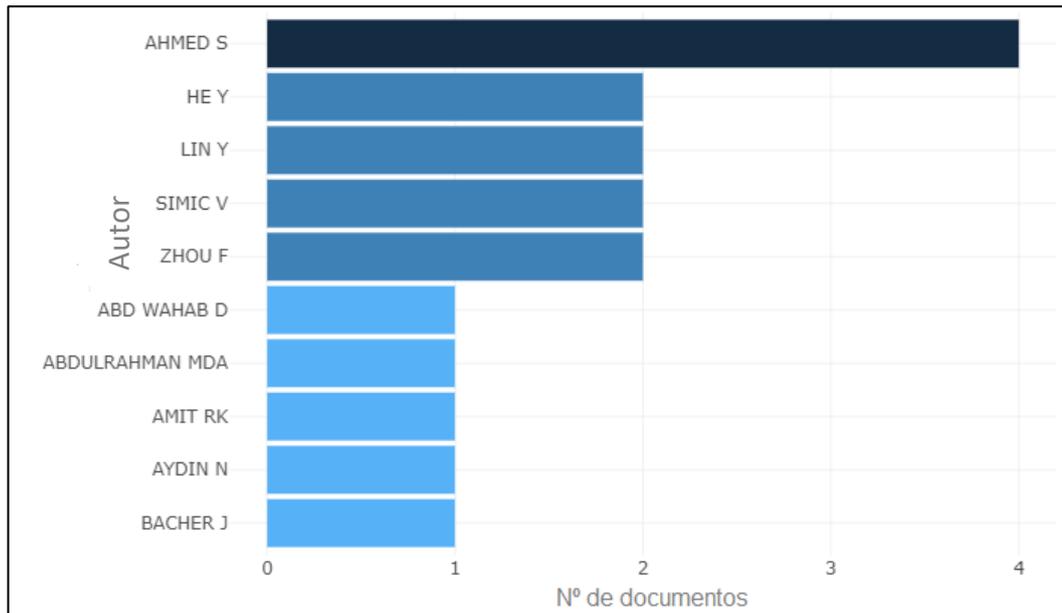
FONTE	PUBLICAÇÕES	CITAÇÕES	ÍNDICE H
<i>JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION</i>	8	451	8
<i>SUSTAINABILITY</i>	2	31	2
<i>ADVANCES IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND ENGINEERING, PTS 1-6</i>	1	6	1
<i>CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY</i>	1	4	1
<i>DETRITUS</i>	1	1	1
<i>ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE</i>	1	2	1
<i>IEEE ACCESS</i>	1	0	0
<i>INTERNATIONAL JOURNAL OF FUZZY SYSTEMS</i>	1	17	1
<i>INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND WORLD ECOLOGY</i>	1	29	1
<i>JOURNAL OF MATERIAL CYCLES AND WASTE MANAGEMENT</i>	1	13	1
<i>SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION</i>	1	0	0
<i>WASTE MANAGEMENT \& RESEARCH</i>	1	5	1

Fonte: Esta pesquisa (2021)

Ainda discorrendo sobre produção científica, ao todo foram encontrados 70 autores distintos, todos os documentos são de autoria múltipla, sendo assim a média de documentos por autor é de 3,5. Nesse sentido, a Figura 20 destaca os 10 autores que mais contribuíram com publicações a respeito da implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs. Em destaque na liderança se encontra o autor Ahmed et al. (2015) com o total de 4 publicações nos últimos 10 anos, que foi o período analisado por essa pesquisa.

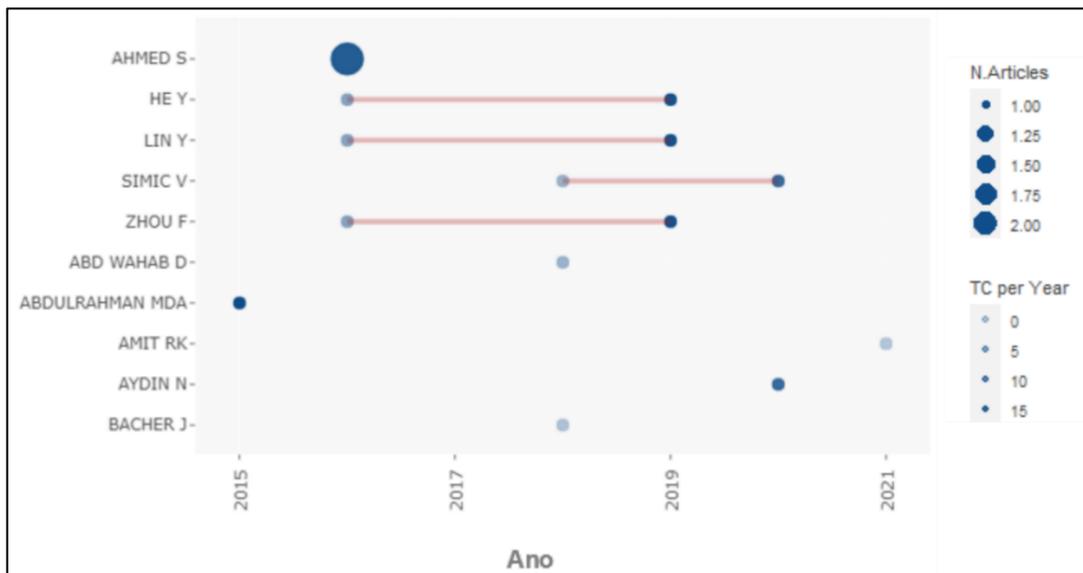
Com intuito de compreender o desempenho dos principais autores, a Figura 21 descreve a produção dos autores ao longo do tempo. A legenda desse respectivo gráfico indica a quantidade de publicações por autor (representado pelo tamanho do círculo) e a quantidade de citações por ano que cada autor obteve (intensidade da cor), quanto mais intensa a cor, mais vezes o trabalho dele foi referenciado, também importante salientar que para fins de visualização o *software* utilizado selecionou, conforme seu algoritmo, os 10 autores mais relevantes. Na Figura 21 é possível perceber que dos 10 autores analisados, 5 realizaram 2 publicações a respeito do tema e os demais publicaram somente 1 vez. Como já se esperava, Ahmed é o autor com maior nº de publicações no mesmo ano, por outro lado Abdulrahman e outros (2005) é o autor com maior número de citações por ano (8,71 citações/ano). Porém, Rodrigues (2020) ressalta que os números de citações não devem ser os únicos parâmetros absolutos para indicar a produtividade do autor, pois é necessário levar em consideração o tempo de publicação de cada artigo.

Figura 20 - Autores mais relevantes



Fonte: Esta pesquisa (2021)

Figura 21 - Autores mais produtivos ao longo do tempo

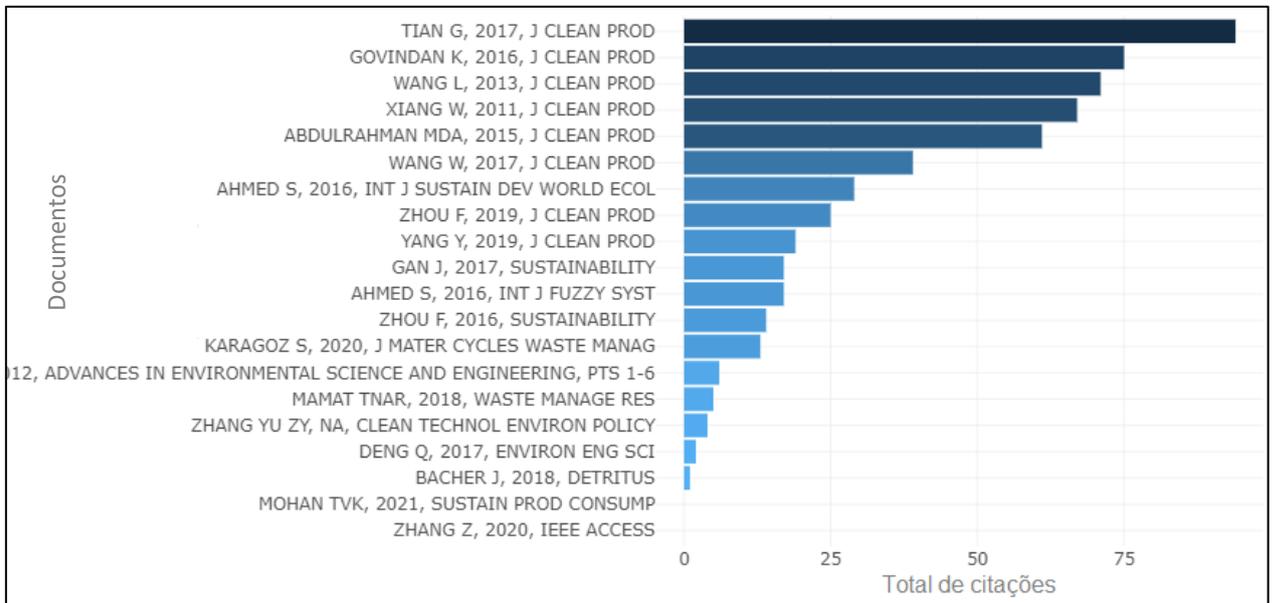


Fonte: Esta pesquisa (2021)

Uma outra maneira de analisar a relevância das publicações é investigando os documentos mais citados no meio acadêmico. A Figura 22 contempla toda a amostra de publicações selecionada para essa revisão sistemática da literatura, o trabalho mais citado (94 citações) foi publicado por Tian et al. (2017), no qual os autores elaboraram critérios que influenciam a operação da indústria de remanufatura de componentes automotivos, utilizando a combinação

de *AHP fuzzy* e *G-TOPSIS fuzzy* para determinar os pesos de critérios de influência e avaliar padrões de operação de produção.

Figura 22 - Documentos mais citados

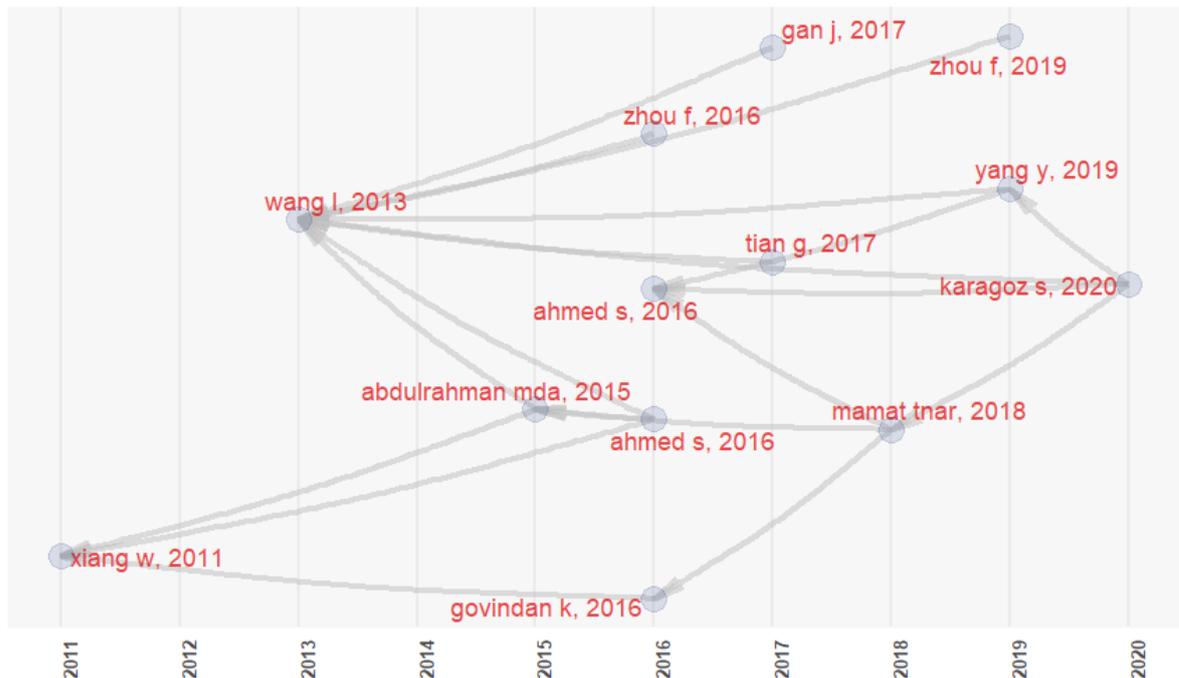


Fonte: Esta pesquisa (2021)

Uma outra estrutura que permite relacionar as áreas de estudos entre si é a rede de citações diretas históricas. Conforme Aria e Cuccurullo (2017), cada caminho histórico identifica um tópico de pesquisa e seus principais autores e/ou documentos. Cada nó representa um documento citado por outros autores e cada caminho representa a direção da citação. De acordo com as evidências expostas na Figura 23, pode-se concluir que há dois trabalhos precursores que influenciaram o desenvolvimento dos demais trabalhos publicados.

O primeiro estudo publicado por Xiang e Ming (2011) descreveu o desenvolvimento das políticas de remanufatura da China com base no princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) e discute o sistema de reciclagem em conformidade com as condições reais do país. Essas condições são descritas em dois conceitos: motivadores e barreiras. O grande mercado de veículos sucateados e o forte apoio do Governo Chinês são classificados como aspectos motivadores, assim como o sistema legal imperfeito e as tecnologias de remanufatura retroativas são classificados como condições de barreiras para o desenvolvimento da reciclagem de ELVs. Além disso, são enumerados três tipos de responsabilidade do fabricante de veículos: Responsabilidade de reduzir o impacto ambiental; Responsabilidade pela informação; e Responsabilidade de reciclagem e descarte. Ainda segundo os autores, isso pode fornecer algumas ideias sobre a aplicação da REP para outros países em desenvolvimento.

Figura 23 - Rede de citações diretas históricas



Fonte: Esta pesquisa (2021)

Já o segundo trabalho foi publicado por Wang e Chen (2013) e que são os primeiros a publicarem uma literatura que apresentava e analisava sistematicamente as políticas para implementação da reciclagem de ELVs. Os autores classificam essas políticas em cinco aspectos: Política de tecnologia para reciclagem de produtos automotivos; Taxa de reciclagem de produtos automotivos e sistema de gerenciamento de substâncias desativadas / restritas; Padronização da reciclagem de ELV e negócios de desmantelamento; Subsídios de substituição automotiva; E piloto de remanufatura de peças automotivas. Essas políticas poderão contribuir como variáveis para aplicação de um método que apoie a tomada de decisão dos aspectos que influenciam a implementação da reciclagem em ELVs no Brasil.

A análise exploratória dos dados permitiu compreender a extensão e a conjuntura das pesquisas relacionadas ao respectivo tema desse presente estudo. Em vista disso, a próxima etapa tem como propósito solucionar os questionamentos expressos no protocolo previamente estabelecido por essa pesquisa.

4.2.2 Análise sobre as categorias e barreiras que influenciam a implementação do sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs

Há uma complexidade intrínseca sobre gerir os aspectos relacionados a implementação de processos de gerenciamento de resíduos de ELVs no Brasil, pois esses envolvem uma série

de fatores que configuram entraves ou barreiras ao pleno funcionamento do fluxo de operações e informações por toda a extensão da cadeia reversa automotiva. Essa complexidade reside nas inter-relações que tais barreiras podem manifestar entre si.

Visando a identificação e estudo dessas barreiras, é de grande importância determinar os principais fatores que influenciam na permanência dessas barreiras que conseqüentemente influenciam na taxa de reciclagem tão baixa do Brasil, de maneira que diretrizes específicas possam ser recomendadas. Nesse contexto, os métodos de apoio a tomada de decisão são viáveis e eficazes para solução desse tipo de problema. Logo em seguida na Tabela 5, estão descritos estudos encontrados na revisão da literatura que estão relacionados ao processo de implementação de sistema de gerenciamento de resíduos de produtos em fim de vida, utilizando também técnicas quantitativas de apoio a tomada de decisão.

Tabela 5 – Estudos referente a processos de implementação de reciclagem de produtos em fim de vida

Método aplicado	Objetivo de pesquisa	Autores
Grey-DEMATEL	Avaliar problemas relacionados ao layout da planta de desmontagem de veículos em fim de vida útil, integrando laboratório de avaliação e teste de correlação de Grey e tomada de decisão	(ZHANG et al.,2020)
ISM-DEMATEL	Identificar os direcionadores do governo, organizações de reciclagem e perspectivas do consumidor para a reciclagem de ELV da China, a fim de melhorar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos automotiva, fornecendo alguns insights estratégicos.	(ZHOU et al., 2019)
Fuzzy – FHS/PHS	Priorizar as alternativas de gerenciamento de ELV em um ambiente incerto, dinâmico e competitivo de forma a atender aos requisitos econômicos, ambientais, sociais e técnicos.	(YANG et al., 2019)
AHP	Discutir o potencial de métodos estruturados de tomada de decisão em grupo para apoiar a cooperação entre as partes interessadas e criar o aprendizado necessário para enfrentar os gargalos inseridos nas cadeias de valor da reciclagem.	(BACHÉR et al., 2018)
AHP	Desenvolver uma ferramenta de avaliação de desempenho eficaz para monitoramento e melhoria contínua dos sistemas de gestão de ELVs, através de um estudo de caso da vida real na Malásia.	(MAMAT et al., 2018)
Fuzzy AHP e G-TOPSIS Fuzzy	Elaborar critérios de operação para desenvolvimento da indústria de remanufatura de componentes automotivos na China. A intenção do estudo é fornecer a nova diretriz para revisar as regulamentações da indústria chinesa de ACR.	(TIAN et al., 2017)
Fuzzy- DEMATEL		(GAN; LUO, 2017)

	Examinar as relações de causa e efeito entre os fatores críticos que influenciam a taxa de reciclagem de veículos em fim de vida na China.	
Fuzzy AHP	Selecionar a melhor alternativa de gerenciamento de compromisso (reutilização, remanufatura, reciclagem) de ELVs, com objetivo de trazer desempenho máximo de sustentabilidade.	(AHMED et al., 2015)
FVIKOR	Determinar a melhor escolha de fornecedor de serviços de reciclagem de ELV, levando em consideração fatores econômicos, ambientais e sociais.	(ZHOU et al., 2016)
Fuzzy ANP e ISM	Investigar a barreira essencial para a remanufatura de peças automotivas em um cenário indiano, e também abordar inter-relações e interdependências vitais.	(GOVINDAN et al., 2016)
DEMATEL, AHP e Fuzzy AHP	Construir um modelo integrado para selecionar as dimensões e critérios de avaliação de alternativas sustentáveis para o manejo adequado de ELV. O (DEMATEL) é usado para selecionar as dimensões e critérios mais importantes para a seleção de alternativas sustentáveis. Em seguida, uma hierarquia foi construída para desenvolver uma técnica sistemática para resolver o problema de seleção de alternativas.	(AHMED et al., 2015)
AHP	Investigar o status das práticas de remanufatura e determinantes-chave para a tomada de decisões estratégicas para remanufaturar internamente, terceirizar a remanufatura e / ou não se envolver na remanufatura em empresas de peças automotivas chinesas.	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
DEMATEL	Identificar sistematicamente as barreiras para os canais formais de coleta de lixo eletrônico doméstico na China, considerando diferentes partes interessadas, como governo, famílias, coletores e estações de tratamento. Usando as perspectivas de especialistas em empresas de coleta formal de resíduos eletrônicos na província de Liaoning.	(WANG, W. et al., 2017)

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Diante dos estudos explicitados na Tabela 5, presume-se a importância de examinar variadas perspectivas de avaliação referente aos fatores críticos (variáveis) do processo de implementação de um sistema de gestão de resíduos. Assim sendo, é necessário identificar os *stakeholders*, que são as entidades envolvidas nesse ciclo da cadeia reversa automotiva. Esses configuram-se como prepostos das perspectivas abordadas nos estudos que utilizam métodos de apoio a decisão multicritério. Nesse presente estudo, a função dos *stakeholders* é apontar,

sob suas percepções e as orientações pertinentes acerca da compreensão das relações factuais no tocante as barreiras para implementação de um sistema de gestão de resíduos de ELVs.

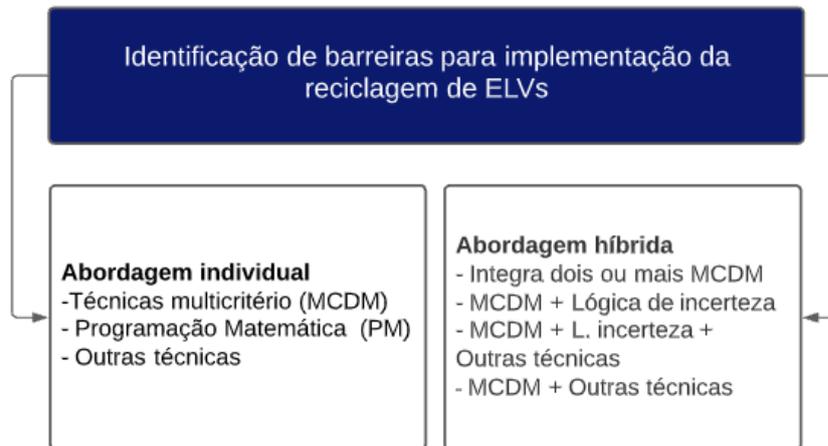
Posto isso, é pertinente realizar a classificação das categorias dos fatores críticos (barreiras) e para isso lança-se mão dos estudos coletados por meio dessa revisão da literatura. Para Yang et al. (2019) no estudo da priorização de alternativas de gerenciamento de ELVs, foram consideradas as categorias econômica, ambiental, social e técnica/tecnológica. Já Abdulrahman et al. (2015) ponderaram utilizar as categorias econômica, ambiental, política, técnica/tecnológica e organizacional para investigar o *status* das práticas de remanufatura nas empresas de peças automotivas chinesas. Nesse sentido, considerando todos os estudos analisados, essa revisão sistemática da literatura encontrou 83 barreiras elegíveis para a problemática a ser estudada. O levantamento dessas barreiras servirá de “*input*” para a fase de análise e validação por especialistas afim de refiná-las de forma que as mesmas se aproximem da realidade do atual cenário brasileiro. A consolidação de todas essas barreiras está descrita nos Apêndices B, C, D, E, F, G dessa dissertação.

Mediante o exposto, as tabelas presentes nos Apêndices B, C, D, E, F, G responde à pergunta de pesquisa Q1 e sintetiza o ranqueamento das principais barreiras encontradas na revisão da literatura. Ao todo foram coletadas 83 barreiras ou fatores críticos que influenciam a taxa de reciclagem, porém após uma análise mais meticulosa, realizada com o apoio de um especialista, foram detectadas barreiras em duplicidade ou semelhantes, e também barreiras que não se adaptavam ao cenário atual do gerenciamento de ELVs no Brasil, visto que essa abordagem ainda é muito prematura no país. Detalhes desse processo de refinamento serão apresentados no capítulo 5.

4.2.3 Análise sobre os métodos quantitativos de tomada de decisão utilizados para identificar barreiras para implementação da gestão de resíduos de ELVs

Essa seção destina-se a responder ao questionamento Q2 do protocolo de pesquisa. Sendo assim, concernente a classificação das técnicas quantitativas, nessa pesquisa elas foram agrupadas em dois conjuntos, a saber: abordagem individual e abordagem híbrida. A abordagem individual envolve a admissão de apenas uma técnica para identificação das barreiras. Por sua vez, a abordagem híbrida combina a utilização de duas ou mais técnicas aplicadas de forma integrada para a mesma finalidade da abordagem anterior. A Figura 24, detalha a classificação dessas técnicas.

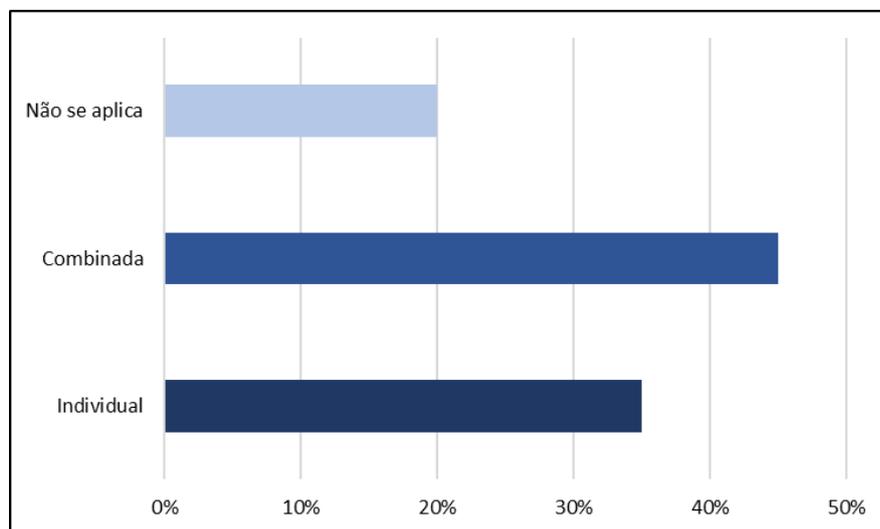
Figura 24 - Classificação das técnicas para identificação das barreiras



Fonte: Esta pesquisa (2021)

A Figura 25 mostra a distribuição dos 20 documentos selecionados quanto ao tipo de abordagem encontrada, sendo que 45% dos documentos utilizam algum tipo de abordagem híbrida, 35% abordam técnicas individuais e 20% dos registros encontrados não abordam diretamente nenhuma técnica, mas contribuem com evidências que dão suporte ao fenômeno estudado.

Figura 25 - Distribuição das abordagens da amostra coletada



Fonte: Esta pesquisa (2021)

Nesse contexto, as Tabela 3 e Tabela 4, auxiliam na compreensão da distribuição das técnicas conforme cada abordagem, e claramente é possível perceber a predominância das técnicas de apoio a tomada de decisão multicritério (MCDM), em detrimento do baixo uso da programação matemática e outras técnicas. Isso é decorrente da necessidade de envolver uma série de múltiplas variáveis para resolução de problemas que envolvem inúmeros fatores

críticos relacionados ao gerenciamento de resíduos de ELVs. Além de que, o uso de métodos combinados proporciona a redução de vieses e produz resultados mais robustos e assertivos.

Tabela 3 – Distribuição das técnicas individuais das amostras coletadas

Abordagem Individual	Freq.	%
<i>MCMD</i>	4	57%
<i>Programação Matemática</i>	2	29%
<i>Outras técnicas</i>	1	14%
Total	7	100%

Fonte: Esta pesquisa (2021)

Tabela 4 - Distribuição das técnicas híbridas das amostras coletadas

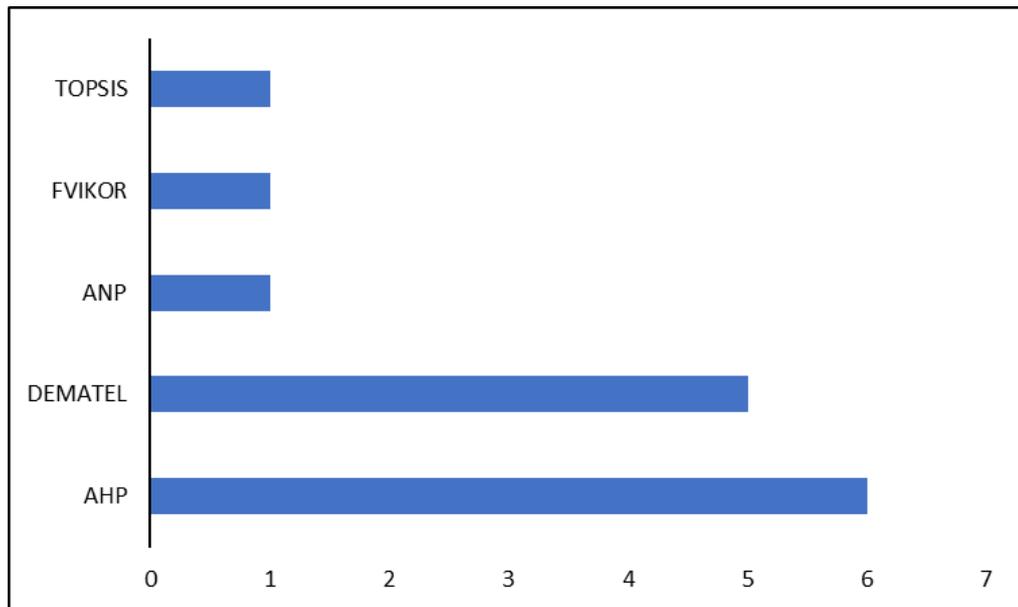
Abordagem Híbrida	Freq.	%
<i>Integra dois ou mais MCDM</i>	1	11%
Integra múltiplas técnicas		
<i>MCDM + Lógica de incerteza</i>	4	44%
<i>Dois MCM + Lógica de incerteza</i>	3	33%
<i>MCDM + L. incerteza + Outras técnicas</i>	1	11%
Total	9	100%

Fonte: Esta pesquisa (2021)

Visto isso, é notável a relevante contribuição das técnicas de apoio a tomada de decisão multicritério. A Figura 26 apresenta quais os métodos que foram utilizados pelos 13 estudos que mencionam a aplicação de MCDM, e sendo assim é evidente o emprego dos métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*). De fato, essas técnicas são amplamente utilizadas devido a confirmação de interdependência entre os fatores, o que proporciona resultados satisfatórios e facilita a identificação de fatores críticos ou barreiras.

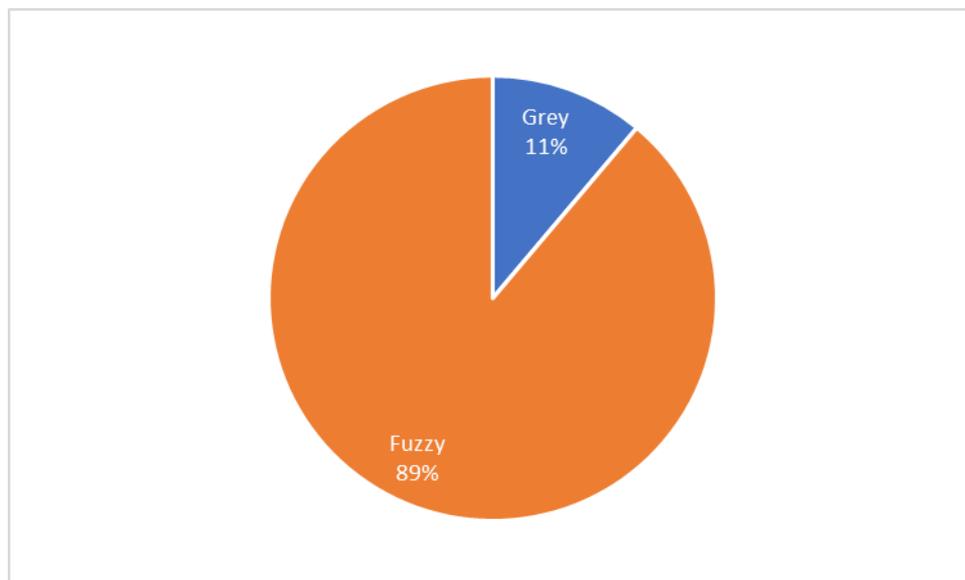
No que diz respeito às lógicas de incerteza utilizadas nesses estudos, a Figura 27 mostra a predominância da integração de lógica *fuzzy* a outros métodos, em detrimento do uso escasso da Teoria dos Números Grey, possivelmente por essa ser uma lógica relativamente mais complexa, no entanto ela pode proporcionar resultados mais robustos, devido a vantagem de conseguir trabalhar com uma quantidade limitada de dados para estimar o comportamento de um sistema incerto, além de minimizar o esforço do avaliador nas suas percepções. Sendo assim é possível concluir que existe uma lacuna na literatura para estudos que integrem números Grey a métodos de apoio a tomada de decisão.

Figura 26 - Técnicas multicritérios utilizadas pelos estudos coletados



Fonte: Esta pesquisa (2021)

Figura 27 - Distribuição dos estudos quanto ao uso de lógica de incerteza



Fonte: Esta pesquisa (2021)

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A identificação das barreiras que influenciam a implementação do gerenciamento de resíduos gerados por ELVs é essencial para orientar a priorização de ações deliberativas. Para isso é primordial discutir sobre a diversidade e as respectivas naturezas das variáveis, pois essas tornam-se cada vez obscuras e subjetivas. Sendo assim, é preciso também reunir técnicas que auxiliem na análise dessas variáveis e que encapsulem as especificidades relativas ao problema

estudado. Por esse motivo, essa revisão sistemática da literatura, teve como propósito buscar estudos com abordagens do mesmo universo do fenômeno em questão para responder as indagações expressas no protocolo dessa revisão.

Em face disso, é possível concluir que diante das evidências encontradas na literatura é notável o uso intensivo de métodos de apoio a decisão combinados com alguma lógica de incerteza. Isso se deve a natureza do problema investigado, que envolve uma série de multivariáveis; subjetividade e imprecisão do julgamento por parte do avaliador. Além disso, foi possível mapear as variáveis (nesse estudo denominam-se barreiras) mais empregadas nos estudos realizados em outros países, beneficiando o desdobramento da pesquisa, visto que no Brasil as informações são verdadeiramente escassas.

Baseado nesses levantamentos e nas lacunas encontradas foi delineado o objetivo geral dessa dissertação, que consiste em: identificar e analisar as barreiras para implementação do sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil, aplicando para isso o método híbrido Grey-DEMATEL.

5 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS POR ELVS

Esse presente capítulo destina-se à descrição e análise dos resultados dessa pesquisa, bem como a discussão dos mesmos. Basicamente ele está fragmentado em duas partes, a primeira refere-se ao processo de lapidação para validação das barreiras pertinentes ao contexto brasileiro. Já a segunda parte diz respeito a análise das barreiras que foram identificadas anteriormente, empregando a abordagem Grey-DEMATEL para identificação do fator de proeminência e das relações de causa-efeito dessas barreiras. O processo de análise se dará inicialmente por meio das perspectivas dos quatro respondentes especialistas citados no capítulo 3 dessa dissertação, com intuito de fidelizar as informações e opiniões expressas por cada especialista. E, posteriormente, será realizada uma análise global referente a unificação dessas perspectivas.

5.1 VALIDAÇÃO DAS CATEGORIAS E BARREIRAS

Por meio das categorias e barreiras levantadas no capítulo anterior, dar-se-á início a validação necessária para confiabilidade dos resultados alcançados nessa referida etapa. Esta respectiva etapa consiste em identificar as categorias e barreiras pertinentes ao atual cenário de gerenciamento de resíduos gerados por ELV no Brasil, e para isso foi preciso o auxílio de dois especialistas com o propósito de adicionar conhecimento e experiências acerca do problema investigado, assim como validar as evidências encontradas.

Como dito anteriormente, as categorias e barreiras levantadas por meio da revisão sistemática da literatura são tratadas como elementos de entrada para essa etapa. Através delas realizou-se o primeiro refino, que consistiu na exclusão das barreiras ambíguas ou em duplicidade e aglutinação de barreiras que expressavam visões complementares. Após esse tratamento inicial houve quatro reuniões com os especialistas, autora e orientadora da pesquisa. Nessas reuniões foram realizados vários refinamentos, inicialmente, foram determinadas as categorias e barreiras que mais se adequam ao contexto brasileiro. Diferentemente dos estudos coletados pela revisão da literatura em alguns países, no Brasil, não há legislação específica que institui sobre o gerenciamento dos resíduos de ELVs, além disso, a PNRS ainda não legisla sobre esse tipo de resíduo. Sendo assim, juntamente com os especialistas, discutiu-se que os instrumentos necessários para construção de uma política devem ser motivados pelos aspectos

econômicos, políticos/legais e sociais. Diante disso, as categorias nas quais se encontram organizadas as barreiras dessa pesquisa foram classificadas em três *clusters*.

Durante as sucessivas reuniões foram levantados alguns questionamentos sobre a inclusão ou não de barreiras acessórias, porém como o assunto ainda é complexo, devido à escassez de informações. Além do mais o Brasil não possui uma indústria de ELVs implementada e por esse motivo concluiu-se que nesse primeiro momento o primordial seria concentrar esforços cognitivos nas barreiras mais fundamentais que influenciam diretamente na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos. Sendo assim, as barreiras acessórias serão consideradas para continuidade futura desse estudo.

Realizados todos os refinamentos julgados necessários, os especialistas participantes validaram as categorias e barreiras que traduzem as especificidades da conjuntura atual dos veículos em final de vida no Brasil. Os resultados dessa etapa são detalhados nas Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8, que reúnem os elementos necessários para análise das barreiras por meio da abordagem Grey-DEMATEL. Assim, as barreiras classificadas como econômicas são descritas na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Barreiras Econômicas que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs

Barreiras Econômicas	Descrição
B1 Custo de instalação	Refere-se aos investimentos para configuração inicial de empresa de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs, custos com novas instalações e implantação de tecnologia avançada para desmontagem. Custo de investimento inicial podem demorar para amortizar (YANG et al., 2019; XIANG; MING, 2011).
B2 Custo de recrutamento e capacitação	Refere-se ao custo inicial para recrutar e qualificar principalmente mão de obra especializada em processos de desmontagem, recuperação, reciclagem, remanufatura e tomada de decisão técnica (AHMED et al., 2016; (YANG et al., 2019).
B3 Ausência de subsídio para empresas de reciclagem	Os subsídios compensam o custo de avaliação, desmontagem, correspondência e remontagem de processos e também compensam o custo inicial de tecnologias emergentes que são altos durante o período inicial, mas menos significativos quando as economias de escala são alcançadas (ABDULRAHMAN et al., 2015).
B4 Ausência de incentivo financeiro para os proprietários de ELVs	Benefícios diretos e indiretos. Esse incentivo visa impulsionar a reciclagem e reduzir a circulação de ELV. Como por exemplo: o poder público regulamenta que os proprietários que enviarem seus veículos para a empresa de reciclagem designada, para substituir um novo carro podem obter subsídios em valores monetários (Ex. da China: \$ 400 a \$ 900) ou outras garantias fiscais (GAN; LUO, 2017; XIANG; MING, 2011).
B5 Baixo interesse dos fabricantes originais de peças automotivas	Os fabricantes desejam vender apenas suas peças. Fabricante original do equipamento ver risco para a reputação, porque a percepção de qualidade do consumidor está estritamente relacionada ao valor da marca e temem um potencial risco associado de falha do produto (GOVINDAN et al., 2016).
B6 Custo com pesquisa e desenvolvimento de técnicas /tecnologias	Refere-se ao custo necessário para pesquisa e desenvolvimento de técnicas e tecnologias de design para recuperação que lide com a dificuldade de correspondência de materiais para recuperabilidade, visto que a prática de fazer muitas variações do mesmo produto com uma ou duas pequenas

diferenças, aumenta a diversidade de produtos, incerteza no material recuperado (AHMED et al., 2016).

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

As barreiras pertencentes ao segundo grupo são classificadas como barreiras políticas/Legais e estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Barreiras políticas/legais que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs

Barreiras Política/Legais	Descrição
B7 Falta interesse político para criação de legislação para ELVs	O interesse político é baixo, por não ser um tema eleitoral. E, por falta de conhecimento, também não há pressão da população para criação de instrumentos legais.
B8 Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs	Refere-se a ausência de diretivas brasileiras e normativos para o tratamento dos veículos em fim de vida.
B9 Falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva	A ausência de um contrato firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes para garantir responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos veículos.
B10 Falta Política do governo sobre proprietários de ELV	Está relacionado as regulamentações de reciclagem e motivações para proprietários de ELV, a política legislatória motiva os consumidores de veículos a entregar ELVs para empresas de reciclagem (ZHOU et al., 2019).
B11 Ausência de punição legal-administrativa para ilegalidade	A ausências de punições faz com que empresas de reciclagem ilegal e catadores ignorem as políticas. Isso fortalece os canais de coleta informais, mercado de segunda mão e desmonte ilegal, e principalmente o inadequado tratamento dos resíduos gerados por ELVs (GAN; LUO, 2017).
B12 Falta de coordenação das agências do setor	Diz respeito ao desencontro de informações, falta de dados sobre a configuração atual de ELVs; base de dados dos órgãos competentes não estão integradas.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

As barreiras pertencentes ao terceiro e último grupo são classificadas como barreiras sociais e estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8- Barreiras sociais que influenciam a implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs

Barreiras Sociais	Descrição
B13 Baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis	A consciência ambiental individual está diretamente relacionada ao conhecimento da importância da reciclagem de ELV, há um baixo conhecimento populacional sobre os riscos à saúde e ao meio ambiente que um ELV sem tratamento pode trazer a sociedade. Há uma educação insuficiente para despertar o interesse e reconhecer a real necessidade de uma legislação para ELVs (ZHOU et al., 2019; YANG et al., 2019; GAN; LUO, 2017).
B14 Baixa aceitação do mercado consumidor de autopeças remanufaturadas	Geralmente clientes pensam que precisam de novos produtos, eles pensam que os produtos remanufaturados não atendem às suas demandas e requisitos. Essa atitude de consumo dificulta a popularização dos produtos remanufaturados (GOVINDAN et al., 2016; XIANG; MING, 2011)
B15 Mão de obra limitada para planejamento	Conhecimento técnico para elaboração de projeto de lei, legislação específica para ELVs e acordos setoriais, que visem garantir a implantação e implementação eficaz e adequada das práticas necessárias para o tratamento de ELVs.
B16 Escassez de mão de obra para operação	Refere-se à falta de mão de obra qualificada para tomada de decisão técnica para desmontagem, remanufatura, reciclagem, usabilidade e eficácia de

disponibilidade de mão de obra qualificada para própria operacionalização (AHMED ET AL., 2016).
O tratamento de ELVs é um novo campo com experiência limitada e trabalhadores mal qualificados, criando um obstáculo para a recuperação, reciclagem e remanufatura eficiente (ABDULRAHMAN et al., 2015; GOVINDAN et al., 2016)

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

A etapa de validação proporcionou a documentação de evidências necessárias para atestar a segurança de uma coleta de dados consistente, segura e fidedigna, cujas informações serão analisadas na seção seguinte.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS PELAS PERSPECTIVAS DOS ESPECIALISTAS E PERSPECTIVA GLOBAL

Esta discussão será dividida em cinco tópicos, com a finalidade de facilitar o tratamento detalhado dos resultados. Inicialmente, serão determinados os grupos de causas, grupos de efeitos, e o fatores de importância de cada barreira sob a perspectiva individual dos quatro especialistas respondentes, caracterizados como representantes de partes interessadas do problema. Logo após, será realizada uma análise da perspectiva global por meio da agregação das opiniões fornecidas por esses mesmos especialistas.

Serão utilizados dois indicadores nas análises a seguir, o primeiro deles está relacionado a classificação das barreiras, que serão divididas em dois grupos de: causas e efeitos. Essa relação de causa-efeito é determinada pelo indicador E_i (efeito líquido), sendo assim, se $E_i > 0$ significa dizer que a barreira i é a causa de outros fatores, em outras palavras, essa barreira influencia outras barreiras, caso contrário, se $E_i < 0$ significa dizer que a barreira i é o efeito de outras barreiras, também chamada de barreira secundária, ou seja, essa barreira é influenciada por outras barreiras. Além disso, a metodologia Grey-DEMATEL fornece o indicador P_i , que exprime o grau de importância ou proeminência que uma barreira influencia ou é influenciada por outros. Nesse sentido quanto maior o valor de P_i , maior é a importância geral da barreira i em termos de relações globais com outros fatores. Essas barreiras afetam vigorosamente as demais barreiras, e geralmente requerem um tratamento prioritário.

A abordagem Grey-DEMATEL preconiza a construção de um diagrama de relação causal-proeminência com a finalidade de examinar padrões gerais e relações entre barreiras simultaneamente e em pares. Além disso, torna a visualização dos resultados mais didáticos, de forma a facilitar a compreensão das partes interessadas para uma tomada de decisão futura quanto as ações necessárias para mitigar o problema.

Por recomendação de Bouzon et al. (2018), a construção desse diagrama se dá por meio do cálculo de um limiar θ , pois o número de relacionamentos pode incluir todas as possibilidades. Nesse sentido apenas as relações superiores ao limiar θ serão mapeadas. O valor de θ é obtido através da média adicionando mais um desvio padrão dos valores da matriz T_{ij} . Tanto os cálculos dos limiares quanto as relações superiores a θ para cada perspectiva estão destacados nos apêndices I, J, K e L e N.

Nesse sentido, para entendimento mais claro, os valores de P_i estão localizados no eixo das abscissas e os valores de E_i estão localizados no eixo das ordenadas. A seguir serão levantados e discutidos os indicadores mencionados para cada perspectiva, a saber: organizacional, ambiental, acadêmica e governamental.

5.2.1 Diagnóstico da perspectiva organizacional

O representante da perspectiva organizacional possui atuação em indústria de componentes automotivos, também já desenvolveu pesquisas na área de gestão de resíduos oriundos de baterias automotivas.

Na Tabela 9, encontram-se os resultados finais da matriz de relação total T_{ij} que serão utilizados para obtenção dos parâmetros de causa e efeito, assim como do fator de proeminência para cada barreira, segundo a perspectiva organizacional.

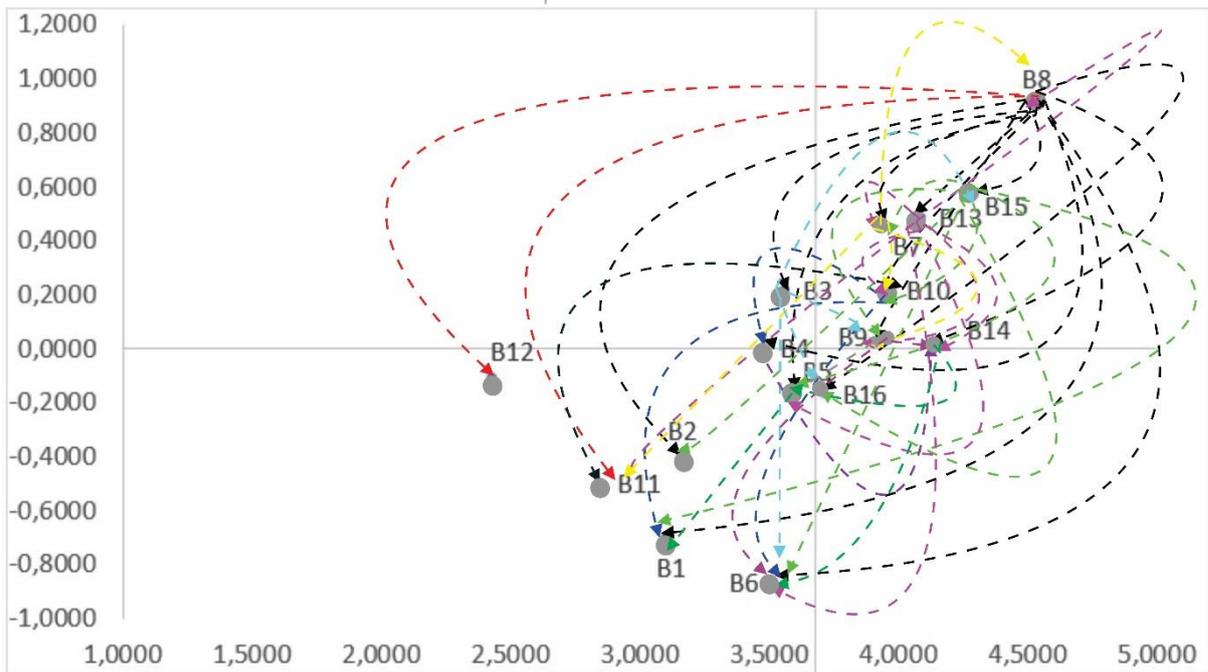
Tabela 9 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva organizacional

	R	D	R+D (P)	R-D (E)
B1	1,1946	1,9042	3,0988	-0,7096
B2	1,3837	1,7815	3,1652	-0,3978
B3	1,8916	1,6735	3,5651	0,2181
B4	1,7395	1,7370	3,4765	0,0025
B5	1,7224	1,8779	3,6003	-0,1555
B6	1,3266	2,1928	3,5194	-0,8663
B7	2,1993	1,7464	3,9456	0,4529
B8	2,7269	1,8093	4,5361	0,9176
B9	2,0810	2,0717	4,1527	0,0093
B10	2,0919	1,8736	3,9655	0,2183
B11	1,1747	1,6722	2,8468	-0,4975
B12	1,1631	1,2704	2,4334	-0,1073
B13	2,2878	1,8027	4,0905	0,4851
B14	1,9742	1,9446	3,9188	0,0296
B15	2,4318	1,8624	4,2941	0,5694
B16	1,7754	1,9443	3,7197	-0,1689

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Por meio da Figura 28 é possível obter uma maior compreensão acerca dos apontamentos realizados pelo especialista organizacional.

Figura 28 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva organizacional



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Do ponto de vista da perspectiva organizacional as barreiras causais podem ser classificadas da seguinte forma: $B8 > B15 > B13 > B7 > B10 > B3 > B14 > B9 > B4$. Nesse grupo causal, a ausência de legislação específica para gestão de ELVs (B8) está no topo das barreiras causais, o que denota B8 como uma barreira causal primária. Esse resultado confirma o que já foi mencionado anteriormente nessa pesquisa, o Brasil não possui diretivas que façam menção ao tratamento de ELVs, a ausência de uma legislação contribui para falta de incentivo a devolução de ELVs. A PNRS ainda não contempla o tratamento desse tipo de resíduo, porém como a mesma já possui uma estrutura que obriga a implementação de logística reversa em outros segmentos, seria mais coerente incluir os componentes de ELVs como uma nova categoria. Nesse sentido, os órgãos legislativos devem agora direcionar seus esforços para criação de leis que promova a motivação das práticas de logística reversa, e também uma legislação de cunho fiscalizatório tanto para montadoras, importadores, distribuidores e consumidor final, assim como uma fiscalização eficiente para supressão do mercado ilegal de componentes de ELVs.

Também merecem ser ressaltadas as barreiras causais B15 (Mão de obra limitada para planejamento) e na sequência a B13 (Baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis). A B15 diz respeito a escassez de mão de obra que forneça conhecimento técnico para elaboração de projeto de lei, acordos setoriais, e padrões procedimentais para o tratamento

adequado dos resíduos gerados pelos componentes dos ELVs. A fase de planejamento para implementação de um gerenciamento de resíduos de ELVs requer um conhecimento detalhado e estruturado de forma que contemple todas as especificidades necessárias para que seja possível construir uma indústria sustentavelmente sólida e próspera de reutilização desses resíduos. Essa fase também necessita de pessoas com habilidades na tomada de decisões estratégicas de modo que envolvam as esferas ambientais, sociais, econômicas e mercadológicas. Já a Barreira B13, refere-se à consciência ambiental individual dos proprietários de ELVs, essa é uma barreira causal pois está estritamente relacionada a falta de reconhecimento da necessidade de tratamento dos resíduos gerados pelos seu próprios veículos em final de vida, existe ainda um baixo conhecimento populacional sobre os riscos ao meio ambiente e a saúde pública, essa educação insuficiente contribui para a falta de interesse em pressionar os entes políticos e também os atores da cadeia automotiva a elaborarem estratégias para solução desse problema.

Por outro lado, tem-se também as barreiras de efeito ou secundárias, que são: B12, B5, B16, B2, B11, B1 e B6. Por possuírem o valor de efeito líquido (E) negativo elas sofrem influência das demais barreiras. Com exceção da B12, todas as demais barreiras estão localizadas no quadrante IV, essas são intituladas como barreiras de impacto ou receptores entrelaçados, isso indica que elas detêm uma elevada proeminência, porém possuem uma baixa relação, isso quer dizer que elas são impactadas por outros fatores e não podem ser mitigadas diretamente, mesmo possuindo uma alta relevância para o problema investigado.

O grau de importância (proeminência) das principais barreiras é analisado mediante o valor de P_i localizado no eixo da abscissa da Figura 28. Interpretando essa ilustração, entende-se que quanto mais localizada a direita estiverem as barreiras maior é a força de correlação dessas com as demais, ou seja, essas são as que denotam mais importância para o conjunto analisado. No entanto as barreiras localizadas mais à esquerda apresentam um impacto mais baixo, e conseqüentemente não possuem uma influência tão relevante. Nesse sentido, para o especialista da perspectiva organizacional, as cinco principais barreiras com alto grau de proeminência são: B8>B15>B9>B13>B10. Ausência de legislação para ELVs (B8) além de ser um fator causal primário é também a barreira mais importante do sistema, fato que já foi discutido anteriormente. É inquestionável a necessidade de leis para reger um sistema, os instrumentos de leis são de extrema importância para exercer o controle das ações praticadas pela sociedade, sem as regulamentações apropriadas torna-se inviável manter um sistema em pleno funcionamento.

Coincidentemente as cinco barreiras mais importantes também são barreiras causais primárias, ou seja, barreiras que influenciam fortemente as demais barreiras. Entretanto, a barreira falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva (B9) chama atenção por estar localizada na linha tênue entre uma barreira causal e muito próxima de uma barreira de efeito, ou seja, essa barreira quase atingiu o efeito líquido nulo, e isso quer dizer que B9 é um importante componente de articulação do sistema, pois atua tanto como causa quanto como uma barreira de efeito. Portanto, há evidências que o desencontro de informações, a escassez de dados sobre a configuração atual dos ELVs e a falta de integração entre os órgãos competentes tanto pode ser influenciado por outras barreiras, assim como pode ser a causa de algumas outras.

Por outro lado, as barreiras que impactam fracamente na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos de ELVs são: $B12 < B11 < B1 < B2 < B4$. A Figura 28 promove um mapeamento que denota evidentemente a influência que B8 (ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs) exerce sobre todo o conjunto de fatores, sem nenhuma exceção, os julgamentos realizados pelo especialista da perspectiva organizacional indicam que B8 influencia todos as demais barreiras. Sendo assim, as estratégias que porventura serão desenvolvidas para tratar B8 repercutirão positivamente na atenuação das demais.

A Tabela 10 traz uma síntese da alocação das barreiras tanto nos seus respectivos grupos de causa e efeito, como também mostra a distribuição de cada barreira nos respectivos quadrantes do diagrama de relação causa-efeito para a perspectiva organizacional.

Tabela 10 – Síntese dos resultados da perspectiva organizacional

Quadrantes*				Barreiras	
I (fatores causais)	II (fatores propulsores)	III (fatores independentes)	IV (fatores de impacto)	Causais	Efeito
B8,B15,B9,B13, B10,B7,B14	B3,B4	B12,B2,B11,B1, B6,B5	B16	B8,B15,B13,B7, B10,B3,B14,B9,B4	B12,B5,B16,B2, B11,B1,B6
43,75%	12,50%	37,50%	6,25%	56,25%	43,75%

* I: alta proeminência e relação; II: baixa proeminência e alta relação; III: baixa proeminência e relação; IV: têm alta proeminência e baixa relação.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.2.2 Diagnóstico da perspectiva ambiental

As análises da perspectiva ambiental contaram com o apoio de uma Doutora em engenharia civil, com atuação em gerenciamento de resíduos sólidos e tratamento de efluentes. Possui abrangente experiência em estudos relacionados a reciclagem, e também já atuou como analista ambiental no órgão de controle ambiental do Estado de Pernambuco (CPRH).

A Tabela 11 apresenta os resultados dos parâmetros de causa e efeito, assim como o fator de proeminência das barreiras, de acordo com os julgamentos da perspectiva ambiental.

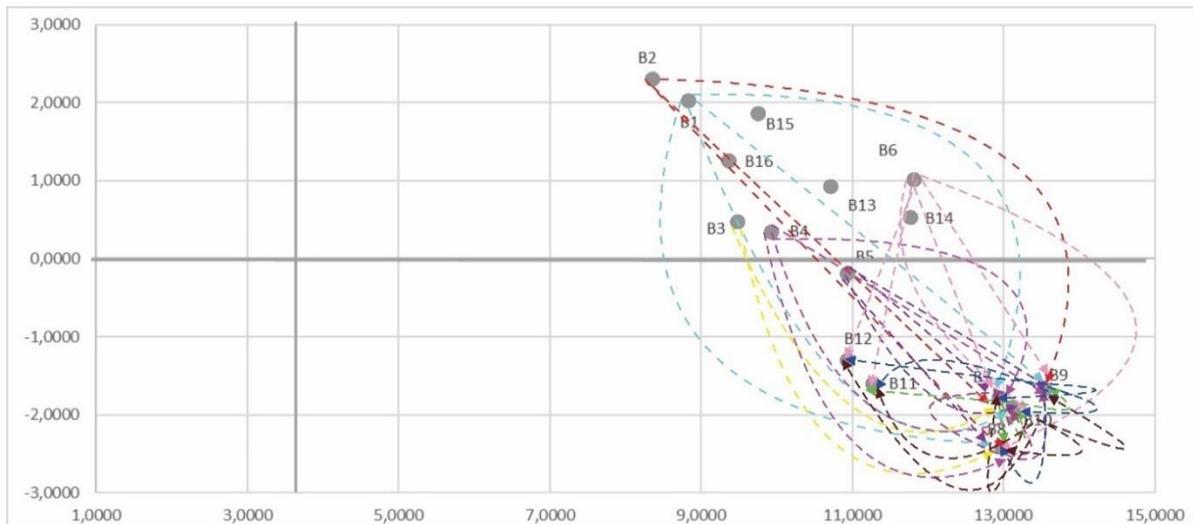
Tabela 11- Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva ambiental

	R	D	R+D (P)	R-D (E)
B1	5,4295	3,4109	8,8404	2,0187
B2	5,3421	3,0191	8,3612	2,3230
B3	4,9796	4,5098	9,4895	0,4698
B4	5,1535	4,7952	9,9487	0,3584
B5	5,3912	5,5523	10,9436	-0,1611
B6	6,4160	5,3906	11,8066	1,0254
B7	5,5724	7,3664	12,9388	-1,7940
B8	5,2927	7,6961	12,9889	-2,4034
B9	5,9312	7,5923	13,5235	-1,6611
B10	5,6088	7,4912	13,1001	-1,8824
B11	4,8399	6,4253	11,2652	-1,5854
B12	4,8289	6,1082	10,9371	-1,2793
B13	5,8352	4,8934	10,7287	0,9418
B14	6,1381	5,6128	11,7509	0,5253
B15	5,7923	3,9448	9,7370	1,8475
B16	5,3121	4,0553	9,3674	1,2568

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Mediante os resultados apresentados pela Figura 29 a seguir e pela Tabela 11, é possível obter as informações referentes aos julgamentos feitos pela especialista ambiental. Assim sendo, do ponto de vista da perspectiva ambiental as barreiras causais estão classificadas do seguinte modo: B2>B1>B15>B16>B6>B13>B14>B3>B4. Dessa lista, o custo de recrutamento e capacitação (B2) foi considerado como a barreira com maior influência, então presume-se que o custo inicial para recrutar e qualificar mão de obra especializada seja um entrave relevante para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos eficiente. Indubitavelmente, a mão de obra qualificada contribui para estruturar e manter uma indústria de tratamento de resíduos. Recrutar profissionais com habilidades em processos de desmontagem, recuperação, reciclagem e remanufatura de resíduos de ELVs não é uma tarefa fácil. Os processos requerem desses profissionais uma capacidade de tomada de decisão técnica, pois há uma grande variabilidade dos componentes e materiais encontrados nesses veículos, isto é, são necessárias habilidades específicas para que seja possível designar corretamente o tratamento desses elementos.

Figura 29 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva ambiental



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Nota: Por questões de legibilidade, nesse diagrama não foram representadas todas as relações, porém é possível obter todas as informações de relações de influências no Apêndice J

As barreiras B1 (custo de instalação) e B15 (mão de obra limitada para planejamento) também são consideradas barreiras influentes no grupo causal, B1 segue a mesma linha de justificativa da barreira B2, o investimento para configurar inicialmente uma empresa de tratamento de resíduos de ELV envolve custos altos com instalações e implantação de tecnologia avançada de desmontagem, visto que o Brasil ainda não possui desenvolvimento técnico nessa área, e sem incentivos fiscais torna-se inviável estimular a implantação e manutenção dessas empresas, uma vez que os custos com investimentos podem demorar muito para serem amortizados. Assim como o especialista organizacional, a especialista ambiental também elencou a mão de obra limitada (B15) como uma das 3 principais barreiras do grupo de causa.

Sob a ótica da especialista ambiental, as barreiras de efeito ou secundárias que sofrem influência das demais são: B5, B12, B11, B9, B7, B10 e B8. Nesse caso, todas as barreiras de efeito estão situadas no quadrante IV, ou seja, por mais que tenham baixa relação elas possuem um elevado grau de importância para implementação de sistema de tratamento de gerenciamento de resíduos de ELVs, pois são fortemente impactadas por outras barreiras, por isso são denominadas de receptores entrelaçados e consequentemente não podem ser tratadas diretamente.

De acordo com a especialista, as cinco principais barreiras com maior fator de importância são classificadas da seguinte forma: B9>B10>B8>B7>B6. O que chama atenção

para nesse resultado, é o fato que, com exceção da B6, as quatro primeiras barreiras são componentes do grupo de efeito. E como dito anteriormente são barreiras impactadas fortemente por outras, por exemplo, a barreira B9 sofre influência de aproximadamente 94% das barreiras. A correlação dessa barreira com as demais é extremamente alta, o que significa dizer que para ser solucionada, as demais precisam ser tratadas com urgência, uma vez que falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva (B9) representa uma alta relevância para implementação de sistema de gerenciamento de resíduos de ELVs.

Por meio da Figura 29 é possível perceber também o alto poder de correlação da barreira “Falta de política do governo sobre proprietários de ELV” (B10). Acredita-se que as regulamentações de reciclagem devam motivar os proprietários a entregarem seus ELVs para empresas de reciclagem, entretanto, para que isso aconteça se faz necessário a existência de algum tipo de contrapartida, como um incentivo financeiro para esses proprietários. Um modelo disso está sendo feito na China, cujo poder público regulamentou que os donos de veículos em final de vida aos entregarem para uma empresa designada de reciclagem poderiam substituí-los por um novo veículo recebendo um subsídio entre \$ 400 a \$ 900 ou outros tipos de garantias fiscais (GAN; LUO, 2017).

A Tabela 12 traz também uma síntese da alocação das barreiras tanto nos seus respectivos grupos de causa e efeito, como também mostra a distribuição de cada barreira nos respectivos quadrantes do diagrama de relação causa-efeito para a perspectiva ambiental.

Tabela 12 – Síntese dos resultados para perspectiva ambiental

Quadrantes*				Barreiras	
I (fatores causais)	II (fatores propulsores)	III (fatores independentes)	IV (fatores de impacto)	Causais	Efeito
B2,B1,B15,B16,B6 ,B13, B14,B3,B4	-	-	B5,B12,B11,B9,B7 ,B10,B8	B2,B1,B15,B16,B6 ,B13, B14,B3,B4	B5,B12,B11,B9,B7 ,B10,B8
56,25%	0%	0%	43,75%	56,25%	43,75%

* I: alta proeminência e relação; II: baixa proeminência e alta relação; III: baixa proeminência e relação; IV: têm alta proeminência e baixa relação.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.2.3 Diagnóstico da perspectiva acadêmica

O representante da perspectiva acadêmica é mestre em Engenharia de Produção e professor universitário, desenvolve pesquisa na área de veículos em final de vida (ELVs), e recentemente publicou um estudo sobre a previsão de veículos obsoletos até 2030 no Brasil.

Na Tabela 13 se encontram os resultados utilizados para obtenção dos parâmetros de causa e efeito, assim como do fator de proeminência para cada barreira, de acordo com a perspectiva acadêmica.

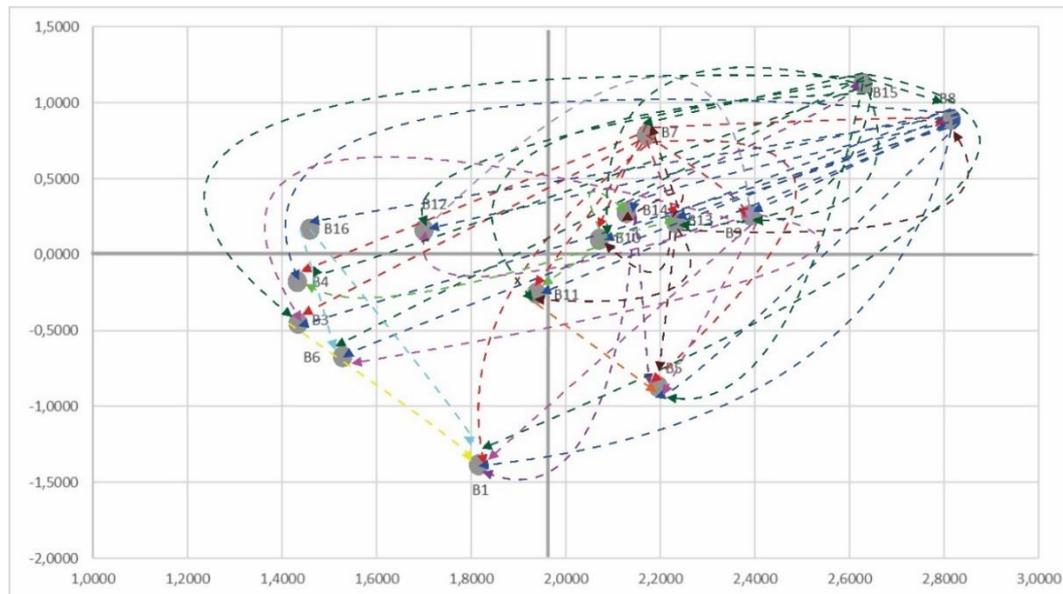
Tabela 13 – Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva acadêmica

	R	D	R+D (P)	R-D (E)
B1	0,2143	1,6040	1,8183	-1,3897
B2	0,3049	0,6121	0,9170	-0,3072
B3	0,5013	0,9294	1,4307	-0,4281
B4	0,6273	0,8041	1,4314	-0,1768
B5	0,6672	1,5295	2,1967	-0,8623
B6	0,4294	1,1001	1,5295	-0,6707
B7	1,4774	0,6947	2,1721	0,7826
B8	1,8613	0,9583	2,8196	0,9030
B9	1,3345	1,0590	2,3935	0,2756
B10	1,0934	0,9809	2,0743	0,1125
B11	0,8436	1,1005	1,9441	-0,2569
B12	0,9416	0,7610	1,7026	0,1806
B13	1,2282	0,9994	2,2276	0,2288
B14	1,2137	0,9178	2,1316	0,2959
B15	1,8839	0,7478	2,6317	1,1361
B16	0,8169	0,6403	1,4572	0,1766

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Por meio da Figura 30 e da Tabela 13 segundo a perspectiva acadêmica, as barreiras causais são classificadas da seguinte maneira: B15>B8>B7>B14>B9>B13>B12>B16>B10. Assim como ocorreu com os julgamentos realizados pelos especialistas organizacional e ambiental, a barreira B15 (Mão de obra limitada para planejamento) para o especialista acadêmico também é uma das barreiras com forte influência entre as demais. Seguida de B8 (Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs) e B7 (Falta interesse político para criação de legislação para ELVs). A barreira B7 conduz uma importante discussão acerca da ausência de legislação própria para ELVs, uma vez que o interesse político ainda é baixo com relação a esse tema, provavelmente por não ser uma pauta eleitoreira, e por falta de conhecimento também não há pressão da sociedade para construção de instrumentos legais, o que acaba acentuando o baixo interesse político. De acordo com Costa (2008), o poder público está longe de identificar estratégias plausíveis para a o gerenciamento da cadeia reversa que faz parte do setor automotivo brasileiro. Por outro lado, tem-se as barreiras secundárias que recebem influências das barreiras citadas acima e por isso também são chamadas de barreiras de efeito, a saber: B4, B11, B2, B3, B6, B5, B1. Diferentemente das outras perspectivas, para o especialista acadêmico com exceção da B5, todas as demais barreiras secundárias estão localizadas no quadrante III, isso quer dizer que elas são relativamente desconectadas do sistema, denominando-as como fatores independentes ou receptores autônomos.

Figura 30 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva acadêmica



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

De acordo com o especialista, as barreiras mais importantes, ou seja, aquelas com maior fator de proeminência são ordenadas da seguinte forma: $B8 > B15 > B9 > B13 > B5$. Enquanto que as barreiras que impactam fracamente na implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos de ELVs são $B2 < B3 < B4 < B16 < B6$. Dentre as cinco principais barreiras, ainda não havia sido evidenciada a B5, essa refere-se ao “baixo interesse dos fabricantes originais de peças automotivas”, para eles a percepção de qualidade do consumidor está estritamente relacionada ao valor da marca, e por esse motivo temem ter sua marca associada a produtos remanufaturados ou recuperados e por isso existe receio de um potencial risco relativo à falha do produto.

Na Tabela 14 também se encontra a síntese da alocação das barreiras nos grupos de causa e efeito, assim como, mostra a distribuição de cada barreira nos respectivos quadrantes do diagrama de relação causa-efeito para a perspectiva acadêmica.

Tabela 14 – Síntese dos resultados da perspectiva acadêmica

Quadrantes*				Barreiras	
I (fatores causais)	II (fatores propulsores)	III (fatores independentes)	IV (fatores de impacto)	Causais	Efeito
B15,B8,B7,B9, B14,B10,B13	B12,B16	B2,B4,B3,B6,B1, B11	B5	B15,B8,B7,B9, B14,B10,B13, B12	B16,B2,B4,B3,B6, B1, B11,B5
43,75%	12,50%	37,50%	6,25%	50,00%	50,00%

* I: alta proeminência e relação; II: baixa proeminência e alta relação; III: baixa proeminência e relação; IV: têm alta proeminência e baixa relação.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.2.4 Diagnóstico da perspectiva governamental

O representante da perspectiva governamental trata-se de um Parlamentar que atua na Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado de Pernambuco, já atuou também na pasta de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, e possui ampla experiência em gestão e políticas públicas.

A Tabela 15 apresenta os resultados dos parâmetros de causa e efeito, assim como o fator de proeminência das barreiras, de acordo com os julgamentos da perspectiva governamental.

Tabela 15 – Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva governamental

	R	D	R+D (P)	R-D (E)
B1	0,0513	0,8160	0,8673	-0,7647
B2	0,1550	0,8656	1,0206	-0,7106
B3	0,0667	0,9526	1,0193	-0,8859
B4	0,0366	0,7621	0,7987	-0,7255
B5	0,1968	0,8173	1,0141	-0,6205
B6	0,3346	1,2041	1,5388	-0,8695
B7	1,8000	0,7468	2,5468	1,0532
B8	1,3198	0,9015	2,2213	0,4183
B9	1,4708	0,7667	2,2375	0,7042
B10	1,1609	0,8085	1,9694	0,3524
B11	0,7907	0,7500	1,5408	0,0407
B12	1,7521	0,8079	2,5599	0,9442
B13	1,7056	0,6985	2,4041	1,0071
B14	1,4245	0,6157	2,0403	0,8088
B15	0,4093	0,8021	1,2114	-0,3928
B16	0,3958	0,7551	1,1509	-0,3593

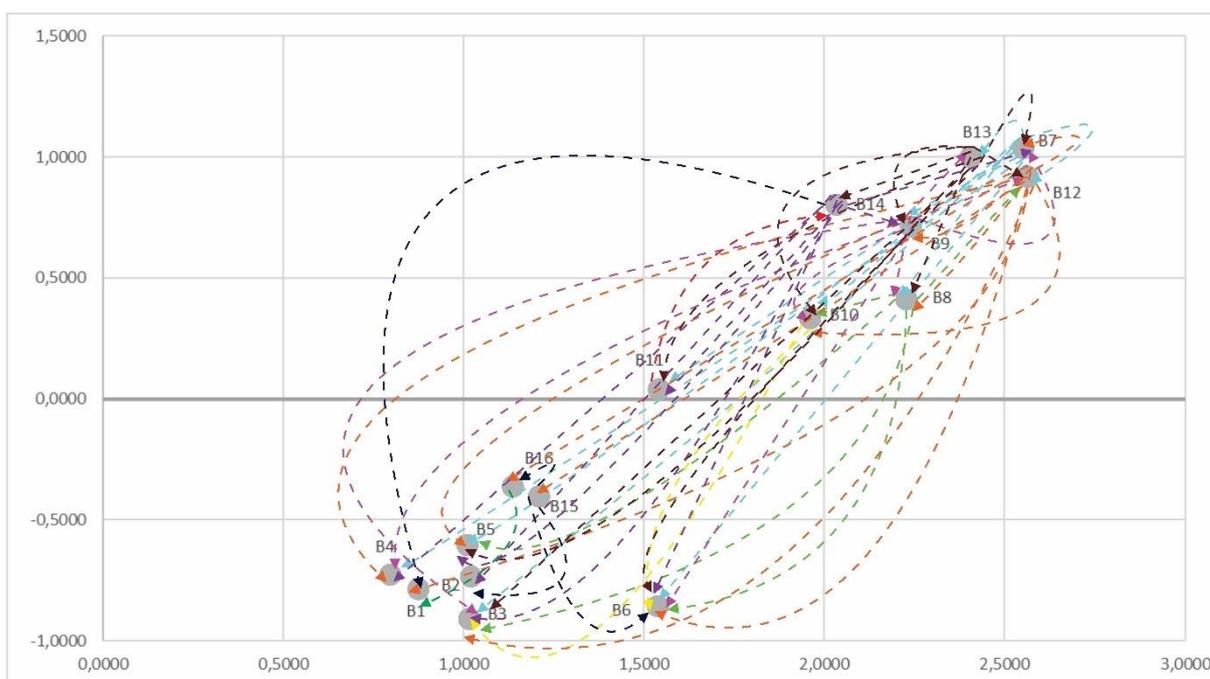
Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Conforme os dados apresentados na Tabela 15 e na Figura 31, os julgamentos realizados pelo especialista governamental apontam que as barreiras participantes do grupo causal são classificadas da seguinte forma: B7>B13>B12>B14>B9>B8>B10>B11. A barreira “falta interesse político para criação de legislação para ELV” (B7) considerada também pela perspectiva acadêmica, como uma das principais barreiras que mais influencia o conjunto, reaparece novamente, o que reforça ainda mais a justificativa para ausência de legislação pertinente ao tratamento de ELVs, isso mostra que o poder público ainda negligencia tratar como pauta prioritária o gerenciamento de resíduos de ELVs.

Nesse mesmo sentido, tem-se também a barreira “baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis” (B13) também apontada pela perspectiva organizacional e governamental. Por outro lado, ainda não mencionada, apresenta-se como a terceira principal barreira a “falta de coordenação das agências do setor” (B12), essa barreira diz respeito ao desencontro de informações e a escassez de dados que permitam o rastreamento da

configuração atual de ELVs no Brasil, além disso, não há evidências de integração entre os órgãos e instituições competentes, como DETRAN, Ministério do Meio Ambiente, montadoras, importadoras, distribuidoras, associações e federações automotivas, fato que corrobora a dificuldade na gestão do ciclo de vida do veículo.

Figura 31 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva governamental



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Em contrapartida, tem-se também as barreiras secundárias, a saber: B16, B15, B5, B2, B4, B1, B6 e B3. De acordo com o especialista governamental todas as barreiras de efeito fazem parte do *cluster* chamado de barreiras independentes, que estão desconectadas do conjunto de barreiras, essas possuem uma certa autonomia para serem solucionadas, uma vez que impactam fracamente na implementação do sistema.

Referente as barreiras mais importantes, ou seja, aquelas cujo indicador de proeminência é elevado, do ponto de vista da perspectiva governamental, as principais são classificadas da seguinte forma: B12>B7>B13>B9>B8. Tendo visto isso, é possível notar que as barreiras que mais impactam fortemente a implementação do sistema de gerenciamentos são comuns entre a perspectiva governamental e demais perspectivas já citadas. Através da Figura 31 é possível compreender a força que as barreiras “falta de coordenação das agências do setor” (B12), “falta interesse político para criação de legislação para ELVs” (B7) e “baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis” (B13), exercem sobre as demais barreiras. Outro fato que chama atenção, é que as barreiras mais importantes apontadas pelo especialista, são também as

barreiras causais, pois todas estão alocadas no quadrante I, nenhuma barreira de efeito é apontada com alto fator de proeminência.

Para concluir, a Tabela 16 traz uma análise geral da alocação das barreiras tanto nos seus respectivos grupos de causa e efeito, como também indica a distribuição de cada barreira nos respectivos quadrantes do diagrama de ralação causa-efeito para a perspectiva governamental.

Tabela 16 - Síntese dos resultados da perspectiva governamental

Quadrantes*				Barreiras	
I (fatores causais)	II (fatores propulsores)	III (fatores independentes)	IV (fatores de impacto)	Causais	Efeito
B7,B12,B13,B9,B8 ,B14,B10	B11	B16,B15B,B6,B5, B15,B16,B2, B3,B1,B4	-	B7,B13,B12,B14, B9,B8,B10,B11	B16,B15,B5,B2,B4 ,B1,B6,B3
43,75%	6,25%	50,00%	0,00%	50,00%	50,00%

* I: alta proeminência e relação; II: baixa proeminência e alta relação; III: baixa proeminência e relação; IV: têm alta proeminência e baixa relação.

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.2.5 Diagnóstico da perspectiva global

Por último, será discutida a perspectiva global para avaliação das barreiras. Essa é obtida por meio da integração dos resultados da avaliação dos quatros especialistas respondentes, para isso utiliza-se a equação 5.1 para o obter a matriz Z de relação direta *crispy* geral.

$$Z_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m Z_{ij}^k \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (5.1)$$

Assim como nas perspectivas individuais, a Tabela 17 mostra os resultados finais da matriz de relação total T_{ij} que serão utilizados para obtenção dos parâmetros de causa e efeito, assim como do fator de proeminência para cada barreira, de acordo com a perspectiva global.

Tabela 17 - Parâmetros de causa- efeito e fator de proeminência para perspectiva global

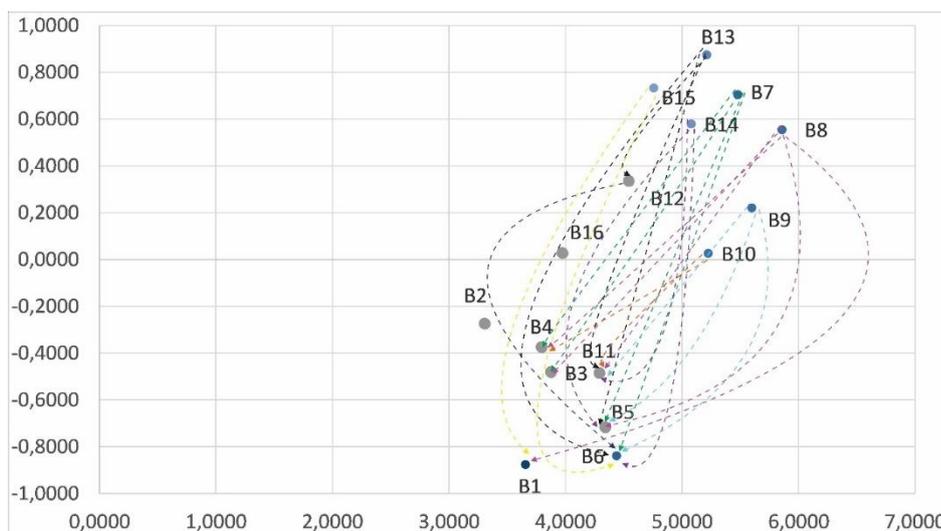
	R	D	R+D (P)	R-D (E)
B1	1,3894	2,2660	3,6553	-0,8766
B2	1,5186	1,7918	3,3104	-0,2732
B3	1,6974	2,1815	3,8789	-0,4840
B4	1,7079	2,0856	3,7935	-0,3777
B5	1,8133	2,5283	4,3415	-0,7150
B6	1,7998	2,6383	4,4381	-0,8385
B7	3,0906	2,3871	5,4777	0,7036
B8	3,2056	2,6511	5,8567	0,5546
B9	2,9097	2,6891	5,5988	0,2206
B10	2,6251	2,5985	5,2236	0,0266
B11	1,9022	2,3897	4,2919	-0,4875
B12	2,4405	2,1051	4,5456	0,3354
B13	3,0426	2,1684	5,2109	0,8742
B14	2,8286	2,2494	5,0780	0,5792
B15	2,7446	2,0122	4,7568	0,7325

B16	2,0060	1,9800	3,9860	0,0260
-----	--------	--------	--------	--------

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Analisando os resultados fornecidos pela Figura 32 e a Tabela 17 é possível ampliar a compreensão sobre a agregação das opiniões transmitidas pelos especialistas, e sendo assim as barreiras causais são classificadas da seguinte forma: B13>B15>B7>B14>B8>B12>B9>B10>B16.

Figura 32 - Diagrama de relação causa-efeito x proeminência DEMATEL para perspectiva global



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Nota-se que as barreiras causais obtidas por intermédio da perspectiva global apresentam uma certa homogeneidade quanto as opiniões expressadas pelas perspectivas individuais, nesse sentido, a agregação das opiniões teve uma perda mínima de informação, isso quer dizer que a perspectiva global consegue representar bem os julgamentos individuais. A barreira “baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis” (B13) apareceu entre as do *cluster* das barreiras causais dos quatro especialistas, enquanto que “mão de obra limitada para planejamento” (B15) e “falta interesse político para criação de legislação para ELVs” (B7) manifestaram-se entre as opiniões de três especialistas. Já a barreira “baixa aceitação do mercado consumidor de autopeças remanufaturadas” (B14) esteve entre a opinião dos quatro especialistas, geralmente clientes pensam que precisam de novos produtos, eles pensam que os produtos remanufaturados não atendem às suas demandas e requisitos. Essa atitude de consumo dificulta a popularização dos produtos remanufaturados. A ausência de instituições que canalizem essa comercialização segura dos componentes remanufaturados dificulta ainda mais a propagação da indústria de recicláveis de ELVs. Por exemplo, se na indústria automotiva os itens forem comercializados com a identificação da montadora, isso traria uma agregação de

valor e segurança notável. Esse envolvimento das montadoras é de suma importância para o êxito da indústria de ELVs.

A Tabela 18 apresenta as barreiras causais agregadas pela perspectiva global e também a frequência com que cada uma delas foram apontadas pelas perspectivas individuais.

Tabela 18 - Barreiras Causais

Perspectiva Global		Perspectivas Individuais				
Barreiras causais		EO	EA	EAC	EG	Freq.
B13	Baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis	X	X	X	X	100%
B15	Mão de obra limitada para planejamento	X	X	X		75%
B7	Falta interesse político para criação de legislação para ELVs	X		X	X	75%
B14	Baixa aceitação do mercado consumidor de autopeças remanufaturadas	X	X	X	X	100%
B8	Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs	X		X	X	75%
B12	Falta de coordenação das agências do setor			X	X	50%
B9	Falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva	X		X	X	75%
B10	Falta Política do governo sobre proprietários de ELV	X		X	X	75%
B16	Escassez de mão de obra para operação		X			25%

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Tendo em vista a Tabela 18, as únicas barreiras causais que não foram agregadas na perspectiva global, foram: B1, B2 e B6 consideradas pela especialista ambiental e B3 e B4 consideradas pelos especialistas ambiental e organizacional.

Por outro lado, tem-se as barreiras secundárias agregadas pela perspectiva global, são elas: B2, B4, B3, B11, B5, B6 e B1. Nesse caso, a Tabela 19 apresenta as barreiras secundárias agregadas pela perspectiva global e também a frequência com que cada uma delas foram consideradas pelas perspectivas individuais.

Tabela 19 - Barreiras Secundárias

Perspectiva Global		Perspectivas Individuais				
Barreiras secundárias (efeito)		EO	EA	EAC	EG	Freq.
B2	Custo de recrutamento e capacitação	X		X	X	75%

B4	Ausência de incentivo financeiro para os proprietários de ELVs			X	X	50%
B3	Ausência de subsídio para empresas de reciclagem			X	X	50%
B11	Ausência de punição legal-administrativa para ilegalidade	X	X	X		75%
B5	Baixo interesse dos fabricantes originais de peças automotivas	X	X	X	X	100%
B6	Custo com pesquisa e desenvolvimento de técnicas /tecnologias	X		X	X	75%
B1	Custo de instalação	X		X	X	75%

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Em relação a proeminência, as cinco barreiras mais importantes são: B8>B9>B7>B10>B13. “Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs” (B8) é a barreira mais correlacionada do sistema. É evidente que uma legislação que trate sobre o gerenciamento desse tipo de resíduo é fator preponderante para implementação desse sistema.

Conforme discutido anteriormente, a Tabela 20 traz as cinco barreiras mais importantes agregadas pela perspectiva global e também a frequência com que cada uma delas foram apontadas pelas perspectivas individuais.

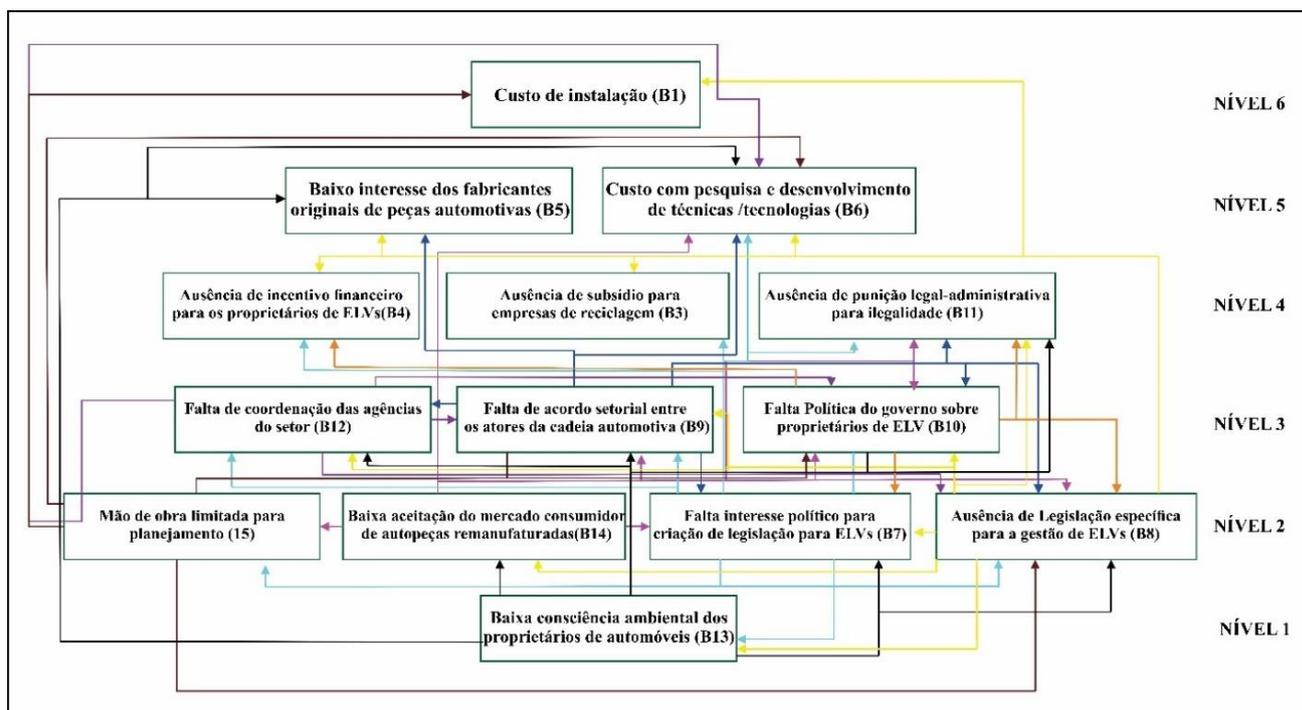
Tendo como propósito a elucidação das relações mais importantes entre as barreiras, a Figura 33 mostra essas relações de maneira mais didática por meio de conectores. Os níveis de influência de causa e efeito foram classificados através dos valores E. Nesse sentido os níveis 1, 2 e 3 denotam as principais barreiras causais, enquanto que 4,5 e 6 representam o *cluster* das principais barreiras de efeito.

Tabela 20 - Barreiras mais importantes (proeminentes)

		Perspectiva Global		Perspectivas Individuais			
		EO	EA	EAC	EG	Freq.	
	Barreiras com maior fator de proeminência						
B8	Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs	x	x	x	x	100%	
B9	Falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva	x	x	x	x	100%	
B7	Falta interesse político para criação de legislação para ELVs		x		x	50%	
B10	Falta Política do governo sobre proprietários de ELV	x	x			50%	
B13	Baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis	x		x	x	75%	

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Figura 33 - Dígrafo de inter-relações das barreiras de acordo com a perspectiva global



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO

São várias as alternativas que podem apoiar a desobstrução das barreiras inerentes ao processo de implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs, nessa seção serão abordadas algumas delas.

5.3.1 Sancionamento de Legislação para ELVs e apoio governamental

Os resultados da aplicação da metodologia Grey-DEMATEL tornam evidente que a falta de interesse político influencia na ausência de legislação específica para a gestão de ELVs, isso ainda é corroborado pela baixa consciência ambiental dos proprietários de ELVs que poderia ser uma força motriz para pressionar o Governo a estabelecer diretrizes para o funcionamento desse sistema de gerenciamento de resíduos.

A PNRS e a Lei do desmanche sem dúvidas são dois instrumentos que apoiam as operações de logística reversa com propósito de gerenciar resíduos sólidos no Brasil, contudo essas políticas são insuficientes para garantir o pleno funcionamento dos mecanismos de gestão de ELVs.

Tendo em vista essa necessidade, os regulamentos requerem em suas premissas o estabelecimento de fomentos que possibilitem a adoção da responsabilidade compartilhada por todos os entes da cadeia. Além disso, a legislação precisa ter a finalidade de regulamentar as

atividades de reciclagem de ELVs e garantir a ordem do tráfego rodoviário, a vida e a propriedade das pessoas, bem como a proteção ambiental (ZHOU et al, 2019).

Políticas de padrões procedimentais também precisam ser elaboradas para orientar a indústria de reciclagem sobre a manipulação adequada de cada componente e material automotivo, além disso deve ser estabelecido um fluxo de operações padronizados desde o registro de baixa do veículo até a destinação final de cada um desses componentes, seja para remanufatura, reuso, recuperação, reciclagem ou até mesmo para aterro.

A implementação efetiva dessas políticas requer que o Governo promova e forneça subsídios para as indústrias que exercerão as atividades de desmontagem e gerenciamento dos resíduos de ELVs. O Governo deve restringir e delimitar as regras e regulamentos relativos às opções de gestão de ELVs no comércio justo. A participação do Governo torna-se indispensável para o alcance do desenvolvimento da indústria de gerenciamento de resíduos de ELVs, uma vez que as políticas e soluções ecológicas são estabelecidas para proporcionar o desenvolvimento sustentável na prática industrial (ZHOU et al, 2019).

Dado que o processo de gerenciamento de resíduos de ELVs ainda seja um conceito embrionário no Brasil, já existe um mercado ilegal de reciclagem e remanufatura de componentes automotivos, sem legislação adequada isso pode atrapalhar o desenvolvimento de uma indústria de gerenciamento de ELVs como um todo.

5.3.2 Implementação da Responsabilidade Estendida do Produtor (REP)

A REP trata-se de uma técnica de proteção ambiental que coloca o fabricante do produto como o responsável por gerir o ciclo de vida desse respectivo produto e inclusive pela logística reversa, reciclagem e destinação final dele. Em 2001, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) ampliou ainda mais essa definição, tornando-a uma metodologia de política ambiental em que a responsabilidade dos produtores, física e/ou financeira, por um produto deve ser estendida até a fase de pós-consumo (XIANG; MING, 2011).

Essa política foi inicialmente introduzida em países desenvolvidos, e atualmente já é realidade na indústria de gerenciamentos de resíduos de ELVs em países, como Japão, EUA e países membros da União Europeia. No Brasil, por imposição da PNRS, alguns segmentos são obrigados a adotarem esse princípio, a saber: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; lâmpadas fluorescentes e recentemente foi introduzido nessa lista os produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Atualmente os produtores só direcionam esforços nas fases de pesquisa e desenvolvimento, fabricação e vendas dos seus produtos. Com a introdução regulamentada da REP, os fabricantes também terão que participar da retomada, desmontagem, tratamento e destinação adequada de cada componente automotivo, seja para reciclagem, recuperação, reuso ou remanufatura. Xiang e Ming (2011) descrevem as responsabilidades estendidas do produtor em três pautas, a saber: responsabilidade de reduzir o impacto ambiental; responsabilidade pela informação; e responsabilidade de reciclagem e descarte. A REP é a expressão dos princípios dos 3Rs em uma economia circular. É também uma estratégia eficiente para tratar a poluição ambiental somente após a sua ocorrência e sem previsão de prevenção.

5.3.3 Política de incentivos para proprietários de ELVs

Nota-se pelas experiências de outros países que possuem uma estrutura sólida de gerenciamento de ELVs, que a política de incentivos é fator preponderante para o êxito desse sistema. A China vem adotando uma política de substituição do veículo antigo pelo novo, e percebeu-se que o montante de ELVs designados para tratamento é significativamente influenciado pelo subsídio fornecido pelo Governo Chinês. No Brasil, a adoção de uma política semelhante ajudará a garantir o progresso da retirada de ELVs de forma legal, podendo dessa forma restringir a atuação do comércio ilegal e aumentar a taxa de reciclagem. Além disso, esse mecanismo impactará no consumo de novos veículos com tecnologias avançadas que reduzirão indiretamente a emissão de poluentes no meio ambiente (WANG; CHEN, 2013).

5.3.4 Política de depósitos

Segundo Bellmann e Khare (2000), é possível surgir um problema quando um sistema de desmantelamento é apoiado na política de REP: os fabricantes podem desaparecer do mercado por motivos como o de falência. Para evitar que isso aconteça é necessário haver uma reserva de recursos e que estes sejam aplicados de forma adequada no momento da venda do veículo.

As taxas depositadas podem ser consolidadas em um fundo para assegurar que haja meios específicos para quando um carro for sucateado. Isso pode ser administrado de forma que sejam gerados juros, nesse caso os rendimentos podem ser divididos entre as cotas do fundo, porém devem ser inseridas ao sistema restrições à retirada de dinheiro pelos fabricantes de automóveis da participação do fundo (BELLMANN; KHARE, 2000).

Wang e Chen (2013) relata a experiência do Japão em modelo de negócio que possuem algumas semelhanças ao abordado no parágrafo anterior. No entanto, esse modelo é voltado para garantir o encaminhamento do ELV para o tratamento adequado. Nesse caso, os compradores de novos veículos devem pagar uma taxa como depósito para tratamento adequado

para quando o seu veículo atingir o fim da vida útil. O propósito é devolver o valor do depósito mais o valor residual das empresas de desmontagem e reciclagem, caso o veículo seja vendido para a empresa de desmontagem e reciclagem legal. Os proprietários de ELVs obterão mais dinheiro do que o depósito de reciclagem pago antecipadamente. Caso contrário, o proprietário do ELV perde o depósito, além de ser incriminado por uma prática ilegal. Nesse intuito, tal iniciativa visa estimular os usuários a encaminharem seus veículos para empresas legais, e também coibir a propagação do mercado ilícito. Além disso, o rendimento desses depósitos, poderão apoiar o desenvolvimento da indústria de desmontagem e reciclagem para aliviar a pressão gerada pelos financiamentos.

5.3.5 Integração das Universidades, Governo e indústrias automotivas

O Brasil irá precisar não somente de legislações e acordos setoriais com a indústria, mas também da integralização de esforços juntos a centros de desenvolvimentos ligados a Universidades. Essa aliança entre Governo, ensino & pesquisa e empresas visa fomentar a estruturação da indústria de tratamento de resíduos gerados por ELVs, por meio da inovação tecnológica. A implementação de um sistema eficaz requer tecnologias de desmontagem avançadas e sustentáveis. Xiang e Ming (2011) acrescentam que é necessário desenvolver tecnologia de reciclagem para materiais não metálicos, tecnologia de reciclagem de eletrônica automotiva e bateria e tecnologia de descarte de substâncias perigosas e proibidas. Além disso, uma base nacional de pesquisa voltada para engenharia de reciclagem de veículos deve ser montada para treinar mão de obra técnica apta a tomar decisões específicas relacionadas a esse processo de destinação adequada de resíduos oriundos de ELVs.

Outro fator que deve ser levado em consideração, é o desenvolvimento de pesquisas que apoiem a construção de um sistema de *design* ecológico, ou seja, as montadoras precisam ponderar em seus projetos o pré-requisito de um *design* de produto orientado também para futura reciclagem automotiva, inserindo critérios que facilitem o processo de desmontagem, usabilidade e recuperabilidade dos componentes e materiais para reciclagem ou remanufatura e o controle de substâncias proibidas. Essa tríplice aliança deverá fornecer informações sobre o tratamento e reaproveitamento adequado dos componentes e materiais, concedendo padrões procedimentais, informações sobre coletas, estratégias de recuperação, assim como, o cálculo da taxa de recuperabilidade.

6 CONCLUSÕES

Para finalizar a presente pesquisa, esse capítulo traz as considerações finais a respeito do que foi estudo, assim como as limitações encontradas e possibilidades de trabalhos futuros.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acelerado crescimento econômico juntamente com a potência de produção automotiva do Brasil, muitas vezes incentivado por créditos e financiamentos mais acessíveis, propagaram o rápido consumo pela aquisição de veículos no país. No entanto, uma indústria para gerenciar esses veículos quando os mesmos alcançam o fim do ciclo de vida ainda não recebe os mesmos holofotes. O desenvolvimento dessa indústria de ELVs é motivado pelo aumento da propriedade de carros, requisitos de sustentabilidade e política governamental. Entretanto, nem sociedade e o poder público direcionaram olhares intrépidos para essa realidade, ou seja, não se atentaram ainda a observar que se a indústria que gera é próspera, a reversa também é rentável.

Pode-se até dizer que o Brasil se encontra num estágio embrionário, uma vez que já existe algumas movimentações transitando no Senado para proposição de um Projeto de Lei e também há algumas iniciativas privadas, além do país também contar com a PNRS para apoiar o desenvolvimento de uma nova legislação para ELVs. Porém, pouco se tem feito para que esse estágio inicial possa sair da inércia e evoluir de maneira satisfatória. Pior, esse estágio pode até mesmo com passar do tempo regredir, caso ações mais contundentes não forem tomadas.

Com esse propósito o presente estudo visou contribuir para identificação e análise das barreiras para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs no Brasil. Para isso utilizou-se a abordagem híbrida Grey-DEMATEL para analisar as inter-relações de causa e efeitos entre as barreiras, assim como a intensidade da força de influência de cada uma delas no conjunto analisado. Os resultados obtidos refletem o cenário atual da gestão de ELVs no Brasil, uma vez que a política de tratamento desses resíduos ainda não foi estabelecida nem tão pouco regulamentada e falta tanto conhecimento quanto conscientização sobre a importância do impacto social, ambiental e econômico desse sistema.

No entanto os resultados dessa avaliação concebem 16 pressupostos que poderão fornecer subsídios referenciais para os formuladores de políticas bem como a todos os entes envolvidos na cadeia automotiva. Ao focar nas premissas alcançadas por esse trabalho, um plano de ação poderá ser deliberado para o avanço da implementação desse sistema de tratamento de ELVs.

Vários são os benefícios para a economia brasileira, mas sem dúvida a principal contribuição dessa operação reversa é viabilizar a reutilização de materiais de forma que se iniba a extração de matéria prima para produção de novos itens, e conseqüentemente impedir a extração secundária de minério e seus danos ao meio ambiente. Por outro lado, o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados por ELVs não se trata somente de uma prioridade ambiental, mas também de uma questão econômica altamente lucrativa em números prósperos de aplicações, isso se deve à economia de materiais e energia e todos os resultados que a reciclagem, reuso e remanufatura podem proporcionar. Não é coerente implementar um sistema desse porte sem uma contrapartida financeira atrativa para permanência tanto das empresas quanto também dos consumidores.

Ausência de uma legislação contundente que incentive, atraia e apoie todos os entes da cadeia automotiva é o gargalo inicial para o estabelecimento de uma indústria de manejo dos componentes e materiais de ELVs, essa restrição repercute em outros fatores críticos que podem ser solucionados simultaneamente quando o gargalo inicial for tratado como prioridade.

A responsabilidade final não deve ser imputada somente a uma entidade ou pessoa, ela precisa ser necessariamente compartilhada pelas partes que compõem o ciclo de vida do produto, logo os fabricantes, importadores, comerciantes, o governo e o cidadão são entes responsáveis pelo gerenciamento correto dos resíduos e rejeitos produzidos e também os respectivos impactos ambientais e na saúde.

Isto posto, os resultados evidenciam que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos propostos inicialmente foram atendidos de forma satisfatória.

6.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

As limitações encontradas no decorrer do estudo foram a ausência de dados empíricos sobre o cenário atual dos veículos em estado obsoleto no Brasil. Não há registros sobre condições da frota, uma vez que existe uma grande atuação do mercado ilegal e não há registros de cancelamentos quando os veículos são caracterizados como de morte prematura. Foram realizados contatos com algumas entidades, políticos e iniciativas privadas que já atuam em prol dessa problemática, no entanto não foi possível obter nenhum retorno desses entes para participação dessa pesquisa.

Referente as propostas de trabalhos futuros, sugere-se:

- Desenvolver um modelo de decisão multicritério para seleção de prestadores de serviços de desmantelamento;

- Realizar uma revisão da literatura para comparar os sistemas e as políticas de reciclagem de ELVs em outros países, de forma que seja possível sugerir um modelo apropriado para o Brasil;
- Desenvolver estudos para localizações estratégicas de postos de coleta e centros de reciclagem;
- Desenvolver um estudo para avaliação específica das barreiras inerentes a aceitação do mercado de peças remanufaturadas;
- Desenvolver um modelo de decisão multicritério que apoie as montadoras na concepção de um design de produto voltado para reciclagem;
- Desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação de desempenho para implementação de sistema de gerenciamento de veículos em fim de vida;
- Desenvolvimento de estratégias para implementação da Responsabilidade Estendida ao Produtor;

REFERÊNCIAS

- ABDULRAHMAN, Muhammad Dan-Asabe et al.; Viability of remanufacturing practice: a strategic decision making framework for chinese auto-parts companies. *Journal Of Cleaner Production*, v. 105, p. 311-323, 2015.
- ADEBANJO D., XIAO P. Managing reverse logistics in the Chinese automobile industry. *In: Proceedings of 2006 IEEE international conference on management of innovation and technology*, p. 834–838, 2006.
- AGÊNCIA SENADO. Projeto estabelece logística reversa de veículos usados. Brasília-DF: Senado Notícias, 2020. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/08/17/projeto-estabelece-logistica-reversa-de-veiculos-usados>>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- AHMED, Shameem et al.; A comparative decision-making model for sustainable end-of-life vehicle management alternative selection using AHP and extent analysis method on fuzzy AHP. *International Journal Of Sustainable Development & World Ecology*, v. 23, n. 1, p. 83-97, 2015.
- AHMED, Shameem et al.; Prioritizing Strategies for Sustainable End-of-Life Vehicle Management Using Combinatorial Multi-Criteria Decision Making Method. *International Journal Of Fuzzy Systems*, v. 18, n. 3, p. 448-462, 2015.
- AÏT-KADI, D.; CHOUINARD, M.; MARCOTTE, S.; RIOPEL, D.. *Sustainable Reverse Logistics Network*. Unidet States: Editora Wiley-Iste, 2012.
- ALAM-TABRIZ, A.; RAJABANI N.; FARROKH, M. An integrated fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS methodology for supplier selection problem. *Global Journal of Management Studies and Researches*, Iran, v.1, n. 2, p. 85–99, 2014.
- ALMEIDA, Adiel Teixeira de. *Processo de decisão nas organizações*. São Paulo: Atlas, 2013.
- ALMEIDA, J. *A implantação da indústria automobilística no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1972.
- ANDERSSON, M.; LJUNGGREN SÖDERMAN, M.; SANDÉN, B. A. Lessons from a century of innovating car recycling value chains. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, [S.1] v. 25, p. 142–157, 2017.
- ANFAVEA (Brasil). Indústria automobilística brasileira. 2021. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/anuario2021/anuario.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- ANFAVEA (São Paulo). *Anuário ANFAVEA 2020*. 2020. Disponível em: <https://anfavea.com.br/anuarios>. Acesso em: 10 out. 2020.
- ARAÚJO, Ana Paula de Barros. *Aplicação do Grey-Dematel da análise sobre as principais barreiras do sistema logístico no APL De Gesso Pernambucano*. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

ARAÚJO, Ana Paula de Barros. *Aplicação Do Grey-Dematel na Análise Sobre as principais barreiras do Sistema logístico no APL de gesso pernambucano*. 2020. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Program de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

ARIA, M. E CUCCURULLO, C. BIBLIOMETRIX: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, Editora Elsevier, v.11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BACHÉR, John et al.; Advancing the circular economy through group decision-making and stakeholder involvement. *Detritus*, p. 1, 2018.

BAI, C.; SARKIS, J. A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors. *International Journal Of Production Economics*, v. 146, n. 1, p. 281-292, 2013

BARCELLOS, C. P. Consultor Jurídico. Lixo automotivo é responsabilidade da cadeia produtiva. BRASIL, 2013. Disponível em: <[BELLMANN, Klaus; KHARE, Anshuman. Economic issues in recycling end-of-life vehicles. *Technovation*, v. 20, n. 12, p. 677-690, 2000.](https://www.conjur.com.br/2013-ago-24/cid-barcellos-lixo-automotivo-responsabilidade-cadeia-produtiva#:~:text=%E2%80%9CJ%C3%A1%20o%20Brasil%2C%20apesar%20de,N%C3%A3o%20Ferroso%20(Sindinesfa)%E2%80%9D.>. Acesso em: 14 fev. 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BIELSCHOWSKY, R. Estratégia de desenvolvimento e as três frentes de expansão no Brasil: um desenho conceitual. *Economia e Sociedade*, Campinas v. 21, n. especial, p. 729-747, 2012.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; e RODRIGUEZ, C. M. T. Evaluating barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholders' perspective analysis using grey decision making approach. *Resour, Conservation and Recycling*, v. 128, p. 315–335, 2018.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; e RODRIGUEZ, C. M. T. Evaluating barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholders' perspective analysis using grey decision making approach. *Resour, Conservation and Recycling*, v. 128, p. 315–335, 2018.

BRASIL. Agência Senado. *Sancionada lei que facilita leilão de veículos apreendidos* Fonte: Agência Senado. 2015. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/08/27/sancionada-lei-que-facilita-leilao-de-veiculos-apreendidos>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

BRASIL. Decreto Nº 10.240, de 12 de Fevereiro de 2020. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, v. 1, 13 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.240-de-12-de-fevereiro-de-2020-243058096>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal 12.305 de 02 de Agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.977 de 20 maio de 2014: Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 2014.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 13.160 de 25 agosto de 2015: Altera a Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para dispor sobre retenção, remoção e leilão de veículo, e revoga a Lei no 6.575, de 30 de setembro de 1978, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 2015.

BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, v. 80, n. 4, p. 571–583, 2007.

BURCHART-KOROL, D.; JURSOVA, S.; FOLEGA, P., KOROL, J., PUSTEJOVSKA, P., BLAUT, A. Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic. *Journal of Cleaner Production*. p. 476–487, 2018.

CAMPOS, Elaine et al. A grey-DEMATEL approach for analyzing factors critical to the implementation of reverse logistics in the pharmaceutical care process. *Environmental Science And Pollution Research*, v. 28, n. 11, p. 14156-14176, 2020.

CAPUTO, A.; MELO, H. A industrialização brasileira nos anos 1950: uma análise da Instrução 113 da Sumoc. *Estudos Econômicos*, [s.1],v. 39, n. 3, p. 513-538, 2009.

CASTRO, D. E. *Reciclagem e sustentabilidade na indústria automobilística*. Belo Horizonte: Atlas, 2012.

CENTRO INTERNACIONAL CELSO FURTADO DE POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO. *Memórias do desenvolvimento*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora 4 Mãos Comunicação e Design, 2007.

CNT. Confederação Nacional De Transporte. Veículos sem licenciamento há mais de 10 anos sofrerão “baixa automática”. 2017. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/frota-desativada-contran-baixa-automatica-veiculos-antigos-sem-licenciamento-mais-dez-anos>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

COATES, G.; RAHIMIFARD, S. Modelling of post-fragmentation waste stream processing within UK shredder facilities. *Waste Management*, v. 29, n. 1, p. 44–53, 2009.

COCHRANE HANDBOOK. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Higgins JPT, ed. Green S. versão 5.1.0, Chapter 1.2.2, 2011. Disponível em: <https://handbook-5-1.cochrane.org/chapter_1/1_2_2_what_is_a_systematic_re-view.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

COMPANY, Ford. *Ford: a primeira no Brasil*. Disponível em: <<https://www.ford.com.br/sobre-a-ford/historia/>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

CONTRAN. Conselho Nacional De Trânsito. Resolução nº 611, de 27 de Maio de 2016: Regulamenta a Lei nº 12.977, de 20 de maio de 2014, que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres. *Diário Oficial da União*. Brasília, v. 100, n. 1, p. 1-95, 2016.

COSSU, R.; LAI, T. Automotive shredder residue (ASR) management: An overview. *Waste Management*, v. 45, p. 143–151, 2015.

COSSU, R.; LAI, T. Washing treatment of automotive shredder residue (ASR). *Waste Management*, v. 33, n. 8, p. 1770–1775, 2013.

CRUZ-RIVERA, R.; ERTEL, J. Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research* v. 196, p. 930–939, 2009.

DAUDT, G.; WILLCOX, L. Agendas setoriais para o desenvolvimento: indústria automotiva. *Indústria Automotiva*. 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_auto_motiva_compl_P.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.

DOU, Y.; e SARKIS, J. A multiple stakeholder perspective on barriers to implementing China RoHS regulations. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 81, p. 92–104, 2013.

ECYCLE. China planeja tirar cinco milhões de carros antigos das ruas contra poluição. 2014. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/38/2366-china-planeja-tirar-cinco-milhoes-de-carros-antigos-das-ruas-contr-poluicao.html>>. Acesso em: 13 maio 2021.

ELIAS, R.; TELLES, S. A indústria nacional de automóveis e o automobilismo brasileiro: uma análise sobre a hipótese de desindustrialização setorial. *Revista Brasileira de Ciência do Esporte*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 172-178, 2015.

FALATOONITOOSI, E.; LEMAN, Z.; S. SOROOSHIAN, S. Casual strategy mapping using integrated BSC and MCDM-DEMATEL, *Journal of American Science*, v. 8, n.5, p. 424 – 42, 2012.

FENABRAVE. *Anuário* 2020. 2020. Disponível em: <https://online.fliphtml5.com/ordey/tvnn/#p=1>. Acesso em: 03 out. 2020.

FERNANDES, M. *Processamento de Veículos em Fim de Vida e análise da viabilidade da reciclagem dos resíduos resultantes da sua fragmentação*. Lisboa, 2009, p. 1-97. Dissertação (mestrado) – Departamento de Ciências e Tecnologias do Ambiente, Universidade de Lisboa, Portugal, 2009.

FERRÃO, P., NAZARETH, P., AMARAL, J. Strategies for Meeting EU End-of-Life Vehicle Reuse/Recovery Targets. *Journal of Industrial Ecology*, v.10 n. 4, 77 – 93, 2008.

FU, X.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. *International Journal Of Production Economics*, v. 140, n.1, p. 357-367, 2012.

FURTADO, C. Depoimento [22 jun. 1982]. *Memórias do desenvolvimento*, v. 3, n. 3, p. 101-121, 2009.

GABUS, A.; FONTELA, E. Perceptions of the world problematique: communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility. *Battelle Geneva Research Centre*, Switzerland, Relatório DEMATEL nº 1, 1973.

GAN, Junwei; LUO, Li. Using DEMATEL and Intuitionistic Fuzzy Sets to Identify Critical Factors Influencing the Recycling Rate of End-Of-Life Vehicles in China. *Sustainability*, v. 9, n. 10, p. 1873, 2017.

GARG, C. A robust hybrid decision model to evaluate critical factors of reverse logistics implementation using Grey-DEMATEL framework. *Opsearch*, v. 57, n. 3, p. 837-873, 2020.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (organizadores). *Métodos de Pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHK/BioIS. A study to examine the benefits of the end of life vehicles directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV directive; final report J2232., 2006 Disponível em <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/study/final_report.pdf>. Acesso em 03 de janeiro 2021.

GIL, A.. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6ª ed. São Paulo, SP.: Atlas, 2008.

GILENO, L. Ford, Henry (1863-1947). Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/ford.htm>>. Acesso em: 19 jan. 2021

GO, T. F. et al. Disassemblability of end-of-life vehicle: A critical review of evaluation methods. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 13, p. 1536–1546, 2011.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H. A review of reverse logistics and closed-loop supply chains : a Journal of Cleaner Production focus. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, n. 20,p. 371–384, 2017.

GOVINDAN, Kannan; SHANKAR, K. Madan; KANNAN, Devika. Application of fuzzy analytic network process for barrier evaluation in automotive parts remanufacturing towards cleaner production – a study in an Indian scenario. *Journal Of Cleaner Production*, v. 114, p. 199-213, 2016.

JOAQUIM FILHO, J. *Tratamento dos Veículos em Final do Ciclo de Vida no Brasil: Desafios e Oportunidades*. São Caetano do Sul, 2012. 80p. Monografia (especialização) – MBA em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2012.

JU-LONG, D. Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, v.1, n.5, p. 288-294, 1982.

KARAGOZ, Selman; AYDIN, Nezir; SIMIC, Vladimir. End-of-life vehicle management: a comprehensive review. *Journal Of Material Cycles And Waste Management*, v. 22, n. 2, p. 416-442, 16 nov. 2019.

KHOR, K.S., UDIN Z.M. Impact of reverse logistics product disposition towards business performance in Malaysian E&E companies. *Journal Of Supply Chain And Customer Relationship Management*, p. 1-19, 2012.

KIE, V.; COMPSTON, P.; DOOLAN, M. The Impact of Joining Choices on Vehicle Recycling Systems. *Procedia CIRP*, v. 69, p. 843–848, 2018.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. 2.3 ed. UK: Keele University and Durham University: EBSE Technical Report, v.1, 2007.

KUSAKCI, O., AYVAZ, B.; CIN, E.; AYDIN, N. Optimization of reverse logistics network of End of Life Vehicles under fuzzy supply: a case study for istanbul metropolitan area. *Journal Of Cleaner Production*, v. 215, n.1, p. 1036-1051, 2019.

LAMBERT, A.J.D., GUPTA S.M. Disassembly for modeling for assembly, maintenance, reuse, and recycling. *CPC Press*: Flórida, p. 405, 2005.

LATINI, S. *A implantação da indústria automobilística no Brasil: da substituição de importações ativa à globalização passiva*. São Paulo: Editora Alaúde, 2007.

LI, J.; YU, K.; GAO, P. Recycling and pollution control of the End of Life Vehicles in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 16, n. 1, p. 31–38, 2014.

LIMA, U. O Brasil e a cadeia automobilística: uma avaliação das políticas públicas para maior produtividade e integração internacional entre os anos 1990 e 2014. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) - Texto para Discussão n. 2167, 2016.

LIU, H.; LONG, H.; LI, X. Identification of critical factors in construction and demolition waste recycling by the grey-DEMATEL approach: a Chinese perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, p. 8507–8525, 2020.

MAHMOUDZADEH, M.; MANSOUR, S.; KARIMI, B. Resources , Conservation and Recycling To develop a third-party reverse logistics network for end-of-life vehicles in Iran. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 78, p. 1–14, 2013.

MAMAT, Tengku N. A. R. et al.; Development of a performance evaluation tool for end-of-life vehicle management system implementation using the analytic hierarchy process. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, v. 36, n. 12, p. 1210-1222, 2018.

MARTINS, G. G. *Gestão de resíduos provenientes de veículos em fim de vida-análise da situação no Brasil e em Portugal*. Lisboa, 2011, p. 1-89. Dissertação (mestrado) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011.

MATHIEUX, F.; FROELICH, D.; MOSZKOWICZ, P. ReSICLED : a new recovery-conscious design method for complex products based on a multicriteria assessment of the recoverability. *Journal of Cleaner Production*. v. 16, 2008.

MEDINA, H. V. de; GOMES, D. E. B.. *Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas*. Rio de Janeiro: Cetem/mct, 2003. 60 p. (Tecnologia Mineral). Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/346>>. Acesso em: 01 set. 2020.

MILDEMBERGER, L. *Avaliação dos principais aspectos da reciclagem de veículos em fim de vida: comparação dos procedimentos legais, técnicos e administrativos entre Alemanha e Brasil*. Curitiba, 2012, p. 1-160. Dissertação (mestrado profissional) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2012.

MILLER, L. et al. Challenges and alternatives to plastics recycling in the automotive sector. *Materials*, v. 7, n. 8, p. 5883–5902, 2014.

MIRABILE, Daphne et al. Thermal valorisation of ASR: injection in blast furnace, *Waste Manage.* v. 22, n.8, p.841-851, 2002.

MOHAN, T V Krishna; AMIT, R K. Modeling oligopsony market for end-of-life vehicle recycling. *Sustainable Production and Consumption*, v. 25, p. 325-346, 2021

MORSELLI, L., SANTINI, A., PASSARINI, F., E VASSURA, I. Automotive shredder residue (ASR) characterization for a valuable management. *Waste Management*, v. 30 n. 11, p. 2228–2234, 2010.

NELSON CILO. Correio Brasiliense. Brasil recicla apenas 1,5% das carcaças de carros velhos e abandonados. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/04/09/internas_economia,748292/brasil-recicla- apenas-1-5-das-carcacas-de-carros-velhos-e-abandonados.shtml>. Acesso em: 14 fev. 2021.

NOGUEIRA, J. G. *Destinação final ambientalmente adequada de automóveis em fim de vida no brasil: perspectivas atuais e desafios para a reciclagem automotiva - estudo de caso em belo horizonte*. Belo Horizonte, 2017, 109p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

NOURREDDINE, M. Recycling of auto shredder residue. *Journal of Hazardous Materials*, v. 139, p. 481–490, 2007.

OICA. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. *Economic Contributions*. Paris, 2019. Disponível em: < <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>> . Acessado em 28 Nov. 2020.

OICA. Organisation Internationale Des Constructeurs D'Automobiles. 2019 Production Statistics, Paris, 2020. Disponível em: <https://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/>. Acesso em: 04 set. 2020.

ÖSTLIN J.; SUNDIN E.; BJÖRKMAN M. Product life-cycle implications for remanufacturing strategies. *Journal Cleaner Production*, v. 17, p. 999-1009, 2009.

PARLAMENTO EUROPEU. Directiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu e do Conselho: relativa aos veículos em fim de vida. relativa aos veículos em fim de vida. 2000. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053-20130611&from=DE>>. Acesso em: 03 fev. 2021.

PAUL, R. The Success of Vehicle Recycling in North American. In: The Minerals, Metals and Materials Society Annual Conference, Orlando, Florida, *The Minerals, Metals & Materials Society (TMS)*, 2007.

PORFÍRIO, C. P. C. *Veículos em fim de vida: dos veículos abandonados à circularidade do setor automóvel*. Lisboa, 2018, p. 1-134. Dissertação (mestrado) – Departamento de Engenharia de Sistemas Ambientais, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018.

- RAJ, Alok et al. A multicriteria decision making approach to study barriers to the adoption of autonomous vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 133, p. 122-137, 2020.
- REGO, M. L.; FAILLACE JUNIOR, J. E. M. O projeto de implantação da indústria automotiva no Brasil: por uma abordagem sob a ótica da teoria dos stakeholders. *Organizações & Sociedade*, v. 24, n. 81, p. 216-236, 2017.
- RODRIGUES, Saulo Guilherme. *Mapeamento de perigo de deslizamentos de terra e inundações: proposição de abordagem utilizando processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina*. 2020. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Colegiado de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.
- ROGERS D.S., TIBBEN-LEMBKE R.S., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, Reverse Pittsburgh: Logistics Executive Council, 1998.
- ROMANINI, Eduardo dos Passos. *Reciclagem de automóveis*. 2013. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Automotiva, Escola de Engenharia de Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2013.
- ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SAATY, T. L.; ERGU, D. When is a decision-making method trustworthy? Criteria for evaluating multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, v. 14, n. 06, p. 1171-1187, 2015.
- SAKAI, Shin-Ichi et al. An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. *Journal Of Material Cycles And Waste Management*, v. 16, n. 1, p. 1-20, 2013.
- SANTINI, Alessandro et al. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. *Waste Management*, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2011.
- SANTOS, A. R. *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. Rio de Janeiro: Editora DP&A, 1999.
- SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade de São Paulo. Secretaria Especial de Comunicação. Prefeitura recolhe mil carros abandonados por ano nas ruas da cidade. 2019. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-recolhe-1-000-carros-abandonados-anualmente-nas-ruas-da-cidade>>. Acesso em: 13 fev. 2021.
- SARTI, F.; BORGHI, R. Evolução e desafios da indústria automotiva no Brasil: contribuição ao debate. *Análise* 8/2015. São Paulo: Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015.
- SASIKUMAR, P.; KANNAN, G.; HAQ, A. N. A heuristic based approach to vehicle routing model for third-party reverse logistics provider. *International Journal of Services, Technology and Management*, v. 12, p. 106-125, 2009.
- SCHEUTZ, C. et al. Release and fate of fluorocarbons in a shredder residue landfill cell: 1. Laboratory experiments. *Waste Management*, v. 30, n. 11, p. 2153-2162, 2010.

SCHULTMANN, Frank et al. Integrating Spent Products' Material into Supply Chains: the recycling of end-of-life vehicles as an example. *Supply Chain Management And Reverse Logistics*, p. 35-59, 2004.

SHAIK, M. N.; ABDUL-KADER, W. Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. *Computers & Industrial Engineering*, v. 68, p. 87-103, 2014.

SHAPIRO, H. *State intervention and industrialization: the origins of the Brazilian automotive industry*. PhD Thesis. Yale University, 1988.

SI, Sheng-Li; YOU, Xiao-Yue; LIU, Hu-Chen; ZHANG, Ping. DEMATEL Technique: a systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems In Engineering*, v. 2018, p. 1-33, 2018.

SILVA, Elenice Rachid da. *Análise do crescimento da motorização no Brasil e seus impactos na mobilidade urbana*. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011

SILVA, J. R. B. *Tratamento de veículos em fim de vida: modelos de gestão internacionais e brasileiro*. Florianópolis, 2016, p. 1-116. Dissertação (mestrado profissional) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

SINDIPEÇAS (São Paulo). *Anuário SINDIPEÇAS 2020*. 2020. Disponível em: <https://www.sindipecas.org.br/area-atuacao/?co=s&a=desempenho-do-setor-de-autopecas>. Acesso em: 01 dez. 2020.

SINGH, A.; THAKKAR, J.; JENAMANI, M. An integrated Grey-DEMATEL approach for evaluating ICT adoption barriers in manufacturing SMEs Analysing Indian MSMEs. *Journal Of Enterprise Information Management*. Kharagpur, 2020.

SMITH, M.; JACOBSON, J.; WEBB, B. Abandoned vehicles in England: Impact of the End of Life Directive and new initiatives, on Likely Future Trends. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 41, n. 3, p. 177–189, 2004.

SOUZA, José Américo Fernandes de. *Previsão do número de veículos em fim de vida no Brasil: uma estimativa utilizando um modelo híbrido baseado no sarima e em redes neurais recorrentes*. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Colegiado de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

TAVARES. M. Depoimento [6 maio 1982]. *Memórias do desenvolvimento*, v. 3, p. 161-191, out. 2009.

THIERRY, Martijn et al. Strategic issues in product recovery management, *California Management Review*, v. 37, n. 2, p. 114, 1995.

TIAN, Guangdong et al.; Operation patterns analysis of automotive components remanufacturing industry development in China. *Journal Of Cleaner Production*, v. 164, p. 1363-1375, 2017.

TIAN, J.; CHEN, M. Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. *Waste Management*, v. 34, n. 2, p. 458–467, 2014.

VALOCAR. Guia de desmantelamento De Veículos Em Fim De Vida 2012. 2019. Portugal Disponível em: <https://www.valorcar.pt/images/uploads/library/valorcar_GuiaDesmantelamentoVFV2019_v8_1581950091.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2021.

VENKATESH, V.G.; ZHANG, Abraham; LUTHRA, Sunil; DUBEY, Rameshwar; SUBRAMANIAN, Nachiappan; MANGLA, S.. Barriers to coastal shipping development: an indian perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 52, p. 362–378, 2017.

VERMEULEN, I. et al. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling , energy or chemicals ’ valorisation. *Journal of Hazardous Materials*. v. 190, p. 8–27, 2011.

WANG, L.; CHEN, M. Policies and perspective on end-of-life vehicles in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 44, n. 2013, p. 168–176, 2013.

WANG, Wenhua et al.; Barriers for household e-waste collection in China: perspectives from formal collecting enterprises in liaoning province. *Journal Of Cleaner Production*, v. 153, p. 299–308, 2017.

WILLIAMS ARAUJO (Brasil). Tratamento de sucata. 2014. Disponível em: <https://www.cesvibrasil.com.br/site.aspx/revista-cesvi?revista=1&edicao=94>. Acesso em: 06 jan. 2020.

WU, Wei-Wen; LEE, Yu-Ting. Developing globais managers’ competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems With Applications*, v. 32, n. 2, p. 499–507, 2007.

XIA X.; RUAN J. Analyzing Barriers for Developing a Sustainable Circular Economy in Agriculture in China Using Grey-DEMATEL Approach. *Sustainability*. v. 12, n. 16, p. 6358, 2020.

XIA, X.; GOVINDAN, K.; e ZHU, Q. Analyzing internal barriers for automotive parts remanufacturers in China using Grey-DEMATEL approach. *Journal Cleaner Production*, v. 87, n. 1, p. 811–825, 2015.

XIANG, W.; MING, C. Implementing extended producer responsibility: Vehicle remanufacturing in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 6–7, p. 680–686, 2011.

YANG Y.; JOHN R.; Grey systems and interval valued fuzzy sets. *In: Proceedings of the 3rd Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology*. Zittau, Germany p.193–197, 2003.

YANG, Yan et al. Alternative selection of end-of-life vehicle management in China: a group decision-making approach based on picture hesitant fuzzy measurements. *Journal Of Cleaner Production*, v. 206, p. 631–645, jan. 2019.

YANG, Yan et al.; Alternative selection of end-of-life vehicle management in China: a group decision-making approach based on picture hesitant fuzzy measurements. *Journal Of Cleaner Production*, v. 206, p. 631-645, 2019.

ZHANG, Zhifeng et al. End of Life Vehicle Disassembly Plant Layout Evaluation Integrating Gray Correlation and Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, In: *IEEE Access* , v. 8, p. 141446-141455, 2020.

ZHAO, Qinghua; CHEN, Ming. A comparison of ELV recycling system in China and Japan and China's strategies. *Resources, Conservation And Recycling*, v. 57, p. 15-21, dez. 2011.

ZHOU, Fuli et al. End-of-life vehicle (ELV) recycling management: Improving performance using an ISM approach. *Journal of cleaner production*, v. 228, p. 231-243, 2019.

ZHOU, Fuli et al.; ELV Recycling Service Provider Selection Using the Hybrid MCDM Method: a case application in china. *Sustainability*, v. 8, n. 5, p. 482, 2016.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; e GENG, Y. Barriers to environmentally-friendly clothing production among Chinese apparel companies. *Asian Business management*, v, 3, p. 107-117, 2011.

APÊNDICE A - PROTOCOLO PARA DESENVOLVIMENTO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Abordagem: Métodos quantitativos de tomada decisão que suportam a identificação e análise das principais barreiras para implementação de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs

Autoria: Targieli dos Santos Soares

Validação: Prof.^a Dr.^a Maísa Mendonça Silva

1. Justificativa para a pesquisa

Revisão sistemática para compreender o estado da arte da implementação de sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs e discutir sobre o uso de métodos quantitativos para identificação e análise das barreiras que influenciam a essa implementação, assim como identificar as principais variáveis utilizadas pelos estudos analisados.

2. Questões de pesquisa (objetivos que a revisão pretende responder)

O presente estudo busca responder os questionamentos enumerados abaixo:

- **Q1:** Quais as variáveis (critérios) mais utilizadas para identificação das barreiras que influenciam a implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs?
- **Q2:** Quais métodos quantitativos de tomada de decisão estão sendo empregados para analisar as barreiras que influenciam a implementação de gerenciamento de resíduos gerados por ELVs?

3. Escopo da estratégia de busca de estudos primários

A busca por estudos primários será realizada utilizando como recurso a base de dados da Principal coleção da *Web of Science* por meio dos campos “pesquisa básica” e “tópico”, esse último refere-se as buscas de pesquisas através do título, resumo, palavras-chaves do autor e palavras-chaves adicionais.

As *strings* de busca examinarão os termos-chave nos diferentes campos das questões de pesquisa, para isso também serão necessários o uso de operadores booleanos, “OR” para integrar os termos-chave e seus sinônimos e “AND” para integrar os diferentes termos-chave. Os termos de busca serão agrupados em três classes, a primeira refere-se as palavras que se enquadram aos aspectos das barreiras para implementação da do gerenciamento de resíduos, a segunda é referente ao objeto de estudo que são os veículos em fim de vida e terceira e última

classe indicam os métodos quantitativos de tomada de decisão. Os termos de busca utilizados para essa pesquisa seguem no Quadro A1:

Quadro A1 - Termos de busca

Classes referentes aos termos de busca	Strings de busca
Barreiras para implementação da reciclagem	recycling* OR "waste management" OR barriers OR obstacles OR impediments OR difficulties OR sustainable OR sustainability OR strategies
Veículos em fim de vida	ELV OR ELVs OR "End-of-Life Vehicles*" OR Dismantling
Métodos quantitativo de tomada de decisão	"Decision Models*" OR "Decision Support Methods*" OR "Multi Criteria" OR "Multiple-criteria decision analysis" OR "multi-criteria" OR "decision - making" OR "decision making" OR "performance evaluation" OR MCDM OR MCDA OR Model

Fonte: Esta pesquisa (2021)

4. Critérios e procedimentos de seleção de estudos

O Quadro A2 lista todos os critérios que serão utilizados para seleção dos estudos primários dessa referida revisão sistemática.

Quadro A2 - Critérios para seleção de estudos primários

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Documentos em língua inglesa e portuguesa;	Não utilizar livros ou capítulo de livro;
Selecionar documentos apenas disponível na íntegra;	Documentos que apresentam fuga ao tema;
Filtrar documentos dos últimos 10 anos;	Documentos fora do contexto de veículos em fim de vida útil;
Somente artigos publicados em periódicos;	Documentos duplicados;
Documentos que mencionem algum método quantitativo aplicado para implementação de reciclagem e/ou variáveis que contribuam para formação dos critérios de decisão;	Apresenta aspectos relacionados a ELVs mas não no contexto de implementação do sistema de reciclagem;

Fonte: Esta pesquisa (2021)

5. Listas de verificação e procedimentos de avaliação de qualidade do estudo

- Lista de verificação:

- Documentos que apresentem métodos quantitativos para tomada de decisão e suas respectivas variáveis;
- Estudos com aplicação de métodos de decisão;

- Estudos que não usem necessariamente métodos quantitativos, mas pelo menos apresentem variáveis que contribuam para formulação dos critérios.
- Critério de qualidade para seleção dos estudos:
 - Estudo apresenta variáveis e aplicação de métodos quantitativos de apoio a tomada de decisão, **atribui nota 4 (quatro)**;
 - Estudo apresenta somente variáveis ou somente aplicação de método, **atribui nota 3 (três)**;
 - Estudo contribui para respaldar ou justificar algo na pesquisa, **atribui nota 2 (dois)**;
 - Estudo não apresenta nenhuma variável e nenhuma aplicação de método quantitativo de apoio a tomada de decisão, **atribui nota 1 (um)**;
 - Estudo não contribui em nada com foco da pesquisa, **atribui nota 0 (zero)**;

6. Estratégia de extração de dados

Será o utilizada como ferramenta para extração de dados o pacote *bibliometrix* desenvolvido pelo *Rstudio*, no qual seu banco de dados comporta o uso de 37 variáveis alusivas aos principais metadados encontrados na base *da Web of Science* (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

- Principais Variáveis de pesquisa disponível no software R studio
 - AU: Autores;
 - TI: Título;
 - SO: Fonte;
 - JI: Abreviação ISSO para a fonte;
 - DT: Tipo do documento;
 - DE: Palavras chaves;
 - AB: Resumo;
 - C1: Nacionalidade do autor;
 - CR: Referências citadas;
 - TC: Número de citações;
 - PY: Ano;
 - SC: Categoria.

Além disso, a revisão sistemática contará com o auxílio da ferramenta *StARt* para organização da seleção dos estudos conforme os critérios pré-estabelecidos na seção 4 desse protocolo, além de responder as questões de pesquisa:

- Variáveis (barreiras) que influenciam na implementação da reciclagem de ELVs;
- Métodos quantitativos de apoio a tomada de decisão;

Diante disso, essa revisão sistemática irá extrair informações baseadas em 39 variáveis.

7. Síntese dos dados extraídos

Por meio dos mecanismos e ferramentas de extração de dados disponíveis no *stArt* e no *R studio*.

APÊNDICE B – BARREIRAS ECONÔMICAS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

N.	Barreiras Econômicas	Autor
1	Utilização de recursos	(YANG et al., 2019)
2	Custo operacional e de coleta ELV	(YANG et al., 2019)
3	Custo de investimento	(YANG et al., 2019)
4	Custo de coleta ELV	(YANG et al., 2019)
5	Custo de configuração inicial de uma fábrica	(YANG et al., 2019)
6	Custo de remanufatura	(TIAN et al., 2017)
7	Falta de benefícios financeiros para o consumidor	(GAN; LUO, 2017)
8	Ausência de punições financeiras para ilegalidade	(GAN; LUO, 2017)
9	Nível de renda do proprietário do veículo	(GAN; LUO, 2017)
10	Falta de benefício financeiro	(AHMED et al., 2015; ABDULRAHMAN et al., 2015)
11	Investimento em nível técnico/tecnológico	(ZHOU et al., 2016)
12	Ausência de incentivos fiscais e subsídio para as empresas de reciclagem	(ABDULRAHMAN et al., 2015)

APÊNDICE C – BARREIRAS POLÍTICAS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

N.	Barreiras Políticas	Autor
13	Ausência de políticas governamentais específicas para ELVs	(ZHANG et al.,2020)
14	Falta de Política de fábrica automática	(ZHOU et al., 2019)
15	Inexistência de políticas sobre empresas de reciclagem ELV	(ZHOU et al., 2019)
17	Falta Política do governo sobre proprietários de ELV	(ZHOU et al., 2019)
18	Ausência de políticas de subsídio para consumidores de carros usados	(ZHOU et al., 2019)
19	Falta de política no mercado de reciclagem	(ZHOU et al., 2019)
20	Falta de supervisão do governo	(GAN; LUO, 2017)
21	Falta de coordenação das agências do setor	(GAN; LUO, 2017)
22	Falta de cultivo da consciência ambiental dos alunos	(WANG, W. et al., 2017)
23	Falta de apoio financeiro, como subsídio para coletores formais	(WANG, W. et al., 2017)
24	Falta de regulamentos eficazes para controlar os canais de coleta informais	(WANG, W. et al., 2017)
25	Ausência de subsídios favorece o mercado de segunda mão e desmonte ilegal	(XIANG; MING, 2011)

**APÊNDICE D – BARREIRAS AMBIENTAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

N.	Barreiras Ambientais	Autor
26	Resíduos sólidos e poluição por líquidos	(ZHANG et al.,2020)
27	Falta a efetiva Consciência de fábrica de automóveis	(ZHOU et al., 2019)
28	Alterações Climáticas	(YANG et al., 2019)
29	Ausência de fiscalização da Gestão de substâncias perigosas	(YANG et al., 2019)
30	Falta Requisitos da legislação ambiental	(YANG et al., 2019)
	Necessidades das legislações ambientais	(AHMED et al., 2015)
31	Comprometimento das empresas com Sistema de gestão ambiental	(ZHOU et al., 2016)
32	Falta Equipamentos e instalações ambientais	(ZHOU et al., 2016)

APÊNDICE E – BARREIRAS SOCIAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

N.	Barreiras Sociais	Autor
33	Insuficiente conscientização sobre reciclagem dos proprietários de ELV	(ZHOU et al., 2019)
34	Atitude dos consumidores de carros usados	(ZHOU et al., 2019)
35	Baixo conhecimento sobre a qualidade da economia da atividade ELV	(ZHOU et al., 2019)
36	Baixa consciência sustentável dos públicos	(ZHOU et al., 2019)
37	Baixo reconhecimento do mercado das peças usadas	(ZHOU et al., 2019)
38	Baixo grau de avaliação sobre os riscos gerados por ELV	(YANG et al., 2019)
39	Imagem da marca e satisfação do cliente	(YANG et al., 2019)
40	Avaliação de risco	(YANG et al., 2019)
41	Avaliação de acidentes	(YANG et al., 2019)
42	Satisfação do empregado	(YANG et al., 2019)
43	Investimento em Treinamento de mão de obra	(YANG et al., 2019)
44	Baixa consciência ambiental e legal dos proprietários de automóveis	(GAN; LUO, 2017)
45	Ausência de incentivos econômicos	(DENG et al., 2017)
46	falta de informação do canal para reciclagem	(DENG et al., 2017)
47	Insuficiência de educação ambiental	(DENG et al., 2017)
48	Imagem de marca e satisfação do cliente	(AHMED et al., 2015)
49	Falta de aceitação do consumidor	(GOVINDAN et al., 2016)

**APÊNDICE F – BARREIRAS TÉCNICAS/TECNOLÓGICAS IDENTIFICADAS
PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

N.	Barreiras Técnica/Tecnológica	Autor
50	Deficiência no Projeto / montagem para reciclabilidade	(ZHOU et al., 2019)
51	Baixo Conhecimento sobre Técnica de desmontagem e reciclagem	(ZHOU et al., 2019)
52	Necessidade de Transferência de tecnologia	(YANG et al., 2019)
53	Necessidade de Inovação em tecnologia verde	(YANG et al., 2019)
54	Investimento em Pesquisa e desenvolvimento de produtos	(YANG et al., 2019)
55	Necessidade de decisão especializada e capacidade de trabalho	(YANG et al., 2019)
56	Necessidade de Tecnologia de processo de remanufatura	(TIAN et al., 2017)
57	Falhas entre sistemas de gerenciamento de informação	(GAN; LUO, 2017)
58	Design de produto impróprio	(GOVINDAN et al., 2016)
59	Menos experiência	(GOVINDAN et al., 2016)
60	Escassez de tecnologias	(GOVINDAN et al., 2016)
61	Baixa Correspondência de materiais para recuperabilidade	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
62	Proteção da propriedade intelectual	(ABDULRAHMAN et al., 2015)

APÊNDICE G – BARREIRAS ORGANIZACIONAIS IDENTIFICADAS PELA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

N.	Barreiras Organizacionais	Autor
63	Sistema de logística reversa	(GAN; LUO, 2017)
64	Falta de participação da montadora	(GAN; LUO, 2017)
65	Falta de modelo de negócios	(GOVINDAN et al., 2016)
66	Falta de incentivos	(GOVINDAN et al., 2016)
67	Nenhum mercado específico	(GOVINDAN et al., 2016)
68	Falta de medição de impacto	(GOVINDAN et al., 2016)
69	Sistema de reciclagem incompleto	(GOVINDAN et al., 2016)
70	Cadeia de suprimentos reversa inadequada	(GOVINDAN et al., 2016)
71	Flutuações de demanda	(GOVINDAN et al., 2016)
72	Falta de dados	(GOVINDAN et al., 2016)
73	Baixa participação dos Grupos comerciais	(GOVINDAN et al., 2016)
74	Baixo Interesse dos fabricantes originais do equipamento	(GOVINDAN et al., 2016)
75	Menos entusiasmo entre as partes interessadas	(GOVINDAN et al., 2016)
76	logística reversa	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
77	Disponibilidade de força de trabalho qualificada	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
78	Demanda do cliente	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
79	Imagem verde de produtos remanufaturados	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
80	Canibalização de produto	(ABDULRAHMAN et al., 2015)
81	Falta de vantagens competitivas	(WANG, W. et al., 2017)
82	Garantia dos materiais reciclados	(NUR et al., 2018)
83	Falta estratégias na rede de vendas	(TIAN et al., 2017)

APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS

QUESTIONÁRIO																	
Prezado (a), gostaria primeiramente de agradecer pela sua disponibilidade de prontamente atender o convite para ser respondente desse questionário. Esse instrumento tem por finalidade contribuir para pesquisa acadêmica do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da UFPE sobre as barreiras para implementação de um sistema de gestão de resíduos gerados por Veículos em Final de Vida (ELVs). Salientamos, que é assegurado o sigilo dos seus dados pessoais.																	
Nome do (a) especialista:																	
Empresa ou instituição:																	
Tempo de atuação:																	
Função:																	
Esse questionário trata-se de uma comparação par a par . Por gentileza preencher a tabela abaixo indicando a influência entre as barreiras, sendo: 0 - sem influência / 1 - influência muito baixa / 2 - baixa influência / 3 - alta influência / 4 - influência muito alta (ver exemplo no rodapé dessa tabela).																	
<i>Para compreender a descrição de cada barreira, basta passar o mouse sobre B1, B2, B3 ... e haverá uma caixa de comentário com a respectiva descrição.</i>																	
Sigla	Dimensões	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
B1	Custo de instalação	-	0														
B2	Custo de recrutamento e capacitação			0													
B3	Ausência de subsídio para empresas de reciclagem				0												
B4	Ausência de incentivo financeiro para os proprietários de ELVs					0											
B5	Baixo interesse dos fabricantes originais de peças automotivas						0										
B6	Custo com pesquisa e desenvolvimento de técnicas /tecnologias							0									
	Barreiras políticas/legais																
B7	Falta interesse político para criação de legislação para ELVs								0								
B8	Ausência de Legislação específica para a gestão de ELVs									0							
B9	Falta de acordo setorial entre os atores da cadeia automotiva										0						
B10	Falta Política do governo sobre proprietários de ELV											0					
B11	Ausência de punição legal-administrativa para ilegalidade												0				
B12	Falta de coordenação das agências do setor													0			
	Barreiras sociais																
B13	Baixa consciência ambiental dos proprietários de automóveis														0		
B14	Baixa aceitação do mercado consumidor de autopeças remanufaturadas															0	
B15	Mão de obra limitada para planejamento																0
B16	Escassez de mão de obra para operação																0

Exemplo: se a Barreira B1 tem alta influência na barreira B2, então marca-se na quarta coluna da linha da barreira B1 (célula D12) o número 3, se a barreira B2 tem influência baixa na barreira B7, então marca-se na nona coluna da linha da barreira B2 (célula I3) o número 1, e assim sucessivamente.

APÊNDICE I – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA ORGANIZACIONAL

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	R
B1	0,0535	0,0781	0,0714	0,0502	0,0557	0,1084	0,0730	0,0747	0,1051	0,0764	0,0953	0,0377	0,0542	0,0798	0,0777	0,1033	1,1946
B2	0,0908	0,0601	0,0564	0,0588	0,0655	0,1177	0,0844	0,0863	0,0908	0,0883	0,0825	0,0473	0,1055	0,0872	0,1290	0,1330	1,3837
B3	0,1357	0,1322	0,0706	0,1220	0,1066	0,1663	0,1035	0,1059	0,1596	0,1083	0,0750	0,0586	0,1033	0,1329	0,1529	0,1583	1,8916
B4	0,1047	0,1008	0,1160	0,0696	0,1040	0,1370	0,0993	0,1016	0,1323	0,1039	0,0709	0,0560	0,1417	0,1503	0,1237	0,1277	1,7395
B5	0,1044	0,0990	0,1163	0,1190	0,0733	0,1362	0,1184	0,1211	0,1536	0,1238	0,0706	0,0776	0,0985	0,1051	0,1012	0,1042	1,7224
B6	0,1076	0,1283	0,0750	0,0763	0,0820	0,0663	0,0591	0,0605	0,0886	0,0618	0,0535	0,0413	0,1015	0,1070	0,1069	0,1110	1,3266
B7	0,1431	0,1133	0,1341	0,1378	0,1443	0,1370	0,0864	0,1609	0,1752	0,1646	0,1576	0,1356	0,1410	0,1264	0,1195	0,1225	2,1993
B8	0,1880	0,1588	0,1746	0,1782	0,1859	0,2068	0,1556	0,1095	0,1989	0,1846	0,1729	0,1474	0,1612	0,1705	0,1647	0,1695	2,7269
B9	0,1399	0,1340	0,1067	0,1098	0,1398	0,1524	0,1329	0,1359	0,0980	0,1390	0,1299	0,0883	0,1342	0,1627	0,1365	0,1409	2,0810
B10	0,1599	0,1318	0,1291	0,1534	0,1376	0,1530	0,1302	0,1332	0,1275	0,0866	0,1502	0,0849	0,1363	0,1428	0,1154	0,1199	2,0919
B11	0,0540	0,0522	0,0718	0,0746	0,1032	0,0857	0,0540	0,0553	0,1064	0,0565	0,0432	0,0386	0,1202	0,1043	0,0762	0,0783	1,1747
B12	0,0560	0,0532	0,0727	0,0749	0,0780	0,1074	0,0736	0,0753	0,0596	0,0770	0,0705	0,0350	0,0751	0,0784	0,0986	0,0779	1,1631
B13	0,1248	0,1169	0,1170	0,1432	0,1726	0,1622	0,1621	0,1658	0,1588	0,1696	0,1602	0,1174	0,0958	0,1736	0,1225	0,1255	2,2878
B14	0,1149	0,1091	0,1264	0,1293	0,1565	0,1482	0,1287	0,1317	0,1440	0,1347	0,1010	0,0852	0,1081	0,0869	0,1328	0,1366	1,9742
B15	0,1773	0,1694	0,1417	0,1445	0,1505	0,1703	0,1663	0,1701	0,1628	0,1740	0,1433	0,1421	0,1269	0,1329	0,1027	0,1567	2,4318
B16	0,1495	0,1442	0,0938	0,0955	0,1224	0,1377	0,1188	0,1215	0,1106	0,1243	0,0956	0,0775	0,0991	0,1036	0,1022	0,0789	1,7754
D	1,9042	1,7815	1,6735	1,7370	1,8779	2,1928	1,7464	1,8093	2,0717	1,8736	1,6722	1,2704	1,8027	1,9446	1,8624	1,9443	

APÊNDICE J – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA AMBIENTAL

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	R
B1	0,1825	0,2175	0,3186	0,2867	0,2993	0,3198	<u>0,4435</u>	<u>0,4854</u>	<u>0,4549</u>	<u>0,4494</u>	0,3681	0,3775	0,3151	0,3511	0,2661	0,2941	5,4295
B2	0,2349	0,1616	0,2674	0,2834	0,3445	0,3390	<u>0,4369</u>	<u>0,4543</u>	<u>0,4488</u>	0,4195	0,3650	0,3486	0,3100	0,3469	0,2869	0,2941	5,3421
B3	0,2221	0,1531	0,2206	0,2672	0,2998	0,3196	<u>0,4370</u>	<u>0,4540</u>	0,4244	0,4206	0,3448	0,3530	0,2686	0,3252	0,2442	0,2254	4,9796
B4	0,1991	0,1531	0,2830	0,2442	0,3358	0,3036	<u>0,4275</u>	<u>0,4436</u>	<u>0,4628</u>	<u>0,4590</u>	0,3588	0,3405	0,3265	0,3621	0,2258	0,2281	5,1535
B5	0,1825	0,1602	0,2896	0,3110	0,2935	0,3163	<u>0,4681</u>	<u>0,4849</u>	<u>0,4808</u>	<u>0,4768</u>	0,4204	0,4033	0,2625	0,3476	0,2324	0,2614	5,3912
B6	0,2947	0,2699	0,3371	0,3314	0,4012	0,3362	<u>0,5394</u>	<u>0,5609</u>	<u>0,5534</u>	<u>0,5466</u>	<u>0,4811</u>	<u>0,4379</u>	0,3364	0,4035	0,2773	0,3091	6,4160
B7	0,2374	0,1902	0,2992	0,3191	0,3562	0,3255	0,4003	<u>0,4984</u>	<u>0,4930</u>	<u>0,4882</u>	<u>0,4301</u>	0,3889	0,3208	0,3350	0,2425	0,2478	5,5724
B8	0,2052	0,1833	0,2870	0,3066	0,3421	0,3364	<u>0,4369</u>	0,3975	<u>0,4725</u>	<u>0,4679</u>	0,3896	0,3723	0,3065	0,3203	0,2316	0,2368	5,2927
B9	0,2253	0,2006	0,3136	0,3359	0,3776	0,3699	<u>0,5068</u>	<u>0,5257</u>	<u>0,4409</u>	<u>0,5156</u>	<u>0,4544</u>	<u>0,4339</u>	0,3376	0,3783	0,2549	0,2601	5,9312
B10	0,2147	0,1924	0,2757	0,3208	0,3606	0,3526	<u>0,4832</u>	<u>0,5013</u>	<u>0,4970</u>	0,4125	<u>0,4344</u>	0,4149	0,2987	0,3601	0,2419	0,2480	5,6088
B11	0,1639	0,1465	0,2171	0,2364	0,3207	0,3134	<u>0,4295</u>	<u>0,4448</u>	<u>0,4412</u>	<u>0,4375</u>	0,3110	0,3476	0,2847	0,3174	0,2116	0,2165	4,8399
B12	0,1642	0,1462	0,2174	0,2612	0,3200	0,3122	<u>0,4281</u>	<u>0,4434</u>	<u>0,4403</u>	<u>0,4367</u>	0,3649	0,2904	0,2605	0,3169	0,2106	0,2161	4,8289
B13	0,1963	0,1736	0,2858	0,3337	0,3749	0,3653	<u>0,5005</u>	<u>0,5185</u>	<u>0,5147</u>	<u>0,5104</u>	<u>0,4518</u>	0,4052	0,2788	0,3975	0,2738	0,2544	5,8352
B14	0,2306	0,2045	0,3241	0,3472	0,4133	0,3802	<u>0,5226</u>	<u>0,5421</u>	<u>0,5368</u>	<u>0,5317</u>	<u>0,4699</u>	0,4231	0,3721	0,3343	0,2624	0,2432	6,1381
B15	0,2237	0,2267	0,3087	0,3290	0,3699	0,3631	<u>0,4707</u>	<u>0,4886</u>	<u>0,4835</u>	<u>0,4778</u>	0,4178	0,3998	0,3308	0,3721	0,2220	0,3081	5,7923
B16	0,2339	0,2397	0,2649	0,2814	0,3429	0,3374	<u>0,4354</u>	<u>0,4527</u>	<u>0,4472</u>	<u>0,4412</u>	0,3633	0,3713	0,2836	0,3446	0,2606	0,2120	5,3121
D	3,4109	3,0191	4,5098	4,7952	5,5523	5,3906	7,3664	7,6961	7,5923	7,4912	6,4253	6,1082	4,8934	5,6128	3,9448	4,0553	

**APÊNDICE K – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA
ACADÊMICA**

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	R
B1	0,0117	0,0105	0,0048	0,0036	0,0476	0,0461	0,0097	0,0109	0,0145	0,0044	0,0105	0,0044	0,0043	0,0135	0,0047	0,0130	0,2143
B2	0,0875	0,0100	0,0033	0,0025	0,0178	0,0838	0,0029	0,0041	0,0052	0,0028	0,0096	0,0033	0,0028	0,0083	0,0128	0,0481	0,3049
B3	0,1241	0,0454	0,0089	0,0162	0,0891	0,0242	0,0150	0,0179	0,0218	0,0471	0,0182	0,0144	0,0123	0,0139	0,0155	0,0175	0,5013
B4	0,0958	0,0072	0,0204	0,0155	0,0708	0,0211	0,0239	0,0265	0,0291	0,0572	0,0611	0,0202	0,0915	0,0618	0,0139	0,0113	0,6273
B5	0,0750	0,0231	0,0275	0,0211	0,0376	0,0662	0,0210	0,0560	0,0949	0,0247	0,0278	0,0263	0,0247	0,0596	0,0263	0,0552	0,6672
B6	0,0921	0,0482	0,0083	0,0053	0,0572	0,0204	0,0070	0,0099	0,0189	0,0074	0,0144	0,0142	0,0074	0,0506	0,0180	0,0500	0,4294
B7	0,1119	0,0262	0,1199	0,1186	0,1142	0,0522	0,0356	0,1472	0,1262	0,1527	0,1307	0,0817	0,0984	0,0562	0,0744	0,0312	1,4774
B8	0,1657	0,0747	0,1513	0,1129	0,1648	0,1051	0,0495	0,0530	0,1336	0,1229	0,1617	0,1162	0,1291	0,1267	0,0846	0,1095	1,8613
B9	0,1363	0,0615	0,1067	0,0695	0,1635	0,1137	0,0683	0,0779	0,0485	0,0777	0,0816	0,1031	0,0772	0,0456	0,0675	0,0359	1,3345
B10	0,0595	0,0148	0,0418	0,1337	0,0668	0,0339	0,0712	0,0777	0,0490	0,0439	0,1178	0,0373	0,1468	0,1119	0,0661	0,0212	1,0934
B11	0,0819	0,0230	0,0576	0,0531	0,1121	0,0695	0,0262	0,0307	0,0689	0,0301	0,0261	0,0574	0,0918	0,0331	0,0252	0,0568	0,8436
B12	0,0549	0,0241	0,0718	0,0303	0,0874	0,0699	0,0642	0,0712	0,1093	0,0715	0,0750	0,0283	0,0708	0,0296	0,0624	0,0210	0,9416
B13	0,0957	0,0205	0,0475	0,0453	0,1341	0,0782	0,1012	0,1110	0,0883	0,1112	0,1186	0,0421	0,0471	0,1131	0,0400	0,0343	1,2282
B14	0,0984	0,0283	0,0789	0,0406	0,1614	0,0793	0,0704	0,0813	0,0894	0,0786	0,0828	0,0737	0,0770	0,0377	0,1014	0,0345	1,2137
B15	0,1671	0,0740	0,1611	0,1220	0,1338	0,1011	0,1137	0,1571	0,1383	0,1321	0,1393	0,1217	0,1034	0,0952	0,0456	0,0785	1,8839
B16	0,1463	0,1206	0,0195	0,0139	0,0715	0,1354	0,0149	0,0261	0,0231	0,0166	0,0253	0,0166	0,0148	0,0611	0,0891	0,0222	0,8169
D	1,6040	0,6121	0,9294	0,8041	1,5295	1,1001	0,6947	0,9583	1,0590	0,9809	1,1005	0,7610	0,9994	0,9178	0,7478	0,6403	

**APÊNDICE L – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA
GOVERNAMENTAL**

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	R
B1	0,0024	0,0034	0,0013	0,0001	0,0048	0,0024	0,0001	0,0003	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0023	0,0332	0,0513
B2	0,0372	0,0039	0,0362	0,0031	0,0034	0,0097	0,0040	0,0026	0,0032	0,0024	0,0040	0,0025	0,0026	0,0339	0,0029	0,0035	0,1550
B3	0,0066	0,0075	0,0010	0,0005	0,0009	0,0337	0,0008	0,0009	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	0,0061	0,0008	0,0027	0,0019	0,0667
B4	0,0009	0,0008	0,0059	0,0011	0,0011	0,0016	0,0056	0,0016	0,0011	0,0058	0,0057	0,0013	0,0012	0,0011	0,0010	0,0008	0,0366
B5	0,0055	0,0067	0,0095	0,0087	0,0075	0,0107	0,0129	0,0104	0,0396	0,0092	0,0062	0,0400	0,0114	0,0051	0,0070	0,0065	0,1968
B6	0,0441	0,0739	0,0119	0,0031	0,0052	0,0130	0,0048	0,0053	0,0042	0,0049	0,0048	0,0049	0,0349	0,0058	0,0705	0,0432	0,3346
B7	0,0540	0,0588	0,1229	0,1128	0,1425	0,1637	0,0542	0,1506	0,1386	0,1434	0,1360	0,1434	0,1344	0,0756	0,0892	0,0800	1,8000
B8	0,0671	0,0449	0,1261	0,0922	0,1199	0,1371	0,0368	0,0411	0,0916	0,0938	0,0894	0,0945	0,0890	0,0593	0,0718	0,0655	1,3198
B9	0,0726	0,0756	0,1129	0,1032	0,0798	0,1252	0,0992	0,1353	0,0443	0,1059	0,0740	0,1293	0,0987	0,0646	0,0779	0,0723	1,4708
B10	0,0892	0,0647	0,0960	0,0883	0,0668	0,1065	0,0864	0,0933	0,0372	0,0334	0,0636	0,0643	0,0869	0,0561	0,0661	0,0621	1,1609
B11	0,0329	0,0311	0,0383	0,0335	0,0344	0,0460	0,0584	0,0880	0,0592	0,0593	0,0285	0,0586	0,0298	0,1048	0,0587	0,0293	0,7907
B12	0,0812	0,1103	0,1447	0,1324	0,1078	0,1613	0,1259	0,1385	0,1290	0,1332	0,0762	0,0507	0,0790	0,0668	0,1109	0,1041	1,7521
B13	0,0537	0,0812	0,0970	0,0867	0,1427	0,1105	0,1361	0,1488	0,1139	0,1422	0,1369	0,1417	0,0501	0,1010	0,0854	0,0776	1,7056
B14	0,1215	0,0962	0,1028	0,0943	0,0973	0,1141	0,1193	0,0775	0,0965	0,0719	0,1214	0,0732	0,0670	0,0324	0,0720	0,0671	1,4245
B15	0,0746	0,1050	0,0078	0,0007	0,0012	0,0974	0,0009	0,0013	0,0012	0,0008	0,0009	0,0008	0,0037	0,0039	0,0129	0,0961	0,4093
B16	0,0726	0,1015	0,0384	0,0014	0,0019	0,0712	0,0014	0,0062	0,0060	0,0015	0,0015	0,0017	0,0037	0,0042	0,0706	0,0118	0,3958
D	0,8160	0,8656	0,9526	0,7621	0,8173	1,2041	0,7468	0,9015	0,7667	0,8085	0,7500	0,8079	0,6985	0,6157	0,8021	0,7551	

APÊNDICE M – MATRIZES DE RELAÇÃO TOTAL PARA PERSPECTIVA GLOBAL

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	R
B1	0,0631	0,0774	0,0912	0,0666	0,0808	0,1063	0,0900	0,1041	0,1050	0,0942	0,0900	0,0744	0,0757	0,0865	0,0803	0,1036	1,3894
B2	0,1189	0,0572	0,0826	0,0705	0,0923	0,1285	0,0943	0,1020	0,1023	0,0927	0,0883	0,0717	0,0941	0,0987	0,1084	0,1162	1,5186
B3	0,1330	0,0887	0,0720	0,0950	0,1152	0,1368	0,1112	0,1198	0,1282	0,1178	0,0895	0,0882	0,0894	0,1051	0,1073	0,1003	1,6974
B4	0,1081	0,0689	0,1077	0,0706	0,1198	0,1128	0,1096	0,1162	0,1310	0,1299	0,1022	0,0835	0,1350	0,1319	0,0913	0,0893	1,7079
B5	0,0992	0,0748	0,1126	0,1103	0,0904	0,1278	0,1268	0,1423	0,1670	0,1339	0,1118	0,1187	0,0913	0,1133	0,0905	0,1027	1,8133
B6	0,1444	0,1360	0,1009	0,0882	0,1193	0,0921	0,1070	0,1157	0,1251	0,1129	0,1074	0,0908	0,1067	0,1183	0,1140	0,1209	1,7998
B7	0,1741	0,1217	0,1959	0,1935	0,2173	0,2001	0,1447	0,2523	0,2488	0,2501	0,2313	0,2006	0,1969	0,1657	0,1550	0,1426	3,0906
B8	0,1949	0,1441	0,2187	0,2005	0,2338	0,2337	0,1828	0,1636	0,2444	0,2373	0,2241	0,2011	0,1976	0,1908	0,1671	0,1712	3,2056
B9	0,1751	0,1409	0,1801	0,1692	0,2068	0,2123	0,1988	0,2206	0,1533	0,2112	0,1925	0,1912	0,1794	0,1765	0,1561	0,1459	2,9097
B10	0,1618	0,1208	0,1536	0,1860	0,1725	0,1811	0,1855	0,1988	0,1742	0,1341	0,1943	0,1501	0,1764	0,1733	0,1370	0,1255	2,6251
B11	0,0953	0,0710	0,1026	0,1004	0,1467	0,1337	0,1265	0,1429	0,1589	0,1341	0,0919	0,1168	0,1378	0,1412	0,1027	0,0997	1,9022
B12	0,1210	0,1055	0,1475	0,1436	0,1706	0,1894	0,1775	0,1905	0,1930	0,1886	0,1578	0,1025	0,1399	0,1407	0,1456	0,1267	2,4405
B13	0,1510	0,1205	0,1598	0,1718	0,2320	0,2050	0,2288	0,2448	0,2277	0,2424	0,2321	0,1861	0,1326	0,2128	0,1533	0,1417	3,0426
B14	0,1714	0,1303	0,1767	0,1658	0,2240	0,2002	0,2019	0,2028	0,2134	0,1999	0,1956	0,1600	0,1687	0,1233	0,1592	0,1355	2,8286
B15	0,1856	0,1680	0,1703	0,1580	0,1727	0,2047	0,1801	0,2007	0,1896	0,1909	0,1727	0,1660	0,1480	0,1525	0,1075	0,1774	2,7446
B16	0,1690	0,1661	0,1093	0,0956	0,1340	0,1738	0,1216	0,1340	0,1272	0,1285	0,1082	0,1035	0,0990	0,1187	0,1369	0,0807	2,0060
D	2,2660	1,7918	2,1815	2,0856	2,5283	2,6383	2,3871	2,6511	2,6891	2,5985	2,3897	2,1051	2,1684	2,2494	2,0122	1,9800	