



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

DAVID JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA

**CONTRIBUIÇÕES DA AVALIAÇÃO DE RISCO NA ANÁLISE DE IMPACTO  
REGULATÓRIO (AIR) E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BOWTIE NA  
AVALIAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS DO TRANSPORTE PÚBLICO DE  
PASSAGEIROS**

Recife

2022

DAVID JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA

**CONTRIBUIÇÕES DA AVALIAÇÃO DE RISCO NA ANÁLISE DE IMPACTO  
REGULATÓRIO (AIR) E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BOWTIE NA  
AVALIAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS DO TRANSPORTE PÚBLICO DE  
PASSAGEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Hazin Alencar.

Recife

2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S586c

Silva, David José Oliveira da.

Contribuições da avaliação de risco na análise de impacto regulatório (AIR) e aplicação da metodologia Bowtie na avaliação de riscos operacionais do transporte público de passageiros / David José Oliveira da Silva. – 2022.

133 f.: il., fig., quad. e siglas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Hazin Alencar.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção. Recife, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Agências reguladoras. 3. Análise de impacto regulatório. 4. Metodologia Bowtie. 5. Avaliação de riscos. 6. Transporte público de passageiros. I. Alencar, Marcelo Hazin (Orientador). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2023-101

DAVID JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA

**CONTRIBUIÇÕES DA AVALIAÇÃO DE RISCO NA ANÁLISE DE IMPACTO  
REGULATÓRIO (AIR) E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BOWTIE NA  
AVALIAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS DO TRANSPORTE PÚBLICO DE  
PASSAGEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 14/10/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcelo Hazin Alencar (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Inêz Manuele dos Santos (Examinadora Externa)  
Instituto Federal de Pernambuco

À minha vó, Maria Rosalina (*in memoriam*) e a todos os que se dedicaram à ciência para salvar vidas e minimizar os impactos da pandemia (2020-2023).

## AGRADECIMENTOS

À Enablon/Wolters Kluwer, na pessoa de Luana Gama, pela disponibilidade de acesso ao software BowtieXP, e à QSP Consultoria, pelo apoio e troca de informações contribuindo na construção deste estudo, especialmente à Oneglia Cavalcante e Fernando de Cicco.

Aos Eng.ºs Paulo Marufuji e Mário Imura, pelo incentivo e suporte para conciliar as atividades profissionais com o desenvolvimento da pesquisa. Aos meus colegas de trabalho Eng.º Renato Saliba, Eng.º Mauricio Olbrick, Alice Elias e Eng.ª Aline Cerchiaro e a todos os que fazem parte da Diretoria de Procedimentos e Logística da ARTESP, pelo apoio nas atividades profissionais que permitiram conciliar com as atividades acadêmicas. Ao Eng.º Marcelo Turrini, pelo compartilhamento de sua experiência e conhecimento na área de riscos.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional, pelo conhecimento agregado à engenharia de produção na minha formação de engenheiro civil, que levarei para minha vida profissional.

Ao Prof. Rodrigo, pelo apoio e incentivo no momento importante de decisão pela continuidade dos estudos devido às mudanças profissionais. Em especial, ao meu orientador e grande incentivador, Prof. Marcelo Hazin, por ter persistido e acreditado na conclusão deste trabalho, pela confiança na condução, orientação e pelo apoio na concretização deste objetivo/sonho, sem o qual não teria sido materializado.

A meus queridos colegas de turma, pelo apoio e incentivo nas horas de dificuldade e pelos momentos de companheirismo e troca de experiências, profissionais de diversas áreas de atuação e de competência técnica inspiradora.

E, por fim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa.

## RESUMO

A regulação é uma forma contemporânea de ação do Estado e refere-se, em sentido geral, ao conjunto de instrumentos jurídico-normativos (leis, decretos, regulamentos e outras normas) de que dispõe o governo para estabelecer obrigações que devem ser cumpridas pelo setor privado, pelos cidadãos e pelo próprio governo. A questão regulatória no Brasil, a dificuldade na tomada de decisões de cunho político visando a intervenções de políticas públicas, a informação segura e confiável para o gestor público, demonstram-se ainda mais delicadas no âmbito dos transportes públicos de passageiros. Neste contexto, a engenharia da confiabilidade e risco pode contribuir de maneira relevante para a melhoria regulatória. Esta pesquisa propõe estrutura para a avaliação de riscos no ambiente regulatório e a aplicação da metodologia *Bowtie* para a avaliação dos riscos operacionais do transporte público de passageiros no contexto da pandemia. A primeira, é aplicada na fase de planejamento das ações e intervenções regulatórias desenvolvidas na Análise de Impacto Regulatório (AIR), introduzindo de maneira estruturada a análise de riscos no contexto dos riscos internos ou institucionais. A segunda, ganha ainda mais relevância devido ao contexto da pandemia, pois apresenta uma aplicação prática da metodologia *Bowtie* na análise dos riscos envolvidos nas operações do transporte público de passageiros. Com base nas proposições acima, observa-se uma melhor compreensão dos riscos e consequências associados à atividade regulatória e maior assertividade dos tomadores de decisão para equilíbrio do ecossistema regulatório (poder concedente, empresas e usuários). De forma específica, a expectativa é de que o estudo contribua para uma maior resiliência das operações de transporte público de passageiros frente a eventos de grande magnitude/catastróficos decorrentes de uma crise sanitária vivenciada durante a pandemia da COVID-19 (2020-2023).

Palavras-chave: agências reguladoras; análise de impacto regulatório; metodologia *bowtie*; avaliação de riscos; transporte público de passageiros.

## ABSTRACT

Regulation is a contemporary form of State action and refers, in a general sense, to the set of legal-normative instruments (laws, decrees, regulations and other norms) available to the government to establish obligations that must be fulfilled by the private sector, by citizens and by the government itself. The regulatory issue in Brazil, the difficulty in making political decisions aimed at public policy interventions, safe and reliable information for the public manager, proves to be even more delicate in the context of public passenger transport. In this context, reliability and risk engineering can significantly contribute to regulatory improvement. This research proposes a framework for risk assessment in the regulatory environment and the application of the Bowtie methodology to assess the operational risks of public passenger transport in the context of the pandemic. The first, applied in the planning phase of regulatory actions and interventions developed in the Regulatory Impact Analysis (RIA), introducing in a structured way the risk analysis in the context of internal or institutional risks. The second gains even more relevance due to the context of the pandemic as it presents a practical application of the Bowtie methodology in the analysis of the risks involved in public passenger transport operations. Based on the propositions above, there is a better understanding of the risks and consequences associated with regulatory activity and greater assertiveness of decision makers to balance the regulatory ecosystem (granting authority, companies and users). Specifically, the expectation is that the study will contribute to greater resilience of public passenger transport operations in the face of large-scale/catastrophic events resulting from a health crisis experienced during the COVID-19 pandemic (2020-2023).

**Keywords:** regulatory agency; regulatory impact analysis; bowtie analysis; risk assessment public transport.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Ecossistema regulatório e atividade-fim estabilizadora.....	20
Figura 2 -	Modelo conceitual da natureza sistêmica dos riscos e impactos da pandemia.....	30
Figura 3 -	Funções, etapas e processos da regulação com ênfase na AIR.....	40
Figura 4 -	Processos na análise de impacto regulatório.....	41
Figura 5 -	O ciclo de análise de impacto regulatório e analogia ao ciclo DMAIC.....	42
Figura 6 -	Processo de tomada de decisão (A: modelo padrão x B: modelo baseado em risco).....	47
Figura 7 -	Princípio ALARP.....	49
Figura 8 -	Evolução da estrutura do COSO (1992-2013).....	52
Figura 9 -	Estrutura do COSO ERM 2017.....	53
Figura 10 -	Modelo de gestão de riscos – ISO 31000:2009.....	54
Figura 11 -	Modelo de gestão de riscos legais – ISO 31022:2020.....	55
Figura 12 -	Modelo de gestão de riscos – Tesouro Britânico (2004).....	57
Figura 13 -	Modelo de gestão de riscos – Reino Unido (2009).....	57
Figura 14 -	Modelo de três linhas de defesa – IIA (2015).....	59
Figura 15 -	Diagrama de causa e efeito (espinha de peixe), conceito de Ishikawa (1943).....	60
Figura 16 -	Estrutura básica da árvore de falhas.....	62
Figura 17 -	Estrutura básica da árvore de eventos.....	63
Figura 18 -	Modelo queijo suíço ou de barreira.....	67
Figura 19 -	Modelo conceitual da ferramenta Bowtie.....	68
Figura 20 -	Listagem de técnicas aplicáveis à gestão de risco.....	72
Figura 21 -	Modelo de regulação responsiva (diamante da regulação).....	86
Figura 22 -	Estrutura proposta para AIR baseada em riscos.....	87
Figura 23 -	Modelo de análise SWOT.....	96
Figura 24 -	Elementos-chave do Bowtie.....	99
Figura 25 -	Identificação do perigo e evento topo.....	101
Figura 26 -	Mecanismos de contaminação utilizados.....	103
Figura 27 -	Identificação das ameaças.....	103

Figura 28 -	Identificação das consequências.....	104
Figura 29 -	Matriz de risco.....	106
Figura 30 -	Funções das barreiras.....	107
Figura 31-	Tipologia dos sistemas das barreiras.....	107
Figura 32 -	Barreira preventiva para transmissão de passageiros embarcados.....	108
Figura 33 -	Barreira reativa para redução de receitas.....	109
Figura 34 -	Fatores de degradação e barreiras.....	110

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Classificação das agências reguladoras.....	22
Quadro 2 -	Passageiros transportados e número de viagens no transporte intermunicipal do Estado de São Paulo.....	32
Quadro 3 -	Funções do agente regulador.....	39
Quadro 4 -	Etapas, atividades e ferramentas de apoio no ciclo da análise de impacto regulatório.....	43
Quadro 5 -	Metodologias de análise de impacto regulatório.....	93
Quadro 6 -	Normativas publicadas, relacionadas com medidas preventivas e mitigadoras do evento topo.....	112

## LISTA DE SIGLAS

AIR	Análise de Impacto Regulatório
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ARTESP	Agência Reguladora de Transportes do Estado de São Paulo
CTC	Comissão de Transporte Coletivo
COSO	Comitê das Organizações Patrocinadoras da Comissão Treadway
DAESP	Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo
FRESP	Federação das Empresas de Transportes por Fretamento do Estado de São Paulo
FUSP	Federação dos Usuários de Transportes do Estado de São Paulo
IIA	Institute of Internal Auditors
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
SETPESP	Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros no Estado de São Paulo
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	AS AGÊNCIAS REGULADORAS.....	19
<b>1.1.1</b>	<b>Modalidades de Agências Reguladoras.....</b>	<b>21</b>
1.2	O PAPEL DA AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO (ARTESP).....	22
<b>1.2.1</b>	<b>A Governança Regulatória e a AIR.....</b>	<b>25</b>
1.3	CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	26
<b>1.3.1</b>	<b>O Entendimento dos Riscos e Impactos Associados à Pandemia.....</b>	<b>29</b>
<b>1.3.2</b>	<b>O Impacto da Pandemia no Transporte Público Intermunicipal de Passageiros.....</b>	<b>31</b>
1.4	OBJETIVOS.....	33
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>33</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>33</b>
1.5	JUSTIFICATIVAS.....	34
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	38
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>39</b>
2.1	A ESTRUTURA DA REGULAÇÃO.....	39
2.2	ANÁLISE DO IMPACTO REGULATÓRIO (AIR).....	40
2.3	O CICLO DE PROCESSOS DA AIR.....	42
2.4	ABRANGÊNCIA E APLICABILIDADE DA AIR.....	44
2.5	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO.....	46
2.6	O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO BASEADA EM RISCO.....	46
<b>2.6.1</b>	<b>Definições de Risco e o Princípio ALARP.....</b>	<b>48</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Estruturas de Gestão e Análise de Riscos.....</b>	<b>50</b>
<b>2.6.3</b>	<b>As Tradicionais Estruturas de Gestão de Riscos.....</b>	<b>51</b>
<b>2.6.4</b>	<b>COSO - Gestão de Riscos Corporativos.....</b>	<b>51</b>
<b>2.6.5</b>	<b>NBR ISO 31.000/2008 – Gestão de Riscos.....</b>	<b>53</b>
<b>2.6.6</b>	<b>ISO 31.022/2020 – Gerenciamento de Riscos Legais.....</b>	<b>54</b>

2.6.7	<b>Modelo britânico – The Orange Book.....</b>	<b>56</b>
2.6.8	<b>Modelo de Três Linhas de Defesa – The Institute of Internal Auditors.....</b>	<b>58</b>
2.7	<b>EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS ASSOCIADAS AO PROBLEMA.....</b>	<b>59</b>
2.7.1	<b>Análise de Causa e Efeito.....</b>	<b>59</b>
2.7.2	<b>Análise de Árvore de Falhas (FTA).....</b>	<b>60</b>
2.7.3	<b>Análise de Árvore de Eventos (ETA).....</b>	<b>62</b>
2.8	<b>A METODOLOGIA BOWTIE (BTA).....</b>	<b>64</b>
2.8.1	<b>Histórico e Evolução da Aplicação do Modelo.....</b>	<b>65</b>
2.8.2	<b>O Modelo Conceitual.....</b>	<b>66</b>
2.8.3	<b>Premissas e Considerações ao Modelo.....</b>	<b>68</b>
2.8.4	<b>A Aplicabilidade e Elementos do Modelo.....</b>	<b>69</b>
2.8.5	<b>Vantagens e Limitações da Metodologia.....</b>	<b>70</b>
2.8.6	<b>Justificativa para Uso da Metodologia.....</b>	<b>72</b>
2.9	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>73</b>
2.9.1	<b>Potencial de Inovação.....</b>	<b>81</b>
3	<b>METODOLOGIA E ESCOPO DA PESQUISA.....</b>	<b>83</b>
4	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS.....</b>	<b>85</b>
4.1	<b>PROPOSTA DE ESTRUTURA E PROCESSO PARA UMA AIR BASEADA EM RISCOS.....</b>	<b>86</b>
4.2	<b>ANÁLISE E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>88</b>
4.2.1	<b>Contextualização do Problema.....</b>	<b>88</b>
4.2.2	<b>Identificação do Problema.....</b>	<b>88</b>
4.2.3	<b>Identificação dos Agentes Econômicos e Demais Afetados pelo Problema Regulatório.....</b>	<b>89</b>
4.2.4	<b>Identificação da Fundamentação Legal.....</b>	<b>90</b>
4.2.5	<b>Definição dos Objetivos a Serem Alcançados.....</b>	<b>90</b>
4.3	<b>IDENTIFICAÇÃO DE OPÇÕES REGULATÓRIAS.....</b>	<b>91</b>
4.3.1	<b>Descrição de Alternativas de Solução.....</b>	<b>91</b>
4.3.2	<b>Identificação e Mensuração dos Impactos das Alternativas.....</b>	<b>92</b>
4.4	<b>ANÁLISE COMPARATIVA DAS OPÇÕES REGULATÓRIAS.....</b>	<b>94</b>
4.4.1	<b>Comparação das Alternativas.....</b>	<b>94</b>

4.4.2	Estratégias de Implementação (Monitoramento e Fiscalização).....	95
4.4.3	Desenvolvimento da Aplicação da Metodologia Bowtie.....	99
4.4.4	Identificação do Perigo.....	100
4.4.5	Identificação do Evento Principal.....	101
4.4.6	Identificação e Avaliação das Ameaças.....	101
4.4.7	Definição e Avaliação das Consequências.....	104
4.4.8	Matriz de Avaliação do Risco.....	104
4.4.9	Identificação e Classificação das Barreiras.....	107
4.4.10	Barreiras Preventivas.....	108
4.4.11	Barreiras Reativas.....	109
4.4.12	Identificação dos Fatores de Degradação.....	110
4.4.13	Identificação das Barreiras aos Fatores de Degradação.....	110
5	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	112
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	113
6.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	118
	REFERÊNCIAS.....	120
	APÊNDICE A - VISÃO GERAL AMEAÇAS E BARREIRAS PREVENTIVAS.....	130
	APÊNDICE B - VISÃO GERAL CONSEQUÊNCIAS E BARREIRAS REATIVAS.....	131
	APÊNDICE C - VISÃO GERAL DIAGRAMA BOWTIE.....	132
	APÊNDICE D - DETALHAMENTO TOMADA DE DECISÃO NA AIR.....	133

## 1 INTRODUÇÃO

A regulação é uma forma contemporânea de ação do Estado e se refere, em sentido geral, ao conjunto de instrumentos jurídico-normativos (leis, decretos, regulamentos e outras normas) de que dispõe o governo para estabelecer obrigações que devem ser cumpridas pelo setor privado, pelos cidadãos e pelo próprio governo. É, assim, um dos principais instrumentos por meio dos quais os governos promovem o bem-estar social e econômico dos seus cidadãos. Pode, contudo, a regulação se transformar em obstáculo a esses mesmos objetivos, pois, quando excessiva e desproporcional, pode impedir a inovação ou criar barreiras desnecessárias ao comércio, à concorrência, ao investimento e à eficiência econômica (CASA CIVIL, 2018).

Em princípio, melhores processos de tomada de decisão devem levar a melhores decisões políticas. As decisões políticas são, por natureza, desafiadoras, exigindo um equilíbrio cuidadoso do interesse público, que não é fácil de determinar. A rápida taxa de desenvolvimento tecnológico, a interconexão global e a crescente dependência do capital privado para impulsionar o desenvolvimento econômico contribuem para tornar a identificação de interesses públicos cada vez mais complexa. Diante desta complexidade, os gestores públicos não podem abdicar de sua responsabilidade de tomar decisões bem planejadas e analisadas. Mas, se os governos vão produzir políticas coerentes e eficazes, é cada vez mais importante que os tomadores de decisão tenham as melhores avaliações e evidências disponíveis (OCDE, 2009).

A qualidade das intervenções regulatórias depende em grande parte de processos analíticos robustos, integrados ao aparato de formulação de políticas e capazes de comunicar informações claras e objetivas aos tomadores de decisão no momento em que podem ter uma influência positiva. Em sistemas políticos que se baseiam no exercício de poderes delegados, é razoável que os cidadãos esperem que as decisões políticas levem em conta a consideração prévia dos impactos previstos e o atendimento das expectativas das partes interessadas, que provavelmente serão afetadas por essas decisões.

A questão regulatória no Brasil, a dificuldade na tomada de decisões de cunho político visando a intervenções de políticas públicas e à informação segura e confiável para o gestor público demonstram ser ainda mais delicadas no âmbito dos transportes públicos de passageiros. Há inúmeros fatores de risco muito peculiares que são inerentes às operações de transporte, há agravantes sazonais importantes que atingem subitamente o sistema e, mais recentemente, há o fator atípico da pandemia do coronavírus SARS-CoV-2, que será abordado nesta pesquisa. O serviço público de transporte, por ser essencial e relevante, requer ação

regulatória que impacte na melhoria da prestação de serviço público à sociedade, e por óbvio, dentre os aspectos qualitativos, está intrínseca a segurança operacional.

A contextualização da regulação do setor de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros passa por compreender como se deu a constituição e a organização dos serviços ao longo dos anos, até os dias atuais. As características do setor são um reflexo de um modelo de organização que se desenhou gradualmente ao longo dos anos, com a divisão tanto dos mercados quanto das diversas categorias de serviços prestados, que foram ganhando relevância na mesma medida da expansão da população para regiões do interior do país, demandando a estruturação de órgãos do Poder Público voltados especificamente para ordenar e fiscalizar os serviços de transporte rodoviário de passageiros em cada esfera de governo.

A origem deu-se desde os tempos do “rodoviarismo” implantado no governo de Washington Luís no final da década de 1920 e teve o seu ápice nas décadas de 1960 e 1970, quando o país passou a priorizar a construção de rodovias para conectar os grandes centros urbanos trazendo grande relevância econômica e social para o serviço de transporte público de passageiros, que surgiu e cresceu na mesma proporção das estradas ao longo das décadas, até sofrer, nos últimos quinze anos, uma maior concorrência do modal do transporte aéreo e também do transporte individualizado por aplicativos. Embora tenha aparentemente perdido o destaque do passado, o transporte de passageiros no modal rodoviário continuará a ter papel de extrema relevância socioeconômica, por constituir o principal meio de locomoção de grande parte da população brasileira.

A despeito de sua importância, a outorga destes serviços sempre foi questionada pela precariedade na transparência ao longo dos muitos anos em que o serviço predominou como principal meio de transporte entre os municípios e estados, vício que persiste até os dias atuais como resultado das repercussões históricas. Os serviços de transporte rodoviário intermunicipal sempre foram prestados, majoritariamente, com apoio em autorizações e permissões precárias outorgadas pelo Poder Concedente Estadual a particulares, à revelia de critérios técnicos e uniformes. A omissão do Poder Público, nesse ponto, perdurou mesmo depois da promulgação da Constituição de 1988, cujo artigo 175, *caput*, impôs, como regra geral, que os serviços públicos fossem precedidos de licitação. No âmbito do estado de São Paulo, o sistema de transporte intermunicipal ainda opera sob regime de permissões expedidas nas décadas de 1950 e 1960, contrapondo-se às exigências legais estabelecidas a partir da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e posteriormente à Lei de Licitações (BRASIL, 1993).

A ação regulatória do Poder Público desdobra-se em diferentes enfoques, dentre os quais importa considerar: a defesa da concorrência, a defesa do consumidor e a supervisão da

operação de mercados específicos. As características substancialmente distintas e os diversos padrões de concorrência associados aos diferentes elos dessas cadeias de mercados requerem atuação diferenciada dos órgãos reguladores. Assim, prescinde-se, em princípio, de uma ação governamental diretamente focada nos mercados de serviços de transporte, aplicando-se aí apenas as orientações gerais das políticas de defesa da concorrência e de defesa do consumidor associadas à gestão dos riscos inerentes deste serviço.

Nesse contexto, a regulamentação do serviço de transporte de passageiros propõe-se a avaliar, equilibrar e direcionar o modelo de transporte implantado no país compatível com o sistema jurídico vigente buscando adotar bons instrumentos na delegação dos serviços de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros com foco na qualidade na prestação dos serviços e tarifas módicas aos usuários. Mais recentemente também há questionamento, se, à luz do direito positivo brasileiro, é possível uma liberalização desses serviços e de que forma se deve estruturar o modelo regulatório para garantir a sua compatibilidade com os artigos 21, inciso XII, e 174 da Constituição Federal. A resposta a essa pergunta passa por compreender as dificuldades históricas de regulação do setor como um todo e das idiosincrasias dos entes federativos, afinal são milhares de mercados relevantes geográficos. Cada ligação ponto-a-ponto, ou grupamento de rotas, guarda particularidades. São municípios, estados e mercados com características diferentes. A adequada prestação do serviço pressupõe que sejam realizados consideráveis investimentos em infraestrutura em diferentes localidades de forma a permitir a consecução dos serviços, desde garagens, oficinas, restaurantes e estruturas de apoio aos motoristas e terminais rodoviários em sintonia com o fluxo de passageiros e com as rotas estabelecidas pelas empresas prestadoras de serviço para atender às demandas das linhas em operação. Para tornar o sistema ainda mais complexo, a pandemia exigiu que o sistema de transporte público fosse ainda mais resiliente, elevando os atributos de segurança operacional.

Diante de todos os desafios da ação regulatória, tem surgido em todo o mundo, nas últimas três décadas, programas de melhoria da qualidade regulatória que poderão incrementar substancialmente o poder regulatório do Estado, sobretudo no que tange a um serviço estratégico e complexo, como o transporte público de passageiros. Dentre outros componentes desses programas, destaca-se a Análise de Impacto Regulatório (AIR), que consiste numa ferramenta que fornece informações sobre a necessidade e as consequências de uma regulação proposta, verifica, em princípio, se os benefícios potenciais da ação para a sociedade excedem os custos gerados e se, entre todas as alternativas possíveis para alcançar o objetivo da regulação, a ação proposta é a que maximiza os benefícios líquidos para a sociedade.

Mesmo reconhecendo os benefícios do uso da análise de impacto regulatório como ferramenta para a melhoria da qualidade regulatória, a experiência internacional define-a como um processo complexo e de longo prazo, exigindo o suporte político de níveis hierárquicos superiores, o estabelecimento de um órgão central que promova o uso da AIR, a integração da AIR ao processo de desenvolvimento de políticas desde a sua concepção, a seleção de metodologias flexíveis e administrativamente viáveis, o desenvolvimento de estratégias de coleta de dados precisos e confiáveis, a integração de mecanismos de consulta pública eficientes e o estabelecimento de um programa intenso e continuado de capacitação dos reguladores.

Inúmeras são as argumentações sobre a importância da avaliação de riscos para o processo de regulação eficiente e sobre por que ela deveria ser melhor explorada no contexto regulatório das Agências Reguladoras, destaca-se no ambiente regulatório, o fortalecimento do planejamento, da análise de custos e riscos envolvidos e dos benefícios advindos das alternativas regulatórias, bem como a clareza de procedimentos associada à participação dos regulados nas tomadas de decisões regulatórias.

A incorporação da análise dos riscos poderá contribuir na ação regulatória do Estado, sobretudo no ambiente do transporte público de passageiros. A gestão de riscos, coerente e aplicada sistematicamente, pode impactar positivamente em decisões assertivas dos gestores públicos ante a necessidade de conduzir a governança nas organizações públicas. O uso da metodologia *Bowtie* pode se concentrar nas medidas e nos efeitos delas, visando atingir metas de apresentação e mitigação de problemas operacionais intrínsecos ao transporte de pessoas, tais como a incidência de acidentes rodoviários e o recente surgimento de crise sanitária mundial, com forte viés de propagação de doença potencialmente letal por meio do deslocamento de pessoas, principal função do transporte de pessoas.

Quanto às Agências Reguladoras e seu importante papel de intervir no comportamento dos agentes, promovendo aumento da eficiência, de segurança, crescimento econômico e ganhos de bem-estar social, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem dedicado atenção ao estudo e registro do tema. No documento *Recomendação sobre Melhoria da Qualidade Regulatória*, a Organização propõe um roteiro segundo o qual a boa regulação deve:

- buscar resolver problemas e alcançar metas claramente definidas e ser eficaz na consecução desses objetivos;
- ser fundamentada em evidências e proporcional ao problema identificado;
- estar fundamentada em uma base legal sólida;

- produzir benefícios que justifiquem os custos;
- considerar a distribuição dos seus efeitos entre os diferentes atores e grupos;
- minimizar os custos administrativos e eventuais distorções de mercado resultantes de sua implementação;
- ser clara e compreensível aos regulados e usuários;
- ser consistente com outros regulamentos e políticas;
- ser elaborada de modo transparente, com procedimentos adequados para a manifestação efetiva e tempestiva de atores e grupos interessados; e
- considerar os incentivos e mecanismos para alcançar os efeitos desejados, incluindo estratégias de implementação que potencializam seus resultados.

### 1.1 AS AGÊNCIAS REGULADORAS

No Brasil, por opção do legislador infraconstitucional, as Agências Reguladoras possuem natureza jurídica de autarquias, com poderes para edição de normas nos setores regulados, o exercício de atividades administrativas clássicas, inclusive poder de polícia administrativa, a resolução de conflitos regulatórios e com poderes sancionatórios sobre os regulados. A autonomia delegada às Agências Reguladoras é justificada pelo caráter de despoliticização ou desvinculação do organograma hierárquico convencional adotado para os demais órgãos ligados à estrutura do governo, compreendida como a diminuição de influência político-partidária, conferindo tratamento técnico e maior segurança jurídica ao setor regulado, bem como pela necessidade de celeridade na regulação de determinadas atividades técnicas.

A criação das Agências de Regulação foi consequência de uma profunda mudança na relação do aparelho estatal com a sociedade, particularmente com a ordem econômica. Até então, a intervenção estatal estava centrada na supremacia do interesse público sobre os interesses privados. Não havia maior preocupação do Estado com o equilíbrio específico do setor sob intervenção, uma vez que seus objetivos eram de natureza geral. A atividade regulatória estatal passa a dar relevância à separação entre o operador estatal e o ente encarregado da regulação do respectivo setor e à admissão do setor regulado da existência de operadores privados competindo com o operador público. É introduzido o conceito de competição entre setores sujeitos à intervenção estatal indireta.

O conceito de *regulação* definido por Vital Moreira (*apud* MENDES, 2000) consiste no estabelecimento e implantação de regras para a atividade econômica destinadas a garantir o seu funcionamento equilibrado, de acordo com determinados objetivos públicos. Pode-se, ainda, de

forma ilustrativa, representar o papel das Agências Reguladoras como elemento estabilizador na relação entre usuários, operadores do sistema e poder concedente.

Figura 1 - Ecosistema regulatório e atividade-fim estabilizadora



Portanto, a Agência Reguladora deve objetivar que suas ações busquem seu posicionamento de equilíbrio, sendo responsável pela harmonização das relações entre os demais agentes e atuando de forma imparcial. A fim de garantir essa necessária equidistância, foram concebidos como órgãos de Estado, e não de Governo, originando as chamadas *autarquias especiais*, ou seja, com características peculiares, capazes de gerar salvaguardas institucionais. A neutralidade exige a ausência de subordinação hierárquica aos órgãos de governo, mandatos fixos, autonomia e independência funcional, intelectual e financeira, corpo técnico altamente qualificado, inexistência de instância revisora hierárquica e recursos para a infraestrutura. O País precisa, mais do que nunca, de um ambiente regulatório estável. Contratos com duração de mais de 30 anos não podem se sujeitar a mudanças de regras a cada novo governo. Perderia o empresário, perderia o governo e perderia a própria sociedade. Entretanto, a não subordinação não implica na ausência de controles externos. Tanto quanto qualquer outra instituição pública, as agências precisam atuar com transparência. A criação de mecanismos que permitam o controle social dos atos regulatórios é fundamental. Tais requisitos buscam afastar das agências regulatórias a possibilidade do que, no jargão regulatório, chama-se de *captura*, ou seja, a aproximação excessiva do regulador com uma das partes reguladas. O

regulador não pode ficar à mercê das pressões políticas, suas decisões não podem estar subordinadas às variáveis eleitorais, que, por certo, prejudicariam sua independência e sua imparcialidade.

A moderna noção de regulação remete à ideia de equilíbrio dentro de um dado sistema regulado. Esse poderá envolver a introdução de interesses gerais, externos ao sistema, que deverão ser processados pelo regulador de forma que a sua consecução não acarrete a inviabilidade do setor regulado. Assim, a ação estatal passa a depender do equilíbrio entre os interesses privados (competição, respeito aos direitos dos usuários, admissão da exploração lucrativa de atividade econômica) e as metas e objetivos de interesse público (universalização, redução de desigualdades, modicidade de preços e tarifas, maiores investimentos, etc.).

A quebra de monopólios, a desestatização ou a abertura de setores à competição não necessariamente devem ser associados aos mecanismos desregulatórios. Esses processos alimentam o desenvolvimento de uma nova forma de regulação, possivelmente mais firme e consistente. As transformações no papel regulador do Estado também não devem ser associadas aos processos de supressão da intervenção estatal sobre o domínio econômico. Além da função estabilizadora, que busca preservar o equilíbrio do mercado, a atividade regulatória estatal tem, também, uma função redistributiva. A Constituição (artigo 174) dá ao Estado, como ente normativo e regulador da atividade econômica, a incumbência de incentivar e planejar atividades econômicas, o que dá à regulação uma conotação muito mais ampla do que a simples “correção de falhas de mercado”. Mas esse caráter redistributivo coloca-se pela regulação a partir de uma perspectiva de mediação de interesses e de busca de equilíbrio interno ao sistema regulado.

### **1.1.1 Modalidades de Agências Reguladoras**

A criação das Agências Reguladoras não se justifica apenas pela necessidade de regulação dos serviços públicos concedidos à iniciativa privada, mas também pela necessidade de ações de controle de determinadas atividades relevantes ao país, destacadas por leis. Neste sentido, pode-se tipificar as agências da seguinte forma:

Quadro 1 - Classificação das agências reguladoras

por tipo de atividade regulada:	<ul style="list-style-type: none"> <li>de serviços públicos concedidos;</li> <li>de atividades econômicas em sentido estrito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>controle da execução dos serviços por particulares</li> <li>controle de atividades econômicas</li> </ul>
por setores regulados:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monosssetoriais;</li> <li>Plurissetoriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>regulam uma atividade econômica</li> <li>regulam, ao mesmo tempo, diversas atividades econômicas e/ou serviços</li> </ul>
por titularidade federativa:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Federais;</li> <li>Estaduais;</li> <li>Distrital/Municipais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vinculação e competência da União</li> <li>vinculação e competência dos Estados</li> <li>vinculação e competência do DF ou Municípios</li> </ul>

Fonte: O Autor (2022).

## 1.2 O PAPEL DA AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO (ARTESP)

A Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP) foi criada por força da Lei Complementar nº 914, de 14 de janeiro de 2002 (ALESP, 2002), e instituída como autarquia de regime especial, dotada de autonomia orçamentária, financeira, técnica, funcional, administrativa e poder de polícia, com atribuição de implementar a Política Estadual de Transportes; exercer poder regulador; elaborar modelos de concessões, permissões e autorizações; garantir a prestação de serviços adequados; zelar pela preservação do equilíbrio econômico-financeiro dos contratos e estimular a melhoria da prestação dos serviços públicos de transporte no estado, sendo responsável por regular e fiscalizar:

- a prestação de serviços de infraestrutura rodoviária das vinte e três concessionárias paulistas por meio do Programa de Concessões Rodoviárias;
- a prestação dos serviços públicos de operação, manutenção, exploração e ampliação da infraestrutura aeroportuária de vinte e dois aeroportos regionais sob gestão e operação do Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP);
- a prestação de serviços de Transporte Coletivo Intermunicipal de Passageiros e outros serviços de transporte público delegados a ela pelo Estado de São Paulo.

O sistema de transporte coletivo intermunicipal de passageiros utiliza uma malha viária de aproximadamente 37 mil km, além do sistema viário urbano nos municípios em que operam as linhas intermunicipais. Também é responsável pela fiscalização *in loco* das operações do

serviço do tipo regular, fretamento e transporte de estudantes, tanto nas rodovias estaduais para coibir o transporte clandestino quanto nos terminais rodoviários para garantir que os ônibus circulem em condições adequadas de conforto e segurança.

A Diretoria de Procedimentos e Logística (DPL) é responsável pela regulamentação e fiscalização dos serviços de cerca de 600 empresas operantes no Sistema de Transporte Coletivo Intermunicipal de Passageiros do Estado de São Paulo da seguinte forma:

I. O Serviço Regular é um serviço público regulamentado pelo Decreto Estadual nº 29.913/89. É caracterizado pela operação de um conjunto de linhas que oferece transporte de passageiros entre municípios de forma continuada e com regularidade, de acordo com um plano operacional definido, sendo realizado em duas modalidades:

- a) **Serviço Rodoviário:** apresenta, entre outras características, a operação entre terminais rodoviários ou agências de venda de passagens, utilizando veículos com poltronas individuais numeradas, bagageiro externo e proibindo o transporte de passageiros em pé, proporcionando viagens com número reduzido de paradas;
- b) **Serviço Suburbano:** apresenta, entre outras características, a cobrança de passagens no interior do veículo, paradas efetuadas em pontos e abrigos dispostos ao longo do trajeto; utiliza ônibus urbano convencional com portas independentes para embarque e desembarque, assentos não numerados, sendo permitido o transporte de passageiros em pé, até a capacidade estabelecida para o veículo. Utiliza vias em regiões com densidades demográficas significativas, com alta renovação de passageiros ao longo do percurso e, devido às frequentes paradas, proporciona viagens com velocidade média inferior àquelas realizadas no serviço rodoviário. O Serviço Regular apresenta 110 empresas reguladas que operam 632 linhas rodoviárias e 431 linhas suburbanas. A frota de veículos é composta de 2.634 veículos do tipo rodoviário e 1.555 veículos do tipo suburbano.

II. O Serviço de Fretamento está regulamentado pelos Decretos Estaduais nº 29.912/89 e nº 48.073/03. É caracterizado pelo transporte sem cobrança individual, para um determinado grupo de passageiros mediante contrato, sem caráter de serviço aberto ao público. Utiliza veículos tipo rodoviário e não permite transporte de passageiros em pé, sendo realizado em três modalidades:

- a) **Serviço Contínuo:** é o serviço de transporte de passageiros prestado por pessoa jurídica, mediante contrato por escrito, para um determinado número de viagens. Os passageiros devem possuir vínculo específico com a contratante. Poderá também contratar Fretamento Contínuo, instituição de ensino ou agremiação estudantil legalmente constituída, para transporte de seus alunos ou associados. Na prática, o Fretamento Contínuo é geralmente utilizado por empresas para transporte de seus funcionários ou escolas e agremiações para transporte de alunos.
- b) **Serviço Eventual:** caracteriza-se pela prestação de serviço a um cliente ou grupo de pessoas mediante um contrato por escrito, para a realização de uma única viagem. Na prática, geralmente, o Fretamento Eventual serve para o transporte de grupos em viagens de turismo. O Serviço de fretamento conta com 493 empresas reguladas. A frota é composta de 13.282 veículos do tipo rodoviário.
- c) **Transporte de Estudantes:** prestação de serviço que tem por finalidade atender o deslocamento de estudantes aos estabelecimentos de ensino, não pode assumir caráter de serviço aberto ao público, devendo ser realizado contrato individual ou coletivo entre o prestador do serviço e os interessados e é proibida a remuneração por viagens avulsas. O prestador de serviço pode ser profissional autônomo ou empresa de transporte coletivo, devidamente autorizado. O transportador deve manter no interior do veículo o atestado de matrícula do estudante fornecido pelo estabelecimento de ensino. É obrigatório que o veículo esteja segurado, com cobertura de danos em favor de terceiros e dos passageiros transportados. Os veículos não têm taxímetro, são providos de tacógrafo, com capacidade para seis a vinte passageiros, excluído o condutor, sendo vedado transporte de estudantes em pé. O transporte de estudantes também pode ser efetuado na modalidade de fretamento contínuo. Essa modalidade é mais recomendada por utilizar veículos tipo ônibus com saída de emergência, corredor central, sendo ainda mais confortável. O sistema de transporte de estudantes apresenta 118 cadastrados autônomos e frota de 183 veículos.

### 1.2.1 A Governança Regulatória e a AIR

No cerne da questão regulatória dentro do papel do Estado, suas diversas agências e missões, cumpre-se questionar: Por que regular? Para que regular? Como definir qual a melhor regra a ser adotada para uma determinada situação? As respostas a tais perguntas devem estar

presentes sempre que se vai estabelecer qualquer regramento que tenha por objetivo alterar/conduzir comportamentos. Criar regras é uma atividade relativamente de baixo custo para quem a elabora, mas que tem potencial de gerar custos elevados para quem arcará com o cumprimento da regra.

Assim, no ambiente da boa governança, torna-se vital, portanto, aumentar a qualidade da análise das opções regulatórias e, conseqüentemente, o custo de realizá-las para que as regras sejam mais bem planejadas e estruturadas para que não onerem de forma injustificada e desproporcional aqueles que precisarão cumpri-las.

O Banco Mundial define qualidade regulatória como “a capacidade dos governos em formular políticas e regulações que permitam e promovam o desenvolvimento do setor privado”. Qualidade regulatória é um dos componentes de governança, sendo definida como o conjunto de “tradições e instituições pelas quais a autoridade em um país é exercida”. Na prática, a qualidade regulatória é avaliada a partir de percepções não apenas sobre o processo de elaboração, implementação e fiscalização de atos normativos primários (leis) e secundários (regulamentos), mas também do perfil de investimento, taxaço e subsídios e política de preços.

A OCDE trabalha com uma definição um pouco mais restrita de qualidade regulatória – voltada exclusivamente para regulação como “[...] intervenção intencional e direta exercida por atores do setor público nas atividades econômicas de atores do setor privado – incluindo definição de padrões, monitoramento e sanção” (KOOP; LODGE, 2017, p. 10). Qualidade regulatória estaria, assim, diretamente ligada ao processo de concepção e elaboração deste conjunto de regras ou intervenções materializadas como regras (OCDE, 2008).

Embora a agenda de melhoria ou qualidade regulatória tenha ganhado destaque nos últimos anos, falta, em especial junto ao direito público brasileiro, ambiência mais confortável ao uso de evidências empíricas e ao manejo de argumentos que ultrapassem o estilo “narrativo” clássico do operador institucional do direito público (MENDONÇA, 2014).

### 1.3 CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

As infraestruturas são consideradas críticas quando fornecem serviços básicos para a manutenção das atividades econômicas e a dinâmica cotidiana das cidades. Infraestruturas como sistemas de energia, gás, água, transporte e comunicação são bons exemplos de infraestruturas críticas indispensáveis à sobrevivência nas grandes aglomerações urbanas.

Embora cada uma dessas infraestruturas tenha suas próprias fragilidades intrínsecas, sua vulnerabilidade é potencializada por sua interdependência mútua com outros sistemas. Por exemplo, a prestação de serviços de saúde depende da rede de transporte, que por sua vez depende da disponibilidade de combustível/energia. O transporte público possibilita que os profissionais da linha de frente e da retaguarda do sistema de saúde pública possam exercer sua atividade-fim de mitigar os danos causados pela pandemia.

Assim, estes sistemas estão cada vez mais suscetíveis a falhas devido aos altos níveis de complexidade inerentes à concepção de seus sistemas, interdependência e conexão rígida, com poucas redundâncias e *backups*. A falha em uma infraestrutura pode se espalhar rapidamente e causar uma falha grave em outro sistema. Identificar e quantificar as causas e consequências das interrupções é muitas vezes difícil e problemático.

O transporte público é a espinha dorsal das cidades, fundamental para a viabilidade de cidades mais resilientes às catástrofes climáticas, permitindo a rápida recuperação da normalidade, prevenindo ou reduzindo os danos da poluição do ar, retirando parte da contribuição dos veículos particulares e impulsionando as economias locais, gerando emprego e renda. Também ganhou relevância durante a pandemia por ser um serviço essencial para a sociedade em geral, por manter em movimento as atividades consideradas essenciais e pela preocupação dos gestores públicos em ser um meio potencial para a propagação do vírus.

Os ônibus são equipamentos que compõem o sistema de mobilidade pública e têm por finalidade social transportar coletivamente grupos de pessoas para realizarem tarefas relacionadas ao trabalho, lazer, consumo e outros afazeres da vida moderna. Portanto, os mesmos cumprem uma função social essencial, tanto nos sistemas produtivos como no de circulação e consumo de bens e serviços, âmbitos em que se percebe claramente seu papel de grande indutor e dinamizador da economia. Sua importância elevou-se em tempos de pandemia, uma vez que cumpre papel importante no deslocamento das pessoas aos centros médicos e hospitalares.

A segurança é um requisito indispensável para as operações rodoviárias de passageiros, expressos nos regulamentos dos serviços de transporte interestadual:

**Artigo 15** - Os serviços deverão atender de forma qualitativa e quantitativa seus mercados e, para verificação desse atendimento, o Departamento de Estradas de Rodagem DER procederá ao controle permanente de sua qualidade e ao exame dos dados estatísticos referentes aos horários realizados.

§ 1.º - Considerar-se-á qualitativamente atendido um mercado de transporte quando, observadas as características do serviço, sua execução se processar sob condições de conforto, higiene,

regularidade, pontualidade e **segurança**, verificadas por meio das seguintes normas

**Artigo 30** - É assegurado ao usuário dos serviços rodoviários de transporte coletivo de passageiros o direito de:

I - ser transportado em condições de **segurança**, higiene e conforto, do início ao término da viagem;[...]

Até então, os acidentes rodoviários eram considerados o ponto focal no critério de avaliação da segurança das operações rodoviárias de transporte de passageiros (SILVA, 2020), tradicionalmente associados a fatores como más condições de vias, deficiência de manutenção do veículo e, sobretudo, falhas humanas. Contudo, a partir de 2020, estabeleceu-se um novo referencial até então inexistente para a segurança nas operações rodoviárias de passageiros. Com o advento da pandemia, surge um novo paradigma até então inexistente para a segurança nas operações rodoviárias de transporte de passageiros, sobretudo na resiliência das grandes cidades, que consiste em como manter a mobilidade de massa nos grandes centros urbanos e realizar a manutenção de um sistema tão vital para as grandes metrópoles diante de eventos epidemiológicos de grande magnitude.

Portanto, o risco biológico ou sanitário passou a ser o ponto focal na avaliação de riscos operacionais pela dimensão de grande impacto ou catastrófica para o sistema, conforme dito anteriormente no contexto e descrição do problema deste estudo. O surto de doença respiratória COVID-19 (provocado pelo novo coronavírus) foi detectado inicialmente na China em novembro de 2019 e no Brasil teve primeiro caso em fevereiro de 2020, levando milhares de pessoas a óbito no mundo. Dadas a sua velocidade de disseminação, severidade e dificuldades para a contenção, a Organização Mundial da Saúde (OMS) elevou a doença ao *status* de pandemia em 11 de março de 2020.

A *Occupational Safety and Health* (OSHA) elaborou uma classificação de graus de risco à exposição, considerando as funções desempenhadas pelos trabalhadores:

- I. **Risco muito alto de exposição:** aqueles com alto potencial de contato com casos confirmados ou suspeitos da COVID-19 durante procedimentos médicos, laboratoriais ou *post mortem*, tais como: médicos, enfermeiros, dentistas, paramédicos, técnicos de enfermagem, profissionais que realizam exames ou coletam amostras e aqueles que realizam autópsias.
- II. **Risco alto de exposição:** profissionais que entram em contato com casos confirmados ou suspeitos da COVID-19, tais como: fornecedores de insumos de saúde; profissionais de apoio que entrem nos quartos ou ambientes onde estejam ou estiveram presentes

pacientes confirmados ou suspeitos; profissionais que realizam o transporte de pacientes, como ambulâncias; profissionais que trabalham no preparo dos corpos para cremação ou enterro.

- III. **Risco mediano de exposição:** profissionais que demandam o contato próximo (menos de dois metros) com pessoas que podem estar infectadas com o novo coronavírus (SARS-coV-2), mas que não são consideradas casos suspeitos ou confirmados; profissionais que têm contato com viajantes que podem ter retornado de regiões de transmissão da doença (em áreas sem transmissão comunitária); profissionais que têm contato com o público em geral (escolas, ambientes de grande concentração de pessoas, grandes lojas de comércio varejista), em áreas com transmissão comunitária.
- IV. **Risco baixo de exposição:** aqueles que não requerem contato com casos suspeitos, reconhecidos ou que poderiam vir a contrair o vírus; profissionais que não têm contato, a menos de dois metros, com o público; profissionais com contato mínimo com o público em geral e com outros trabalhadores.

Diante deste cenário, verificamos que a setor de transporte de passageiros, além de ser fortemente impactado pela quase paralisação das atividades econômicas causando a redução drástica de demanda, assumiu em alguns momentos da crise sanitária o papel de “vilão” por ser considerado um potencial meio de propagação do vírus, pois, tem como característica intrínseca o agrupamento de pessoas na execução das operações de transporte, ainda mais por ser o modal de transporte que tem maior relevância para a mobilidade dos grandes fluxos de massa populacional das médias e grandes cidades.

A partir daí o núcleo central do ecossistema que envolve o serviço de transporte rodoviário de passageiros (usuários, operadores e órgão regulamentador) enfrenta enorme desafio diante da emergência de saúde pública decorrente da COVID-19, demandando a tomada de decisões estratégicas e ações rápidas para a mitigação dos danos, sobretudo a preservação de vidas humanas e da minimização dos impactos nas atividades econômicas.

A pandemia estabeleceu uma dicotomia/antagonismo com o sistema de transporte de passageiros, posto que esses sistemas foram concebidos para promover a mobilidade das pessoas em grupos/aglomerações. Nenhum sistema de transporte de massa consegue manter a sustentabilidade/equilíbrio financeiro das operações quando passamos a considerar as recomendações de distanciamento social que limitam a capacidade de ocupação nos veículos e ampliam a oferta de viagens.

A Constituição Federal vigente, em seu artigo 30, inciso V, reconhece que transporte público ou coletivo é um serviço essencial e de interesse local, portanto, não deve sofrer discontinuidades em suas operações, visto que eles atendem aos trabalhadores que atuam em serviços essenciais e que atuaram na linha de frente no combate à pandemia, como os profissionais da área de saúde.

### **1.3.1 O Entendimento dos Riscos e Impactos Associados à Pandemia**

A pandemia evidenciou a natureza cada vez mais complexa e sistêmica dos riscos. Os impactos diretos e indiretos da pandemia revelaram e reforçaram vulnerabilidades inerentes a sistemas, fronteiras e escalas sociais. No final de novembro de 2021, foram confirmados mais de 261 milhões de casos e pelo menos 5,2 milhões de mortes de acordo com a OMS, tornando a pandemia uma das mais mortais da história da humanidade.

No entanto, a pandemia foi muito mais além de uma crise de saúde, estendendo seus impactos em várias cadeias produtivas e afetando economias inteiras. Os impactos revelaram vulnerabilidades inerentes a todas as sociedades e revelaram grandes deficiências nas iniciativas de prevenção, preparação e resposta em escala local, regional e global. Além dos efeitos diretos na saúde, as intervenções tomadas para conter a propagação da doença e proteger grupos de risco, como fechamento de escolas e empresas, ordens de permanência em casa ou restrições de viagem (*lockdowns*), levaram a graves impactos em cascata em setores e sistemas interconectados.

Assim, os efeitos da pandemia não só foram sentidos localmente, mas como resultado das interconectividades globais e interdependências de sistemas/setores, levaram a efeitos em cascata em várias partes do mundo. Um estudo recente realizado pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNDRR) identificou as principais características que determinam os riscos associados à pandemia, tais como: interdependência, interconectividade e efeitos em cascata, relações não lineares, ciclos de *feedback*, pontos de inflexão, ausência de percepção, incertezas e evento dinâmico. Combinadas, essas características confirmam a natureza sistêmica dos riscos associados à doença. Compreender os riscos no contexto da pandemia requer, portanto, uma perspectiva sistêmica.

A Figura 2 fornece uma compreensão genérica dos riscos associados à COVID-19 em uma perspectiva sistêmica ilustrando como os efeitos, juntamente com processos de tomada de decisão e outros fatores, contribuem para a vulnerabilidade e elevação dos riscos.



abrangentes de gerenciamento de risco consistem em um portfólio de intervenções específicas de gerenciamento de risco (incluindo planos e protocolos de contingência específicos), medidas sistêmicas (estrutura do sistema de direcionamento e fatores de vulnerabilidade) e considerações de governança.

### **1.3.2 O Impacto da Pandemia no Transporte Público Intermunicipal de Passageiros**

O impacto decorre principalmente da diminuição das receitas, visto que o sistema de transporte intermunicipal do Estado de São Paulo é autofinanciado pela tarifa, ou seja, é integralmente dependente do passageiro pagante e também devido aos custos adicionais necessários para medidas adicionais não previstas inicialmente, como desinfetar e implementar medidas de distanciamento social em veículos de transporte e infraestruturas de apoio, aquisição de equipamentos de proteção individual (EPIs), etc.

O fluxo de caixa financeiro é crítico, agora mais do que nunca, para sustentar a capacidade e a entrega dos serviços de transporte de passageiros. Também após a crise sanitária do COVID-19, o apoio financeiro deverá ser alargado aos *stakeholders* do setor de transporte de passageiros, uma vez que isso só ajudará na posterior recuperação econômica. O setor de transporte público avançou na linha de frente para ajudar a combater o coronavírus, apesar da queda de quase 90% no número de passageiros em todo o mundo.

A exemplo do ocorrido em países europeus e asiáticos, pode-se evidenciar o quanto o transporte rodoviário foi impactado pela pandemia e mensurar os impactos econômicos e financeiros da pandemia ocasionados pela acentuada redução de demanda, especificamente apresentamos os dados do setor de transporte intermunicipal no Estado de São Paulo, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Passageiros transportados e número de viagens no transporte intermunicipal do Estado de São Paulo

VIAGENS OFERTADAS (2019-2022)													
ANO 2019	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	154.157	137.613	145.349	138.561	140.530	134.354	139.360	138.484	138.720	137.493	134.619	146.042	1.685.282
SUBURBANO	242.214	226.439	239.500	234.589	243.104	231.183	243.477	239.884	229.861	237.749	228.738	232.922	2.829.660
<b>TOTAL</b>	<b>396.371</b>	<b>364.052</b>	<b>384.849</b>	<b>373.150</b>	<b>383.634</b>	<b>365.537</b>	<b>382.837</b>	<b>378.368</b>	<b>368.581</b>	<b>375.242</b>	<b>363.357</b>	<b>378.964</b>	<b>4.514.942</b>
ANO 2020	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	143.114	130.462	104.970	34.307	46.153	42.140	46.843	52.151	57.596	65.436	68.803	69.638	861.613
SUBURBANO	233.842	222.411	195.955	93.172	96.912	103.529	113.319	113.074	138.699	134.316	127.010	123.155	1.695.394
<b>TOTAL</b>	<b>376.956</b>	<b>352.873</b>	<b>300.925</b>	<b>127.479</b>	<b>143.065</b>	<b>145.669</b>	<b>160.162</b>	<b>165.225</b>	<b>196.295</b>	<b>199.752</b>	<b>195.813</b>	<b>192.793</b>	<b>2.557.007</b>
ANO 2021	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	73.546	61.789	56.214	52.534	57.989	58.919	65.770	67.422	69.813	75.707	79.306	90.025	809.034
SUBURBANO	108.486	93.190	99.405	98.522	104.840	121.430	108.995	110.253	117.234	120.868	116.025	156.651	1.355.899
<b>TOTAL</b>	<b>182.032</b>	<b>154.979</b>	<b>155.619</b>	<b>151.056</b>	<b>162.829</b>	<b>180.349</b>	<b>174.765</b>	<b>177.675</b>	<b>187.047</b>	<b>196.575</b>	<b>195.331</b>	<b>246.676</b>	<b>2.164.933</b>
ANO 2022	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	87.241	77.134	83.106	85.944	86.947	34.816	-	-	-	-	-	-	455.188
SUBURBANO	148.844	147.525	162.380	151.645	153.433	93.770	-	-	-	-	-	-	857.597
<b>TOTAL</b>	<b>236.085</b>	<b>224.659</b>	<b>245.486</b>	<b>237.589</b>	<b>240.380</b>	<b>128.586</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.312.785</b>
PASSAGEIROS TRANSPORTADOS (2019-2022)													
ANO 2019	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	4.263.533	3.372.520	3.862.114	3.795.291	3.676.809	3.526.876	3.711.074	3.635.213	3.658.713	3.868.999	3.744.325	4.380.475	45.495.942
SUBURBANO	6.571.281	6.196.058	6.612.974	6.839.457	7.067.555	6.415.799	6.267.785	6.758.761	6.454.533	6.857.446	6.324.307	6.087.507	78.453.463
<b>TOTAL</b>	<b>10.834.814</b>	<b>9.568.578</b>	<b>10.475.088</b>	<b>10.634.748</b>	<b>10.744.364</b>	<b>9.942.675</b>	<b>9.978.859</b>	<b>10.393.974</b>	<b>10.113.246</b>	<b>10.726.445</b>	<b>10.068.632</b>	<b>10.467.982</b>	<b>123.949.405</b>
ANO 2020	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	4.093.393	3.392.919	2.226.695	389.862	485.169	656.489	839.801	1.045.817	1.341.475	1.627.696	1.624.127	1.851.125	19.574.568
SUBURBANO	5.662.989	5.589.258	4.318.385	1.267.527	1.471.467	1.845.071	2.115.588	2.287.177	2.742.025	3.056.711	2.932.301	2.817.075	36.105.574
<b>TOTAL</b>	<b>9.756.382</b>	<b>8.982.177</b>	<b>6.545.080</b>	<b>1.657.389</b>	<b>1.956.636</b>	<b>2.501.560</b>	<b>2.955.389</b>	<b>3.332.994</b>	<b>4.083.500</b>	<b>4.684.407</b>	<b>4.556.428</b>	<b>4.668.200</b>	<b>55.680.142</b>
ANO 2021	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	1.717.025	1.328.839	1.048.333	987.818	1.312.885	1.331.367	1.604.081	1.695.823	1.888.437	1.985.836	2.164.198	2.675.311	19.739.953
SUBURBANO	2.010.036	1.923.928	1.725.174	1.705.538	2.084.210	2.078.220	2.288.225	2.585.745	2.614.792	2.647.620	2.796.788	3.680.974	28.141.250
<b>TOTAL</b>	<b>3.727.061</b>	<b>3.252.767</b>	<b>2.773.507</b>	<b>2.693.356</b>	<b>3.397.095</b>	<b>3.409.587</b>	<b>3.892.306</b>	<b>4.281.568</b>	<b>4.503.229</b>	<b>4.633.456</b>	<b>4.960.986</b>	<b>6.356.285</b>	<b>47.881.203</b>
ANO 2022	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
RODOVIÁRIO	2.363.045	2.065.373	2.449.778	2.664.647	2.581.910	852.981	-	-	-	-	-	-	12.977.734
SUBURBANO	3.297.285	3.553.938	4.215.350	3.870.263	4.227.075	2.177.642	-	-	-	-	-	-	21.341.553
<b>TOTAL</b>	<b>5.660.330</b>	<b>5.619.311</b>	<b>6.665.128</b>	<b>6.534.910</b>	<b>6.808.985</b>	<b>3.030.623</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>34.319.287</b>

Fonte: O Autor (2022).

A fim de mitigar essas consequências sociais, econômicas e financeiras, bem como estimular a continuidade do serviço, medidas excepcionais foram necessárias, tomadas de decisão em momento apropriado e implementação das ações decorrentes dos planejamentos e estudos desenvolvidos. Assim, a utilização de ferramentas apropriadas para a gestão de riscos torna-se elemento importante neste processo. Um conjunto de medidas preventivas e mitigadoras foram implementadas pela Agência Reguladora com base no desenvolvimento da *Bowtie* e foram continuamente revisadas a medida do compartilhamento de informações e melhores práticas adotadas para proteger funcionários e passageiros para manter a sustentabilidade das operações do sistema de transporte intermunicipal de passageiros.

## 1.4 OBJETIVOS

Para a realização da pesquisa, esta dissertação definiu os objetivos geral e específicos apresentados a seguir.

### 1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o processo de melhoria da performance regulatória (*better regulation*) e governança das Agências Reguladoras, demonstrando a importância da avaliação de riscos no ambiente regulatório e a aplicabilidade no processo de avaliação de riscos das operações rodoviárias de transporte público no contexto da crise sanitária ocasionada pela Pandemia de COVID-19, numa abordagem que busca demonstrar a conformidade e a eficácia do uso de ferramentas e técnicas de avaliação de riscos para as atividades finalísticas de uma Agência Reguladora.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Para o alcance do objetivo geral, definimos alguns objetivos específicos para este trabalho, conforme a seguir:

- Realizar uma revisão bibliográfica, identificando as metodologias e a evolução das estruturas regulatórias existentes;
- Propor uma complementação da estrutura regulatória que incorpora sistematicamente os processos de avaliação de riscos no âmbito da Análise de Impacto Regulatório;
- Descrever as etapas básicas da avaliação de risco incorporadas ao *framework* regulatório;
- Aplicar a metodologia *Bowtie* (BTA) como ferramenta viável para análise dos riscos operacionais, construindo um diagrama para um problema crítico identificado na prestação do serviço público de transportes intermunicipal de passageiros.
- Estabelecer uma abordagem válida e estruturada para definir perigos, principais eventos, ameaças e consequências, estabelecer critérios para barreiras e controles de degradação ligados a fatores de degradação.
- Fornecer orientação de como as *Bowties* podem ser utilizadas para uma análise de riscos eficaz subsidiando a tomada de decisões sob intervenções regulatórias.

## 1.5 JUSTIFICATIVAS

Um objetivo importante da política pública é melhorar o bem-estar dos cidadãos. Mas, para que os governos maximizem o valor público de suas iniciativas, é importante que sua ação seja direcionada e eficaz e que os benefícios para a sociedade sejam superiores aos custos. Uma abordagem coerente da regulamentação exige que os tomadores de decisão tenham informações sobre quais são esses custos e benefícios e quais podem ser os efeitos não intencionais das decisões para outras áreas da política do governo (OCDE, 2009).

Jacobs (1997) afirma que a Avaliação de Impacto Regulatório (AIR), em essência, objetiva alargar o horizonte do regulador e tornar mais claros os fatores que influenciam a tomada de decisão. De forma implícita, a AIR dificulta a missão do regulador, na medida em que o foco é deslocado da busca desenfreada da solução de um problema específico para um modo de pensar que leva em consideração o equilíbrio entre os problemas, vis-à-vis objetivos econômicos relacionados à distribuição de riqueza e bem-estar social. Para o autor, a adoção da AIR fortalece a governança regulatória, melhora os mecanismos de consulta e de transparência no processo de regulação e promove uma maior responsabilização do agente público.

A importância da eficiência regulatória foi corroborada pela OCDE, conforme aduzido pelo Relatório sobre Reforma Regulatória (OCDE, 2008, p. 8):

O Brasil ainda precisa melhorar sua capacidade de regular com qualidade e aumentar a transparência e responsabilização para uma efetiva governança pública. A escolha correta do equilíbrio entre independência e responsabilização ao mesmo tempo que se delegam competências regulatórias reflete as escolhas estratégicas de políticas públicas. Enquanto o principal foco inicial era a privatização e o equilíbrio do orçamento público, hoje em dia as questões referentes ao desenho institucional estão recebendo mais atenção, junto com a necessidade de estabelecer uma política regulatória ampla de governo.

Ao se implantar um modelo de avaliação de impacto regulatório padronizado e sistemático, o processo de escolhas regulatórias adquire maior neutralidade e objetividade, contribuindo para a formação de uma cultura de permanente avaliação das alternativas regulatórias.

Neste contexto, a AIR tem grande potencial para se tornar um importante instrumento para garantir a governança das Agências Reguladoras, fortalecendo os seus laços com a sociedade e principalmente, alcançando a legitimidade como instituições autônomas e técnicas.

Um sistema bem estruturado de AIR pode auxiliar a promover a coerência das políticas, tornando transparentes as compensações inerentes às propostas de regulamentação,

identificando quem provavelmente se beneficiará da distribuição dos impactos da regulamentação e como a redução de riscos em uma área pode criar riscos para outra área do governo. A AIR aprimora o uso de evidências na formulação de políticas e reduz a incidência de falha regulatória decorrente da regulamentação onde não há motivo para fazê-lo ou há falha na regulamentação quando há uma necessidade clara (OCDE, 2009).

A implementação da AIR é um objetivo de longo prazo que pode ser auxiliado pela implementação de estruturas sistêmicas e suporte analítico. O desafio de obter coerência política está se tornando mais complexo em uma economia mais interdependente e globalizada, à medida que cada vez mais os governos precisam gerenciar as implicações intersetoriais dos eventos globais sobre questões de política doméstica. Em 2009, a crise econômica global e as consequências das mudanças climáticas aumentaram a exigência das capacidades dos governos para elaborar respostas efetivas, levando em consideração as incertezas e as compensações envolvidas e, à medida que os eventos se desenrolam, é provável que sejam necessárias soluções políticas mais dinâmicas no futuro. Diante dessa complexidade, mais do que nunca, os processos de boa governança são importantes para ajudar os governos a apoiar uma cultura administrativa bem estruturada que considere as consequências das opções políticas e identifique soluções públicas que promovam os aspectos econômicos, ambientais e sociais em metas de bem-estar que atendem aos interesses dos cidadãos (OCDE, 2009).

A formulação de políticas baseada em evidências pode ser aplicada para melhorar o desenho e a coerência das políticas. No entanto, eles não são exaustivos, a exemplo de pesquisas adicionais sobre o uso de estratégias de avaliação e gerenciamento de riscos na regulamentação para melhorar o *design* e o uso de modelos de AIR (OCDE, 2009).

Os países-membros da OCDE passaram a reconhecer a importância e a necessidade de políticas eficazes para identificar, medir e responder aos riscos. As Agências Reguladoras lidam permanentemente com riscos em múltiplos domínios de políticas públicas — econômica, financeira, saúde, segurança, meio ambiente e segurança nacional. Com frequência cada vez maior, os agentes públicos enfrentam decisões sobre políticas, programas e serviços em que incertezas futuras são economicamente significativas e inevitáveis; assim sendo, eles precisam avaliar e gerenciar os riscos adequadamente para o desenvolvimento da atividade regulatória alinhada às políticas públicas e decisões equilibradas perante os agentes regulados. Além disso, em um contexto de crescente complexidade e interdependência, eles precisam informar ao público sobre a natureza dos riscos e os *trade-offs* inerentes entre escolhas políticas específicas.

Para fazer frente a estes riscos que mais impactam a sociedade, cada vez mais são exigidas capacidades das Agências Reguladoras para resolução de problemas advindas dos poderes

concedentes. Portanto, a identificação e o tratamento sistemático dos riscos se tornam item complementar às estruturas regulatórias devido ao seu foco em melhorar o desempenho do governo e reduzir os custos de regulamentação.

A gama de respostas políticas ao risco no setor público compreende um quadro amplo que não inclui apenas o gerenciamento ou a análise de risco, mas também analisa como a tomada de decisão relacionada ao risco se desenrola quando vários atores estão envolvidos. Respostas eficazes ao risco requerem coordenação e, possivelmente, harmonização entre diferentes objetivos políticos. Riscos significativos, como os relacionados às mudanças climáticas, terrorismo, segurança cibernética e a resiliência de infraestruturas críticas, exigem esforço coordenado e respostas cada vez mais rápidas das Agências Reguladoras.

O sistema regulatório brasileiro, por meio das Agências Reguladoras, é fortemente cobrado pela sociedade, não diferentemente para as agências que regulam o transporte. A importância nata do sistema de transporte associada à crescente demanda social, visto o expressivo aumento do contingente populacional, torna o sistema de transporte uma infraestrutura importante para a dinâmica social das cidades. Dentre os tantos problemas operacionais, comuns a esses sistemas em qualquer lugar do mundo, destacam-se, historicamente, os acidentes de trânsito envolvendo os veículos utilizados. Estes são mais delicados que problemas de interrupção ou suspensão, também muito comuns, pois, além dos elevados custos financeiros, podem envolver perda de vidas. Consideram-se, assim, os acidentes rodoviários como riscos inerentes ao serviço de transporte, figurando massivamente nos critérios de avaliação de segurança operacional.

Entretanto, com advento da crise sanitária global em 2020, gerada pelo surgimento de síndrome respiratória gerada pelo vírus Sars-CoV-2, ocasionando milhares de mortes pela manifestação da COVID-19; o cenário dos riscos operacionais do sistema público de transporte mudou o foco dos operadores e dos gestores públicos.

Em função das características da pandemia da COVID-19 e das medidas sanitárias adotadas para conter o avanço na contaminação da população em geral, não há dúvidas que, um dos setores mais afetados, foi o sistema de transporte público. É claramente perceptível os efeitos econômicos e sociais adversos da pandemia no transporte público que se estendem para além do desempenho do serviço em si e reverbera em riscos à saúde dos trabalhadores, insolvência financeira dos sistemas de transportes, à desigualdade social e impactos na mobilidade e na resiliência das cidades.

Devido a característica inerente do transporte público em promover a mobilidade das grandes massas populacionais sempre foi uma das principais preocupações sanitárias dos

gestores públicos e autoridades de saúde pública, sobretudo pela dificuldade em assegurar o distanciamento social e controlar as aglomerações, assim como identificar o exato momento em aplicar medidas mais restritivas de circulação das pessoas.

Existem vários fatores que contribuem para tornar os terminais rodoviários e os ambientes internos dos ônibus em um ambiente de alto risco para o contágio pela COVID-19, dentre eles:

- As pessoas estão confinadas em um espaço limitado, onde o risco de contágio aumenta com o nível de ocupação dos passageiros nos veículos e estações (ao longo da pandemia, observou-se veículos lotados durante os horários de pico);
- Pode haver falhas ou ausência de controle na identificação de passageiros que possam estar contaminados;
- A existência de múltiplas superfícies, como assentos, corrimãos, portas e máquinas de bilhetes, que facilmente transferem germes e vírus.

Segundo Bazant *et al.* (2021) a segurança no transporte público estará associada às medidas de prevenção como o uso de máscaras, higienização, operação com as janelas abertas e, em casos em que há maior tempo de permanência, como em linhas pendulares (tempo de viagem), assegurar maior distanciamento entre os passageiros. A segurança no uso do transporte público também é defendida por Qian e Ukkusuri (2021), que indicam que a transmissão direta durante as viagens em sistemas de transporte público pode não constituir uma fonte importante de infecções durante um surto de doença urbana.

Inegavelmente, assim como a atividade econômica, diversos serviços públicos também foram afetados drasticamente pela pandemia, dentre eles, com o devido protagonismo, o setor de transporte público. É difícil hoje dissociar a identificação dos diversos aspectos de risco sanitário nas grandes aglomerações urbanas, sem mencionar o elevado potencial de contágio por síndromes virais no transporte público. Nenhum estudo de avaliação de risco estaria completo sem esse importante fator. Porém, a comunidade científica ainda constrói conhecimento sobre os meios de controle da pandemia nos mais diversos setores econômicos e vislumbra-se nesta pesquisa a oportunidade de agregar conhecimento e aplicações práticas da utilização de ferramentas de gestão de riscos neste processo de identificação e análise dos possíveis caminhos para a materialização de um evento de risco de elevada magnitude para a sociedade e tão indesejável no contexto das operações rodoviárias de transporte de passageiros, tornando o presente tema necessário ao ecossistema regulatório e continuidade da prestação do serviço.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa foi estruturada da seguinte forma: O capítulo 1 apresenta elementos básicos da pesquisa científica, como justificativa, relevância, objetivos do trabalho, contexto e descrição do problema estudado. O capítulo 2 aborda a base conceitual e a revisão da literatura explorando a metodologia de Análise de Impacto Regulatório (AIR), as estruturas de gestão e análise de riscos consolidadas no meio corporativo e amplamente citadas na literatura científica. O capítulo 3 expõe a agregação da abordagem de risco no *framework* da Avaliação de Impacto Regulatório (AIR) e a aplicação da ferramenta *Bowtie* na avaliação dos riscos operacionais do transporte público de passageiros, contextualizado durante a pandemia do COVID-19 (SARS-coV-2). Por fim, os capítulos 4 e 5 apresentam conclusões, reflexões e sugestões para futuros trabalhos na área desta pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentamos as bases teóricas que fundamentaram as análises de dados da presente pesquisa, como estão detalhadas nos subtópicos a seguir.

## 2.1 A ESTRUTURA DA REGULAÇÃO

Avaliando os diversos modelos de gestão adotados no Brasil e em outros países, pode-se considerar que a atuação regulatória pode ser representada por quatro funções principais que estão conectadas e precisam ser trabalhadas transversalmente para superação dos desafios na sua implementação, conforme apresentado no Quadro 3.

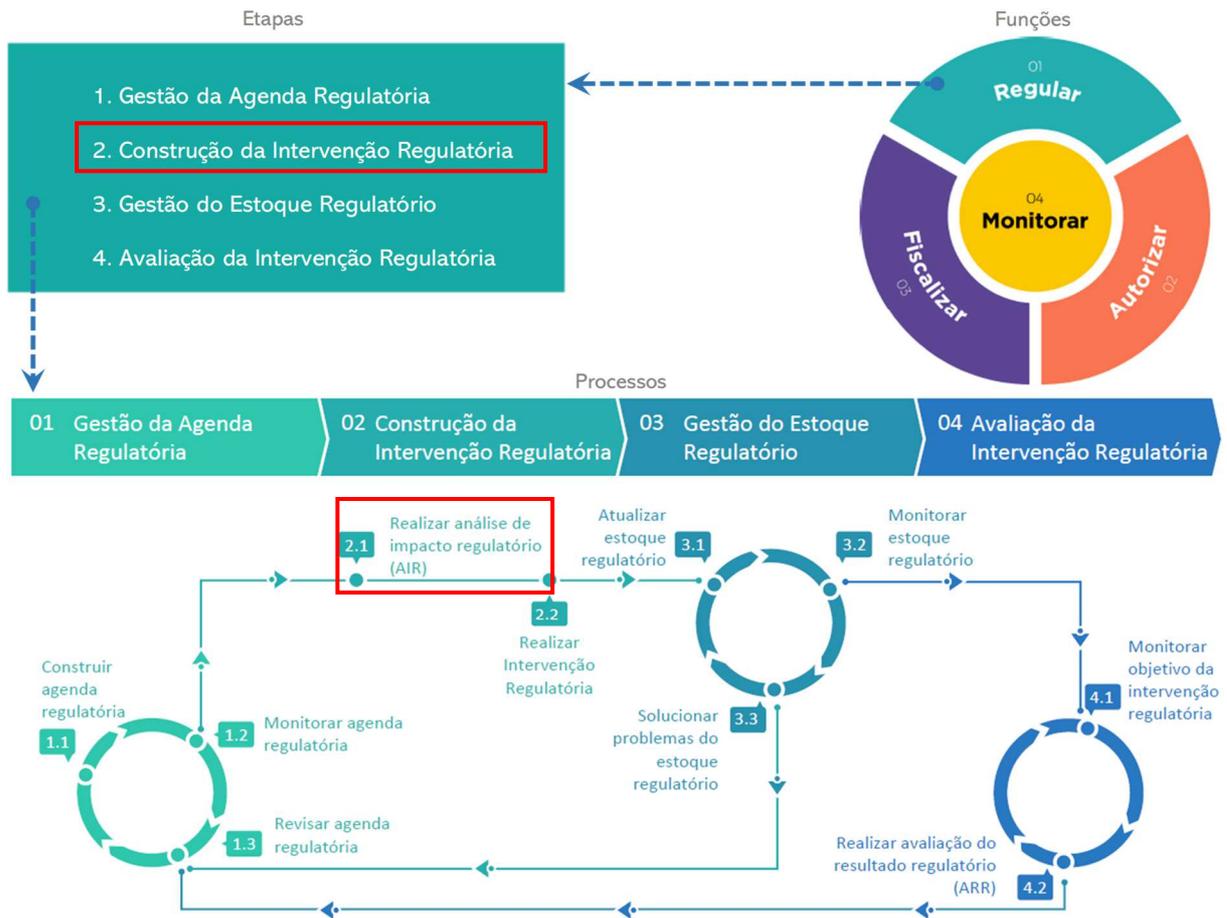
Quadro 3 - Funções do agente regulador

<b>FUNÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>DESAFIOS DE OPERACIONALIZAÇÃO</b>
Regular	Entendimento do problema regulatório e definição da atuação regulatória, estabelecendo o modelo de intervenção ou opção pela não ação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender o problema regulatório;</li> <li>• Definir quando é necessário intervir e no setor regulado;</li> <li>• Buscar convergência nas intervenções no setor regulado;</li> <li>• Conhecer o impacto que a intervenção ou a não ação gerou no setor regulado</li> </ul>
Autorizar	Permissão ao agente público ou privado do direito de atuação no setor regulado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equilibrar o que foi estabelecido nas intervenções regulatórias com a capacidade de operacionalização dos órgãos reguladores;</li> <li>• Permitir, ou não, a entrada um novo player no mercado conhecendo os impactos desta decisão.</li> </ul>
Fiscalizar	Fiscalização baseada em risco do cumprimento das regras, ações e técnicas pelo setor regulado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impossibilidade de fiscalizar tudo o tempo todo</li> <li>• Estabelecer mecanismos efetivos para garantir o cumprimento das regras pelo setor regulado</li> </ul>
Monitorar	Acompanhamento do ambiente interno e externo do ecossistema regulatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estruturar mecanismo inteligente de coleta, tratamento e disponibilização de dados do ecossistema regulatório;</li> <li>• Saber utilizar os dados e informações no processo decisório.</li> </ul>

Fonte: O Autor (2022).

Neste contexto, por força do Decreto nº 10.411, de 30 de junho de 2020, esta atividade passa a ser obrigatória a partir de 15 de abril de 2021 no âmbito das Agências Reguladoras Federais e passa a ser uma tendência, sob o ponto de vista da boa regulação, para as demais esferas de governo. Assim sendo, destaca-se a função Regulatória, que apresenta no processo de construção das intervenções regulatórias a atividade de realizar a Análise de Impacto Regulatório (item 2.1), conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Funções, etapas e processos da regulação com ênfase na AIR



Fonte: Adaptado de Elogroup (2020)

## 2.2 ANÁLISE DO IMPACTO REGULATÓRIO (AIR)

A necessidade de implantação de uma governança regulatória com diminuição das assimetrias informacionais e racionalização da atividade estatal direcionou as Agências Reguladoras para a institucionalização da Análise de Impacto Regulatório (AIR), que vem sendo considerada desde então um dos principais instrumentos voltados à melhoria da qualidade regulatória.

A metodologia consiste num processo sistemático de análise baseado em evidências que busca avaliar, a partir da definição de um problema regulatório, os possíveis impactos das alternativas de ação disponíveis para o alcance dos objetivos pretendidos, tendo como finalidade orientar e subsidiar a tomada de decisão. Como ferramenta de melhoria da qualidade regulatória, proporciona maior fundamentação técnica e analítica ao ente regulador no momento da sua tomada de decisão, especialmente quando esta significa a imposição de regras a serem cumpridas.

Figura 4 - Processos na análise de impacto regulatório



Fonte: Adaptado de Casa Civil (2018)

Sem uma metodologia bem definida, as decisões regulatórias têm grande possibilidade de serem tomadas a partir de informações limitadas e sem considerar de forma adequada quais grupos serão afetados e de que modo estes grupos serão afetados. Assim, a AIR busca quebrar este paradigma e modificar as formas tradicionais de tomada de decisões regulatórias. A simples identificação de um problema não justifica uma intervenção governamental, nem uma mera comparação entre alternativas de intervenção. Primordialmente, a AIR deve buscar entender a natureza e a magnitude do problema regulatório, definir quais os objetivos pretendidos pelo regulador e analisar se algum tipo de intervenção do órgão regulamentador é de fato necessária. Somente após esta reflexão inicial parte-se para a identificação e análise de possíveis alternativas de ação, de modo a permitir que a melhor escolha possível seja feita.

Após o exame de todas as informações e considerações relevantes, a AIR pode inclusive indicar que não regular é a melhor alternativa para o problema em análise. Adicionalmente, a AIR deve apresentar brevemente uma estratégia de implementação da ação recomendada e informar como seus efeitos podem ser monitorados. Deste modo, a AIR contribui não só para a elaboração da regulação, mas também para o restante do ciclo regulatório.

As análises e resultados da Análise de Impacto Regulatório são consubstanciados em um relatório utilizado para consulta pública capaz de comunicar de forma clara e pela gestores das agências para subsidiar a tomada de decisões, propiciando:

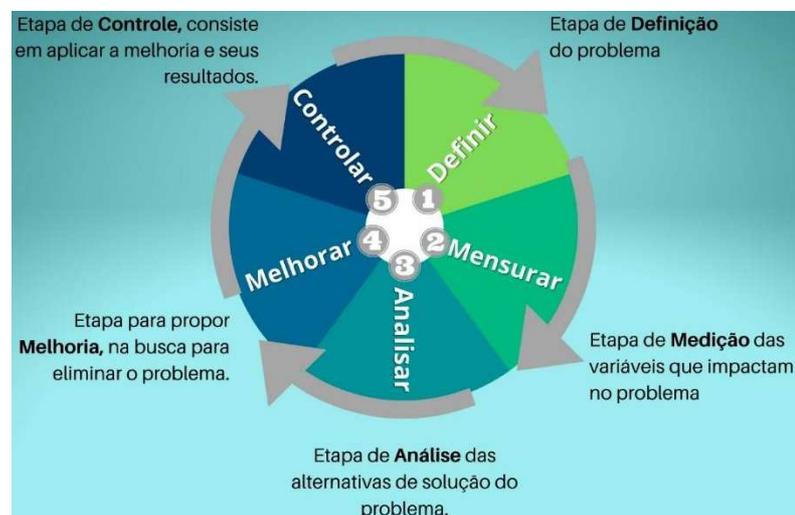
- a) **Para o público em geral:** o problema identificado e a necessidade de intervenção da agência, órgão ou entidade da Administração Pública, os benefícios esperados com a ação recomendada e por que ela foi escolhida frente às demais opções disponíveis e às restrições ou obrigações geradas pela intervenção recomendada e como ela será implementada.

- b) **Para os tomadores de decisão:** ter melhor conhecimento sobre a real necessidade de ação por parte da agência, órgão ou entidade da Administração Pública, distinguir as alternativas de ação possíveis, as vantagens e desvantagens de cada uma e tomar uma decisão melhor embasada e ter maior segurança sobre seus possíveis efeitos.

### 2.3 O CICLO DE PROCESSOS DA AIR

É possível fazer uma associação do ciclo regulatório com a Metodologia Six Sigma e seu Ciclo DMAIC (Definir, Mensurar, Avaliar, Melhorar e Controlar), conforme a Figura 5.

Figura 5 - O ciclo de análise de impacto regulatório e analogia ao ciclo DMAIC



Fonte: Adaptado de Hirayama (2020)

A metodologia Six Sigma é uma forma de gerenciamento empresarial extremamente qualificada, eficiente e eficaz que adota como principal mote a correção de defeitos nos processos das organizações e a melhoria e otimização dos mesmos processos por meio do corte de custos desnecessários. Ela se vale principalmente de dados e análises estatísticas para mensurar o nível de qualidade operacional de uma empresa, descobrindo falhas nos seus processos e desenvolvendo soluções que agem diretamente na origem do problema. Inicialmente, essa metodologia costumava ser aplicada somente no setor de manufatura, na fabricação de produtos, mas ao longo do tempo ela evoluiu e atualmente tem presença marcante também no setor de serviços.

Apresenta-se uma descrição das etapas e atividades do ciclo de análise de impacto regulatório e possibilidades de aplicação de metodologias e ferramentas de gestão existentes.

Quadro 4 - Etapas, atividades e ferramentas de apoio no ciclo da análise de impacto regulatório

ETAPAS	ATIVIDADES	FERRAMENTAS DE AUXÍLIO
<b>D</b> DEFINIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definição do problema;</li> <li>Definição das consequências do problema;</li> <li>Definição das causas do problema;</li> <li>Definição dos agentes afetados pelo problema;</li> <li>Definição preliminar do objetivo que se almeja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pensamento Sistêmico;</li> <li>Técnica dos 5 Porquês;</li> <li>Espinha de Peixe (Diagrama de Ishikawa);</li> <li>Tempestade de Ideias (Brainstorming);</li> <li>Consulta aos agentes afetados;</li> <li>Mapeamento das atividades (ref. ao problema);</li> <li>Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos;</li> <li>Árvore de Problemas;</li> <li>Árvore de Falhas;</li> <li>Método Bow-tie;</li> </ul>
<b>M</b> MENSURAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir a frequência em que ocorre problema;</li> <li>Medir a extensão/magnitude do problema (onde ele ocorre);</li> <li>Medir os impactos gerados pelo problema nos grupos afetados;</li> <li>Medir qual seria a evolução esperada do problema no futuro, caso nada seja feito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise Multicritério;</li> <li>Análise de custos (ex. Modelo de Custo Padrão);</li> <li>Análise de Indicadores-Chave de Desempenho (KPI)</li> <li>Tempestade de Ideias (Brainstorming);</li> <li>Consulta aos agentes afetados;</li> <li>Gráfico de Pareto;</li> <li>Mapeamento das atividades que envolvem o problema.</li> </ul>
<b>A</b> AVALIAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar as instituições competentes para atuar na correção do problema;</li> <li>Analisar as bases legais, recomendações, ou determinações relevantes que tangenciam o problema;</li> <li>Analisar as experiências nacionais e internacionais relacionadas ao problema;</li> <li>Analisar as possíveis alternativas para resolver o problema;</li> <li>Analisar os riscos e os impactos das alternativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise Multicritério;</li> <li>Análise de custo;</li> <li>Análise de custo-benefício;</li> <li>Análise de custo-efetividade;</li> <li>Análise de Risco;</li> <li>Análise Risco-Risco.</li> </ul>
<b>I</b> MELHORAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar o tratamento dos riscos associados à implementação da ação;</li> <li>Considerar a necessidade de um período de transição ou adaptação dos atores impactados;</li> <li>Considerar os esforços de monitoramento e fiscalização da alternativa;</li> <li>Definir indicadores de acompanhamento;</li> <li>Considerar eventuais adaptações necessárias nos processos/sistemas de informática existentes;</li> <li>Considerar a necessidade de novas informações dos agentes;</li> <li>Considerar um prazo para reavaliação da alternativa escolhida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Testes de Hipótese;</li> <li>Pensamento Sistêmico;</li> <li>Tempestade de Ideias (Brainstorming);</li> <li>Análise de Risco.</li> </ul>
<b>C</b> CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atuar conforme estratégia e planos de ação estabelecidos;</li> <li>Manter os resultados obtidos;</li> <li>Promover novas análises sempre que necessário;</li> <li>Preparar novo ciclo DMAIC caso outros problemas sejam identificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e acompanhamento de Indicadores-Chave de Desempenho (KPI)</li> <li>SMART – specific, measurable, attainable, relevant e time-bound (específico, mensurável, atingível, relevante e temporizável)</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hirayama (2020)

## 2.4 ABRANGÊNCIA E APLICABILIDADE DA AIR

Cada vez mais, a AIR está sendo usada como uma ferramenta de política iterativa para disseminar informações dentro da Administração Pública sobre os prováveis custos e benefícios das abordagens de políticas e para melhorar cada vez mais o desenvolvimento da política regulatória. Nos governos dos países-membros da OCDE, as metodologias de AIR continuam a evoluir mediante os desafios impostos à sua implementação. Alguns refinamentos dos modelos podem ser observados com uma ênfase maior em desafios mais técnicos, como avaliação de riscos e desenvolvimento de métodos para estimar quantitativamente custos e benefícios. A experiência no uso da AIR em certos setores regulatórios está se expandindo. Os países sem histórico de sistemas formalizados de gerenciamento regulatório estão começando a usar a AIR de maneira incremental e básica para melhorar o desenho normativo e regulatório, melhorando gradualmente a incorporação da tomada de decisão baseada em evidências no desenvolvimento de políticas (OCDE, 2009).

A Análise de Impacto Regulatório (AIR) como uma ferramenta de garantia de qualidade regulamentar é agora usada por quase todos os países da OCDE, pela Comissão Europeia e em muitos países em transição. A história da AIR se estende por mais de 25 anos em alguns países membros, sendo substancialmente mais recente em outros. Em todos os casos, práticas e abordagens metodológicas continuam a evoluir, refletindo o aprendizado contínuo de políticas e o acúmulo de experiência prática na implementação da AIR em uma variedade cada vez maior de países.

A AIR deve ser realizada sempre que a Agência Reguladora, órgão ou entidade da Administração Pública identificar um problema regulatório que possa demandar a adoção ou alteração de atos normativos ou algum outro tipo de ação com potencial de influir sobre os direitos ou obrigações dos agentes econômicos, de consumidores ou dos usuários dos serviços prestados pelas empresas do setor regulado. Guardando os princípios da racionalidade e proporcionalidade, a realização da AIR não é aplicável nos seguintes casos:

- I. atos normativos de natureza administrativa cujos efeitos sejam restritos à própria Agência Reguladora, órgão ou entidade;
- II. atos normativos de efeitos concretos, voltados a disciplinar situação específica e que tenham destinatários individualizados;
- III. atos normativos que visam à correção de erros de sintaxe, ortografia, pontuação, tipográficos, de numeração de normas previamente publicadas;

- IV. atos normativos que visam consolidar outras normas sobre determinada matéria, sem alteração de mérito; e
- V. atos normativos que visam à revogação ou atualização de normas obsoletas, sem alteração de mérito.

A realização da AIR poderá ser dispensada mediante decisão justificada do Conselho Diretor ou da Diretoria Colegiada da Agência Reguladora ou da(s) Autoridade(s) Decisória(s) do órgão ou entidade da Administração Pública, nos seguintes casos:

- I. urgência;
- II. atos normativos voltados a disciplinar direitos ou obrigações definidos em instrumento legal superior, que não permitam a possibilidade de diferentes alternativas regulatórias; e
- III. atos normativos de notório baixo impacto.

Os atos normativos ou a alteração de atos normativos dispensados de AIR prévia em virtude de urgência deliberada pelo Conselho Diretor ou Diretoria Colegiada da Agência Reguladora ou pela(s) Autoridade(s) Decisória(s) do órgão ou entidade da Administração Pública, ou que forem submetidos à AIR Nível II devem ser objeto de Avaliação de Resultado Regulatório (ARR), com base nos efeitos observados:

- I. no prazo de até 2 anos, a contar da sua entrada em vigor, para os casos de urgência; e
- II. no prazo definido na própria norma, para os casos de AIR Nível II.

Importante lembrar que só é possível avaliar o resultado de uma ação mediante a comparação entre os efeitos previstos e aqueles efetivamente observados após sua implementação. Deste modo, nos casos de urgência em que a AIR for dispensada, deve-se identificar, no momento da elaboração do ato normativo, em nota técnica ou documento equivalente, o problema regulatório que se pretende solucionar e os objetivos que se pretende alcançar, de modo a subsidiar a elaboração futura da ARR.

Para aumentar a transparência e o controle social, as agências, órgãos ou entidades devem manter seu estoque de Relatórios de AIR, bem como a listagem dos casos em que houver dispensa de AIR disponível para a consulta em seus respectivos sítios eletrônicos, garantindo

fácil localização e identificação do conteúdo ao público em geral, ressalvados aqueles de caráter sigiloso.

## 2.5 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO

Existem muitos fatores sistêmicos que influenciam a qualidade da AIR e podem potencialmente prejudicar sua eficácia. Entre esses fatores estão: o desenho de processos e metodologias de AIR; o nível de autoridade formal e apoio político ao processo; e a incorporação de mecanismos específicos de garantia da qualidade.

Em diversos estudos sobre programas de introdução da AIR em países desenvolvidos e em desenvolvimento, são identificados alguns fatores considerados fundamentais para o sucesso desses programas:

- i) suporte político de níveis hierárquicos superiores;
- ii) estabelecimento de um órgão central que promova o uso da AIR, atestando a qualidade do processo como um todo;
- iii) integração da AIR ao processo de desenvolvimento da regulação, desde a sua concepção;
- iv) seleção de metodologias flexíveis e administrativamente viáveis;
- v) desenvolvimento de estratégias de coleta de dados precisos e confiáveis;
- vi) integração de mecanismos de consulta pública eficientes, aumentando a transparência do processo decisório; e
- vii) estabelecimento de um programa intenso e continuado de capacitação dos reguladores.

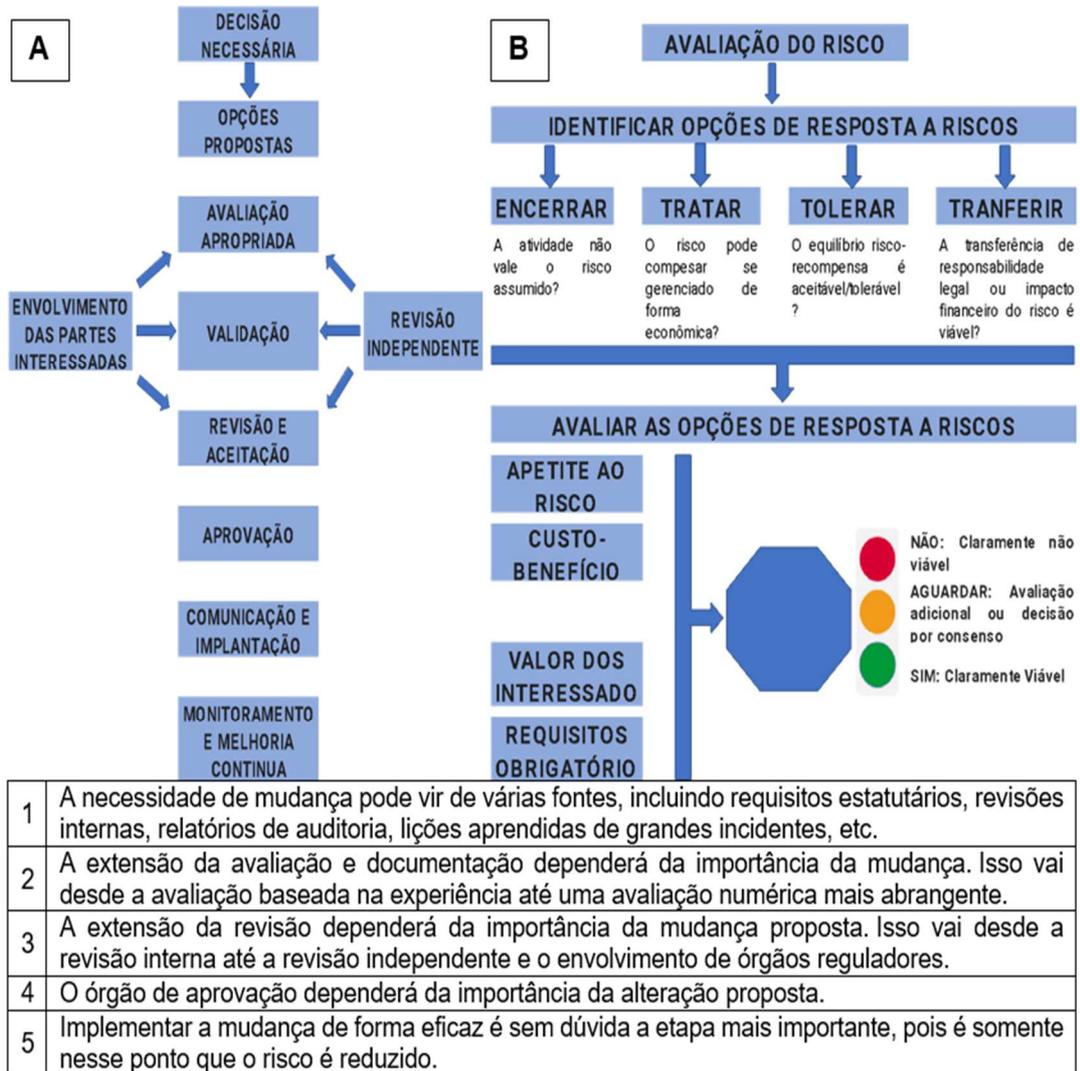
## 2.6 O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO BASEADA EM RISCO

As decisões evoluem pela necessidade de fazermos escolhas, optar por tomar ou não uma ação ou selecionar uma dentre várias opções. As escolhas disponíveis são muitas vezes limitadas por requisitos e objetivos (sociais, técnicos, comerciais, de segurança e ambientais). A tomada de decisão bem-sucedida requer uma compreensão desses muitos requisitos e objetivos, sua importância relativa e como avaliar as opções e tomar a melhor decisão.

Uma estrutura típica para o processo de tomada de decisão é ilustrada na Figura 6 (A). A importância da mudança determina a extensão e a formalidade da avaliação, documentação, revisão, consulta e aprovação. No processo de decisão baseada em risco ilustrada na Figura 6 (B), as etapas gerais do processo de tomada de decisão permanecem as mesmas do modelo

padrão (definir, avaliar e tomar a decisão), no entanto a decisão é tomada por uma compreensão estruturada do equilíbrio risco-recompensa e incertezas.

Figura 6 - Processo de tomada de decisão (A: modelo padrão x B: modelo baseado em risco)



Fonte: Adaptado de Riskworld (2005)

As opções disponíveis são baseadas em uma ou mais estratégias de resposta ao risco (Evitar, Tratar, Tolerar, Transferir). As respostas aos riscos não apenas se concentram na redução da probabilidade de ocorrência, mas também incluem planos de estabilização e recuperação para garantir a continuidade dos negócios, reputação institucional e ainda reduzir o potencial de perda financeira (hedge, seguros, etc.).

A avaliação das opções de resposta aos riscos leva em consideração os custos, benefícios e pontos de vista das partes interessadas, pois algumas respostas ao risco podem não ser rentáveis (o valor de qualquer redução no risco é superado pelo custo do controle), mas podem

ser consideradas por haver requisitos obrigatórios impostos por normas internas ou de autoridades reguladoras externas.

Qualquer decisão requer uma avaliação se o risco “residual” é aceitável, dado o apetite de risco da organização, que, embora difícil de quantificar, é surpreendentemente bem compreendido, ainda que subconscientemente, na maioria das organizações.

### 2.6.1 Definições de Risco e o Princípio ALARP

A equação clássica que define o risco é dada por:

$$R = \sum f(p, C) \quad (1)$$

Onde  $p$  e  $C$  expressam, respectivamente, a frequência e consequência dos eventos indesejados. Os riscos devidos a todos os eventos possíveis podem ser resumidos para todas as situações consideradas na análise. Os resultados da análise de incerteza podem ser apresentados como uma faixa definida pelos limites de confiança superior e inferior e as melhores estimativas. É coerente expressar o risco em função do tempo  $R(t)$  e pode ser denotado como o produto da probabilidade variante no tempo  $p(t)$  e consequência variante no tempo  $C(t)$ :

$$R(t) = \sum \{p(t) \times C(t)\} \quad (2)$$

E ainda o percentual do tempo de mudança do risco pode ser escrito como:

$$\frac{dR(t)}{dt} = \sum \left\{ \frac{dp(t)}{dt} \times C(t) + p(t) \times \frac{dC(t)}{dt} \right\} \quad (3)$$

Portanto, a equação acima mostra que as medidas mais significativas tomadas para reduzir o risco são: reduzir a probabilidade dos eventos de maior consequência e reduzir a consequência dos eventos de maior probabilidade. De forma incremental, o efeito das medidas de redução de risco pode ser expresso como:

$$\frac{dR(t)}{dt} = \sum \left\{ \frac{dp(t)}{dt} \times C(t) + p(t) \times \frac{dC(t)}{dt} \right\} \quad (4)$$

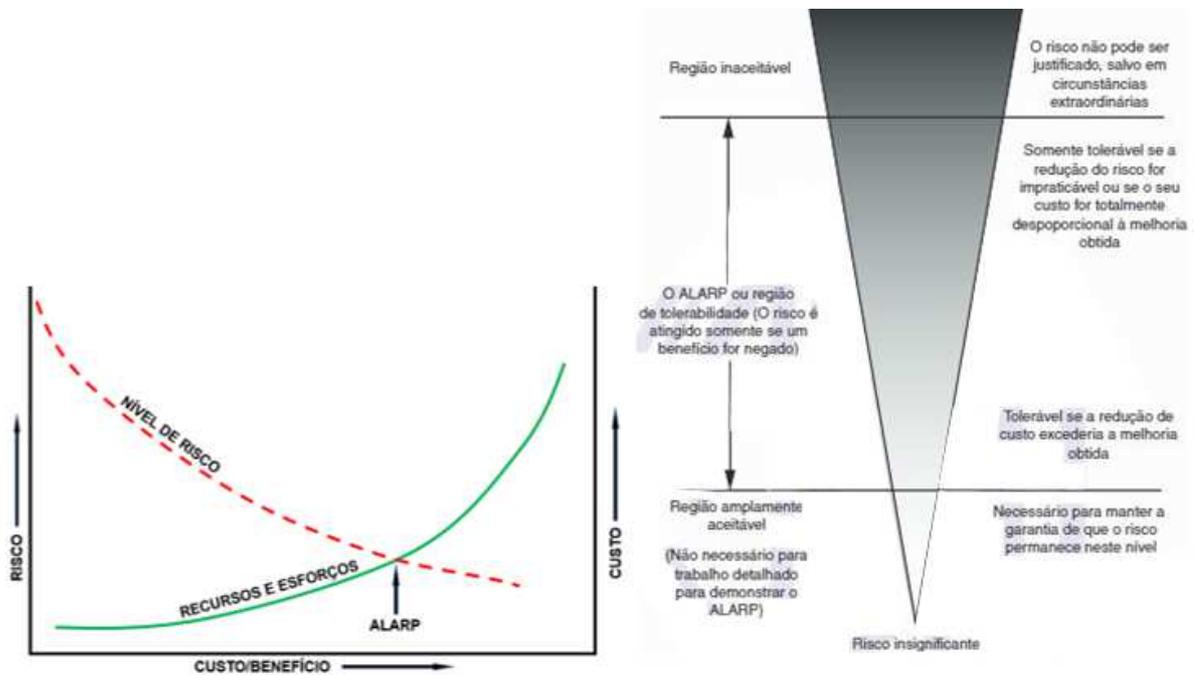
O conceito ALARP surge do sistema britânico de saúde e segurança na década de 1970 e significa “tão baixo quanto razoavelmente praticável”, e é um termo usado para descrever um

nível alvo para reduzir o risco que implementaria medidas de redução de risco, a menos que os custos da redução de risco em tempo, problemas ou dinheiro sejam grosseiramente desproporcionais ao benefício. Na análise de gravata borboleta, é um padrão baseado em desempenho usado para determinar se as barreiras apropriadas foram postas em prática de modo que o risco residual seja reduzido na medida do razoavelmente praticável.

Embora sejam realizados estudos de custo-benefício para se chegar no ponto ótimo (ALARP), é um método considerado subjetivo, pois exige que os titulares do risco e outros envolvidos na atividade exerçam seu julgamento criterioso.

Portanto, o princípio ALARP é representado por um ponto de equilíbrio entre a curva do nível de risco e a curva de recursos e esforços ou ainda por um triângulo que representa o risco cumulativo crescente ao qual os indivíduos estão expostos. Em que, “Razoavelmente praticável” é uma faixa mais estreita do que fisicamente possível. Toda a região entre o risco intolerável (limite de tolerabilidade superior) e o nível de risco insignificante (limite de tolerabilidade inferior) é a região ALARP. No nível ALARP, o problema, o tempo e o custo de uma redução adicional não valem a pena, ou seja, são excessivamente altos. Assim sendo, se o risco estiver um pouco acima do nível ALARP, serão necessárias medidas de redução do risco para trazê-lo ao nível ALARP.

Figura 7 - Princípio ALARP



Fonte: Adaptado de Basu e Debnath (2014)

É desejável que os riscos nas operações do transporte público sejam reduzidos a níveis tão baixos quanto razoavelmente praticáveis, portanto, este princípio auxilia os tomadores de

decisão de medidas regulatórias durante a crise sanitária ocasionada pela pandemia porque reconhece que, embora a redução de risco seja desejável, nem sempre é garantida. A chave para uma avaliação ALARP consistente está na consideração documentada das opções de melhoria, implementadas e desprezadas, em um nível de resolução proporcional à magnitude do risco e do estágio do ciclo de avaliação. Durante as operações de transporte de passageiros, a obtenção de subsídios de campo, o aperfeiçoamento de procedimentos e o gerenciamento das mudanças são necessários para manter o risco residual em um nível aceitável (ALARP), salientando que os parâmetros que estabelecem os níveis ALARP podem se alterar ao longo do tempo, motivando revisões periódicas destes níveis.

### **2.6.2 Estruturas de Gestão e Análise de Riscos**

A gestão de riscos é um elemento fundamental para apoiar os agentes públicos no cumprimento de suas responsabilidades de gerar, preservar e entregar valor público em benefício da sociedade (*accountability*). Assim sendo, as organizações públicas necessitam gerenciar riscos, identificando-os, analisando-os e, em seguida, avaliando se eles devem ser modificados por algum tratamento, de maneira a propiciar segurança razoável para que os objetivos sejam alcançados.

A gestão de riscos corretamente implementada e aplicada de forma sistemática, estruturada e oportuna gera benefícios que impactam diretamente cidadãos e outras partes interessadas da organização ao viabilizar o adequado suporte às decisões de alocação e uso apropriado dos recursos públicos, o aumento do grau de eficiência e eficácia no processo de criação, proteção e entrega de valor público, otimizando o desempenho e os resultados entregues à sociedade.

O desafio da governança nas organizações públicas é determinar quanto risco aceitar na busca do melhor valor para os cidadãos e outras partes interessadas, o que significa prestar o serviço de interesse público da melhor maneira possível, equilibrando riscos e benefícios (INTOSAI, 2007). O instrumento da governança para lidar com esse desafio é a gestão de riscos, um processo estratégico e fundamental para as organizações do setor público, e um componente relevante de seus sistemas de governança (BRASIL, 2014).

Uma gestão de riscos eficaz melhora as informações para o direcionamento estratégico e para as tomadas de decisões de responsabilidade da governança, contribui para a otimização do desempenho na realização dos objetivos de políticas e serviços públicos e, conseqüentemente, para o aumento da confiança dos cidadãos nas organizações públicas, além de prevenir perdas

e auxiliar na gestão de incidentes e no atendimento a requisitos legais e regulamentares (BRASIL, 2014).

Integrar a gestão de riscos como elemento-chave da responsabilidade gerencial, implantar uma abordagem de controle interno baseada no risco e incluir a gestão de riscos nos programas de apoio ao desenvolvimento das competências dos gestores públicos são algumas das recomendações do relatório *Avaliação da OCDE sobre o Sistema de Integridade da Administração Pública Federal Brasileira – Gerenciando riscos por uma administração pública mais íntegra* (OCDE, 2011), que também enfatiza a necessidade de promoção de uma liderança comprometida com a criação de uma cultura de gestão que promova a gestão de riscos como ferramenta estratégica do sistema de governança.

### **2.6.3 As Tradicionais Estruturas de Gestão de Riscos**

Um princípio da gestão de riscos é que ela deve ser feita sob medida, alinhada com o contexto interno e externo da organização e com o seu perfil de riscos. O desenho e a implementação de estruturas e processos de gestão de riscos devem levar em consideração as necessidades específicas da organização em face dos objetivos que dão suporte à sua missão e dos riscos associados, envolvendo aspectos como natureza, complexidade, estratégia, contexto, estrutura, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços ou ativos e práticas empregadas (ABNT, 2009). Neste sentido, elencamos os principais modelos reconhecidos internacionalmente e utilizados pelas organizações para implementar e avaliar a gestão de riscos de forma consistente e sistematizada.

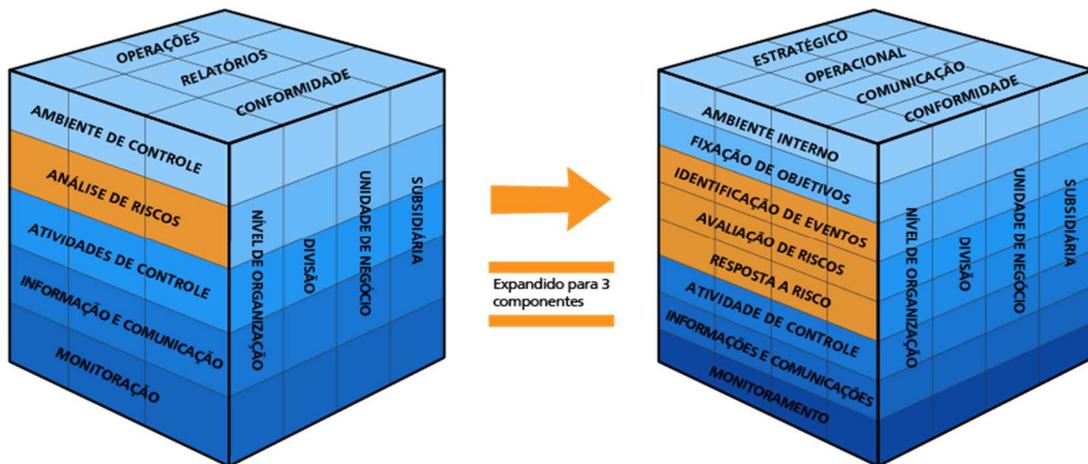
### **2.6.4 COSO - Gestão de Riscos Corporativos**

O *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* (COSO) foi fundado em 1985, nos Estados Unidos, como uma iniciativa independente do setor privado para estudar os fatores que levam a relatórios financeiros fraudulentos com o propósito de desenvolver recomendações para companhias públicas e seus auditores independentes, para a SEC (órgão de regulação equivalente à nossa CVM), para instituições educacionais e outros órgãos reguladores, sendo o modelo de gestão de riscos predominante no cenário corporativo internacional, especialmente na América do Norte. Em 1992, a entidade publica o guia *Internal Control - Integrated Framework* (COSO-IC ou COSO I), com o objetivo de orientar as organizações quanto a princípios e melhores práticas de controle interno, em especial para assegurar a produção de relatórios financeiros confiáveis e prevenir fraudes, fornecendo uma

estratégia de fácil utilização pelas organizações para avaliar e melhorar o gerenciamento de riscos.

Com o advento da globalização, a evolução das tecnologias, as mudanças nos ambientes e complexidades dos negócios e das operações, novas leis e regulamentações impulsionaram a revisão da primeira versão. A versão COSO 2013 – *Internal Control – Integrated Framework* (ICIF) mantém a definição de controles internos com três categorias e cinco componentes de controle interno, passando a considerar as mudanças no ambiente de negócio e operacionais, expandindo os objetivos operacionais e de comunicação, incorporando conceitos fundamentais que envolvem os componentes que foram articulados como princípios e adiciona enfoques e exemplos para as operações, conformidade e objetivos de comunicação não financeiros. O modelo mantém a representação de uma matriz tridimensional em forma de cubo, demonstrando uma visão integrada dos componentes que uma administração precisa adotar para gerenciar riscos de modo eficaz, no contexto dos objetivos e da estrutura em uma organização. Os componentes de gerenciamento de riscos devem também estar presentes e em funcionamento em cada uma dessas áreas, funções e atividades, na proporção requerida pelos seus riscos, com base em julgamento da administração.

Figura 8 - Evolução da estrutura do COSO (1992-2013)



Fonte: Tribunal de Contas da União (TCU, 2021)

Em 2016, o COSO submeteu à consulta pública uma nova revisão deste modelo e publicou em 2017 um novo documento revisado e atualizado, destacando a importância do gerenciamento de riscos na definição e execução da estratégia e no gerenciamento do desempenho organizacional. Com a incorporação dessa perspectiva, o modelo proporciona

maior alinhamento às expectativas em torno das responsabilidades da governança e da alta administração no cumprimento das suas obrigações de *accountability*.

Em 2017, é emitida uma nova versão, COSO ERM – *Integrating with Strategy and Performance*, também denominado como *Framework*, destacando a importância de considerar os riscos tanto no processo de estabelecimento da estratégia quanto na melhoria da performance. O novo modelo melhora o alinhamento da gestão de riscos com a gestão do desempenho, explorando como as práticas de gerenciamento de riscos apoiam a identificação e avaliação de riscos que impactam o desempenho, elevando ao nível de princípio a necessidade de definir variações aceitáveis no desempenho, também denominadas tolerâncias a risco.

Figura 9 - Estrutura do COSO ERM 2017



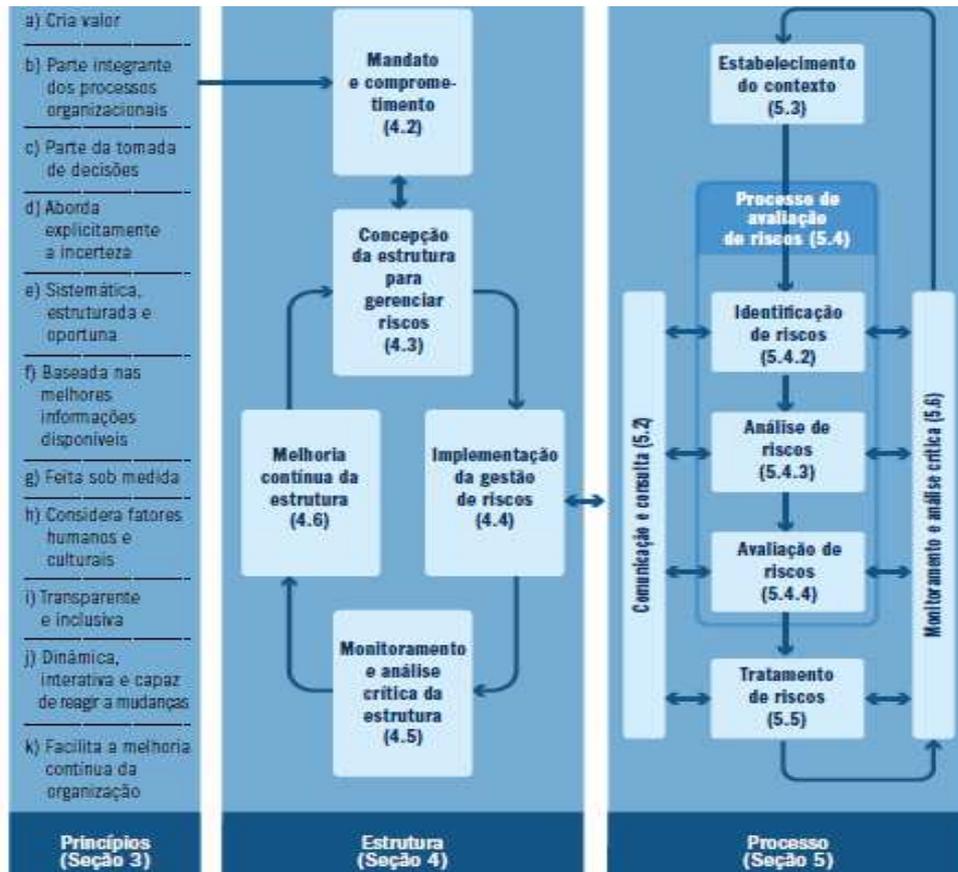
Fonte: Adaptado de COSO (2017)

### 2.6.5 NBR ISO 31.000/2008 – Gestão de Riscos

A ISO 31000 fornece princípios e diretrizes para gerenciar qualquer tipo de risco em toda ou em parte de qualquer organização. Trata-se de uma norma geral, independentemente de indústria, setor ou área, e não concorre com outras normas sobre gestão de riscos em áreas específicas (ABNT, 2009).

Seus objetivos são servir como guia mestre em matéria de gestão de riscos e harmonizar os processos de gestão de riscos, fornecendo uma abordagem comum, que pode ser aplicada a uma ampla gama de atividades, incluindo estratégias, decisões, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços e ativos (ABNT, 2009). Assim, sua lógica é bastante simples e estrutura-se em três partes fundamentais inter-relacionadas: os princípios, a estrutura e o processo de gestão de riscos, conforme apresentado na Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Modelo de gestão de riscos – ISO 31000:2009



Fonte: ABNT (2009)

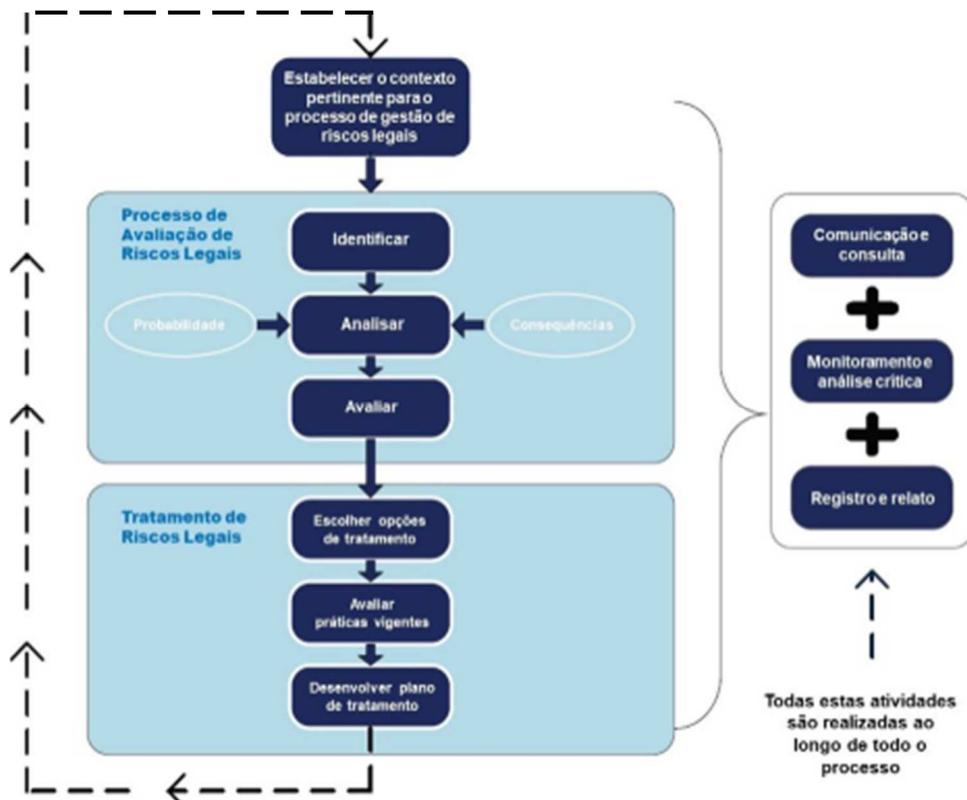
Uma contribuição fundamental da ISO NBR 31000 é o detalhamento do processo de gestão de riscos, cujo propósito é fornecer uma abordagem comum para a aplicação sistemática de políticas, procedimentos e práticas às atividades de gestão de riscos em organizações de qualquer área de atuação.

### 2.6.6 ISO 31.022/2020 – Gerenciamento de Riscos Legais

As organizações, enfrentam riscos legais cada vez mais desafiadores, incluindo os requisitos regulatórios e legislativos cada vez mais rigorosos e as contratações comerciais se tornam mais complexas. Com a globalização econômica, o alcance da concorrência passa do mercado doméstico para o mercado internacional resultando em um ambiente operacional complexo que expõe as organizações a uma variedade maior de riscos legais do que aqueles que surgiriam de operações diárias habituais e dos processos de tomada de decisão. Quando as organizações gerenciam seus riscos legais, devem querer estar em uma posição mais do que apenas atender aos requisitos legais e contratuais, mas criar valor para seus *stakeholders* (International Organization for Standardization, 2020).

O gerenciamento eficaz de riscos legais e respectivas medidas de controle são fundamentais para uma governança corporativa. Dado que grande parte da legislação é criada em resposta direta a eventos de colapsos e escândalos corporativos, o gerenciamento eficaz do regramento jurídico-normativo é fundamental. No entanto, este gerenciamento do risco legal vai além da simples conformidade, ou seja, para ser realmente eficaz, o gerenciamento de riscos legais deve se tornar parte integrante do gerenciamento geral de riscos, da cultura da organização e das práticas comerciais cotidianas. A ISO 31.022 específica de risco legal utilizando a mesma estrutura da ISO 31.000, com seus principais conteúdos, incluindo os princípios, a estrutura e o processo de acordo com as necessidades do gerenciamento de riscos legais ou de conformidade. Tem como objetivo orientar as organizações no gerenciamento dos riscos legais em relação a todas as suas operações e atividades, auxiliando as organizações a atender os requisitos legais e regulamentares, gerenciar riscos contratuais, aprimorar a tomada de decisões estratégicas da organização e melhorar a capacidade da organização de lidar com ambientes legais complexos, podendo usar esse padrão para implementar o processo legal de gerenciamento de riscos e estabelecer uma estrutura adequada de gerenciamento de riscos legais, adaptada às suas situações e necessidades exclusivas.

Figura 11 - Modelo de gestão de riscos legais – ISO 31.022:2020



### 2.6.7 Modelo britânico – The Orange Book

O *The Orange Book Management of Risk - Principles and Concepts*, produzido e publicado pelo *HM Treasury Britanic*, foi a principal referência do programa de gerenciamento de riscos do governo do Reino Unido, iniciado em 2001. O modelo tem como vantagens, além de ser compatível com padrões internacionais de gerenciamento de riscos, como COSO e ISO 31000, apresentando uma introdução ao tema gerenciamento de riscos, tratando-o de forma abrangente e simples. Foi com base no Orange Book que o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão produziu o Guia de Orientação para o Gerenciamento de Riscos, para apoiar o Modelo de Excelência do Sistema de Gestão Pública (GESPÚBLICA) e prover uma introdução ao tema gerenciamento de riscos (BRASIL, 2013), assim o gerenciamento de risco é estabelecido em três níveis:

- **Nível Estratégico:** nível em que acontece o contrato político do Governo com a sociedade e é estabelecida a coerência do seu programa de Governo. As decisões aqui tomadas envolvem a formulação dos objetivos estratégicos e as prioridades para a alocação de recursos públicos em alinhamento com as políticas públicas.
- **Nível Programa:** nível em que é estabelecida as decisões de implementação e gerenciamento de programas temáticos previstos no nível estratégico, através dos quais são executadas as políticas e as ações prioritárias de Governo.
- **Nível Projetos e Atividades:** nível em que se encontram os projetos que contribuirão para o atingimento dos objetivos dos Programas e as atividades relativas aos processos finalísticos. As lideranças em todos os níveis da organização devem estar conscientes, capacitadas e motivadas com relação à relevância do gerenciamento de riscos nos três níveis, que são interdependentes.

Figura 12 - Modelo de gestão de riscos – Tesouro Britânico (2004)



Fonte: Adaptado de Orange Book (2004)

Em 2009, o governo britânico divulgou o *Risk Management Assessment Framework: a Tool for Departments* (UK, 2009), uma ferramenta para aferir a gestão de riscos nas organizações governamentais daquele país e identificar oportunidades de melhoria, derivada de um modelo de excelência de gestão utilizado por mais de trinta mil organizações, principalmente na Europa – *The EFQM Excellence Model* (EFQM, 2012). A ferramenta é estruturada em sete componentes e pode ser aplicada por examinadores externos ou auto aplicada pelos gestores. Este modelo foi desenvolvido especificamente para o setor público, sendo uma ferramenta para avaliar a gestão de riscos e identificar oportunidades de melhoria.

Figura 13 - Modelo de gestão de riscos – Reino Unido (2009)



Fonte: Adaptado de UK Government (2009)

### 2.6.8 Modelo de Três Linhas de Defesa – *The Institute of Internal Auditors*

O modelo de três linhas de defesa (LOD) é normalmente aplicado em função de auditorias internas. É um método usado para medir o desempenho, aumentar a clareza em relação aos riscos e controles e ajudar a melhorar a eficácia dos sistemas de gestão de risco.

Esse modelo ficou conhecido e foi amplamente difundido a partir da Declaração de Posicionamento do *The Institute of Internal Auditors* (IIA): o modelo é aplicável a qualquer organização, independente de tamanho ou complexidade, adotando um gerenciamento de riscos e controles de forma simples e eficaz melhorando a comunicação do gerenciamento de riscos e controle por meio do esclarecimento dos papéis e responsabilidades essenciais, bem como apresenta um novo ponto de vista sobre as operações, ajudando a garantir o sucesso contínuo das iniciativas de gerenciamento de riscos. É baseado em três conceitos gerais:

- **1ª Linha de Defesa** – Auto verificação de que as atividades foram concluídas conforme prescrito. As barreiras estão efetivamente controlando os riscos e proporcionando um desempenho planejado (Gestão e Controle Operacional).
- **2ª Linha de Defesa** – Garantia funcional independente de conformidade com os requisitos e qualidade das atividades operacionais (funções de gerenciamento de riscos e conformidade). Sendo as funções típicas, temos três importantes características (ou atividades): a função (e/ou comitê) de gerenciamento de riscos, que facilita e monitora a implementação de práticas eficazes de gerenciamento de riscos por parte da gerência operacional e auxilia os proprietários dos riscos (alta administração) a definir a meta de exposição ao risco e a reportar adequadamente informações relacionadas a riscos em toda a organização, a função de conformidade que monitora diversos riscos específicos, tais como a não conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis e a função de controladoria que monitora os riscos financeiros e reportes financeiro.
- **3ª Linha de Defesa** – Auditorias internas, externas e regulatórias para confirmar a conformidade. As auditorias internas fornecem ao órgão de governança e à alta administração avaliações abrangentes baseadas no maior nível de independência (não está disponível na segunda linha de defesa) e objetividade dentro da organização, promovendo avaliações sobre a eficácia da governança, do gerenciamento de riscos e dos controles internos, incluindo a forma como a primeira e a segunda linhas de defesa alcançam os objetivos de gerenciamento de riscos e controle.

Embora os órgãos de governança e a alta administração não sejam considerados dentre as três “linhas” desse modelo, são as principais partes interessadas atendidas pelas “linhas” e são as partes em melhor posição para ajudar a garantir que o modelo de Três Linhas de Defesa seja aplicado aos processos de gerenciamento de riscos e controle da organização. Identificação dos critérios de garantia e verificação para cada barreira, divulgação desses critérios para as frentes de operação e monitoramento do desempenho das instalações usando um painel de indicadores (KPI). Cada uma dessas três “linhas” desempenha um papel distinto dentro da estrutura mais ampla de governança da organização. Na figura seguir é apresentado o modelo:

Figura 14 - Modelo de três linhas de defesa – IIA (2015)



Fonte: Adaptado de Guidance on the 8th EU Company Law Directive da ECIIA/FERMA (2015)

## 2.7 EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS ASSOCIADAS AO PROBLEMA

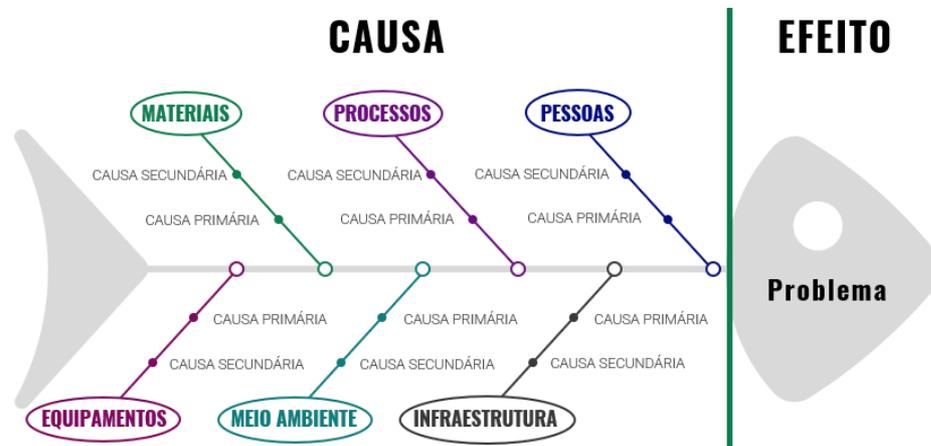
Neste subtópico, apresentamos a evolução dos métodos de identificação de causas, tais como a análise de causa e efeito, a análise de árvore de falhas e a análise de árvore de eventos.

### 2.7.1 Análise de Causa e Efeito

A NBR ISO 31010 (2012) define análise de causa e efeito é um método estruturado para identificar as possíveis causas de um evento ou problema indesejado. Ela organiza os possíveis fatores contributivos em categorias amplas de modo que todas as hipóteses possíveis possam ser consideradas. Na interação causa-efeito, uma estratégia clássica para a definição de um problema de maneira estruturada e prática, é o uso do diagrama de Ishikawa (1943). Trata-se de um esquema gráfico, com estrutura semelhante a uma “espinha de peixe”, cuja cauda

representa a origem do problema e a cabeça alude ao efeito percebido desse problema (LONGARAY, 2013).

Figura 15 - Diagrama de causa e efeito (espinha de peixe), conceito de Ishikawa (1943).



Fonte: Adaptado de Hristoski et al. (2017)

Em evolução à aplicação de modelos de causa-efeito para identificação de problemas, com base no raciocínio desenvolvido por Ishikawa surgiram outras técnicas e ferramentas que aprimoram e auxiliam a assertividade na resolução do problema, ainda mais quando lidamos com problemas complexos e multivariáveis que podem confundir o agente decisor na identificação do problema e suas causas.

### 2.7.2 Análise de Árvore de Falhas (FTA)

A metodologia de Análise de Árvore de Falhas foi desenvolvida em meados de 1960, pela W.A. Watson, da empresa *Bell Laboratories*, e aperfeiçoada pela *Boeing Corporation*, consistindo em um modelo lógico e dedutivo que, partindo de um evento indesejado e predefinido (Evento Topo), a partir do qual é desenvolvida a árvore na direção vertical, a fim de determinar as possíveis causas de tal evento com o objetivo de melhorar a confiabilidade em geral de produtos e processos usando a técnica de análise sistemática de possíveis falhas e suas consequências, estabelecendo assim um processo decisório para a adoção de medidas adequadas aos problemas identificados e saná-los.

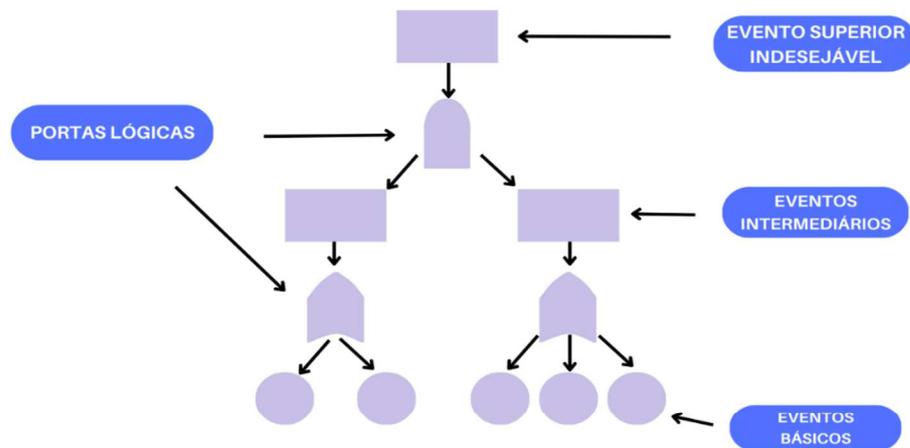
A NBR ISO 31.010/2019 define a Análise de Árvore de Falhas como uma técnica para identificar e analisar fatores que podem contribuir para um evento específico indesejado (chamado *evento de topo*). Fatores causais são identificados por dedução e organizados de

maneira lógica e pictograficamente representados em um diagrama de árvore que descreve os fatores causais e sua relação lógica com o evento de topo. Baptista (2008) afirma que é o método de maior aplicação no âmbito de análises de riscos das mais diversas áreas, designadamente, nas indústrias aeronáutica, nuclear e química. Os primeiros registros de aplicações do método remetem a estudos de confiabilidade de mísseis (INERIS, 2003).

A fundamentação deste modelo busca traduzir o comportamento de uma provável falha de um sistema físico em um diagrama visual e modelo lógico. A FTA é baseada na teoria da confiabilidade, na álgebra booleana e na teoria da probabilidade (ERICSON, 1999). O modelo pode ser qualitativo, quando se quer identificar apenas as vulnerabilidades de um sistema ou individualizar os modos de falhas mais sensíveis, ou quantitativo, quando se quer avaliar a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável e estimar a confiabilidade geral do sistema. Partindo de um Evento de Topo (ET) definido com base na condição ou no estado que constitui a ruptura de um sistema, em condições extremas e nas condições e procedimentos de operação, derivam-se os eventos primários, que são aqueles que não sofrem qualquer desenvolvimento na análise, ou seja, são assumidos independentes dos outros eventos e, se a análise em questão for quantitativa, a eles devem ser atribuídas as respectivas probabilidades.

Na construção deste diagrama lógico, são utilizados símbolos específicos (portas lógicas) para ilustrar as relações entre o evento topo até a identificação das causas básicas. Lima (2014) discorre que entre os eventos da FTA existem relações denominadas *portas lógicas* com propriedades booleanas semelhantes à teoria elementar dos conjuntos, tais como as propriedades comutativa, associativa, distributiva de inalterabilidade; de absorção, as de Morgan e da relação do conjunto vazio com o espaço amostral, em que o complementar do conjunto vazio é o próprio espaço amostral. Se a análise for quantitativa, a probabilidade de ocorrência de um evento será calculada dependendo do tipo de porta lógica que está associada ao evento indesejável (e.g., segundo Hartford e Baecher (2004), a porta OU equivale à união da álgebra Booleana, e, portanto, devem-se somar as probabilidades). Portanto, a FTA é uma retroanálise que observa as causas de determinado evento mostrando explicitamente todas as relações diferentes e necessárias para resultar no evento topo fornecendo uma estrutura para avaliação qualitativa e quantitativa completa do evento topo.

Figura 16 - Estrutura básica da árvore de falhas



Símbolo Lógico	Evento	Observações
	Evento intermediário ou evento de topo	---
	Evento básico	Acontecimento iniciador, falha inicial ou evento que não carece de maior desenvolvimento
	Evento condicional	Condições específicas ou restrições que se aplicam a qualquer porta lógica
	Evento Exterior	Evento que ocorre habitualmente
	Evento por desenvolver	Ramo que não é o objeto de maior desenvolvimento por não ter importância ou por não haver informação suficiente que o fundamente

Símbolo	Definição Porta	Observações
	Porta OU	O evento de saída ocorre se pelo menos um evento ocorrer
	Porta E	O evento de saída ocorre se todos os eventos anteriores ocorrerem
	Porta de entrada	O evento advém de outra sequência (ou folha) e dá continuidade na folha corrente
	Porta de Saída	Esse símbolo representa uma transferência, ou seja, que a árvore continua em outra folha

Fonte: O Autor (2022).

### 2.7.3 Análise de Árvore de Eventos (ETA)

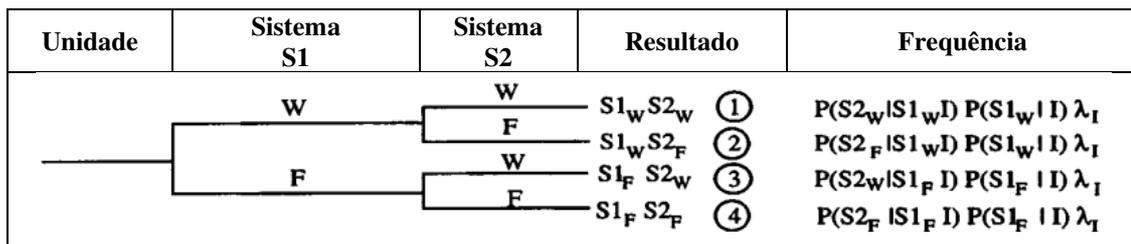
A Análise da Árvore de Eventos (ETA - *Event Tree Analysis*) é um método lógico-indutivo com apresentação gráfica para representar as sequências mutuamente excludentes de eventos após um evento deflagrador a partir do funcionamento ou não de vários sistemas projetados para mitigar as várias possíveis consequências resultantes deste evento inicial.

A técnica teve sua implementação a partir da década de 1970, essencialmente aplicada nas indústrias nuclear, química e petrolífera e ampliada para outras áreas devido à sua

versatilidade e facilidade de aplicação. Através de um método indutivo, ou seja, partindo-se das causas para determinar os efeitos, a árvore é construída da esquerda para a direita e busca determinar a frequência das consequências decorrentes dos eventos indesejáveis, utilizando encadeamentos lógicos a cada etapa de atuação do sistema.

Nas aplicações de análise de risco, o evento inicial da árvore de eventos é, em geral, a falha de um componente ou subsistema, sendo os eventos subsequentes determinados pelas características do sistema. Uma vez construída, pode ser utilizada de uma forma dedutiva para tirar conclusões acerca das probabilidades conjuntas, do risco e das consequências. Utilizada para modelos de tempo discretos são representados por árvores com nós de incerteza que descrevem os possíveis comportamentos dos fatores estocásticos e podem ser representadas de forma simplificada ou por redes com diversas ramificações. A utilização de ramificações é flexível, podendo ser adaptada quando se altera a situação inicial.

Figura 17 - Estrutura básica da árvore de eventos



Fonte: Adaptado de JD Andrews e SJ Dunnett (2020)

Hartford e Baecher (2004) relata que a aparência simples da árvore de eventos desmente a complexidade e sutileza dos conceitos do modelo que devem ser incluídos na análise de risco e podem ser descritas em três tipologias:

- **Modelos de sistemas físicos:** representações de eventos que ocorrem no tempo ou no espaço, ordenados de forma cronológica, como, por exemplo, uma cheia;
- **Estruturas de conhecimento do sistema e confiabilidade sobre seu desempenho:** representações de variáveis de estado e incertezas; e
- **Visualização de probabilidades conjuntas de variáveis aleatórias:** ordem arbitrária dos eventos para cada ramo, fazendo a realização conjunta das variáveis aleatórias (não há relações causais entre um nó e o subsequente).

Essa técnica permite representar os efeitos e estados (intermediários e finais) suscetíveis de ocorrerem após o surgimento de um acontecimento inicialmente selecionado. O fato de a

árvore de eventos ser gráfica, de fornecer uma visão qualitativa do sistema e ainda poder ser usada para avaliar quantitativamente a confiabilidade do sistema faz com que esse método seja uma ferramenta aplicável na engenharia e de segurança e confiabilidade. Como vantagens do uso da análise de árvore de eventos, temos:

- Uso de abordagem gráfica e geração de recursos lógicos para ilustrar uma sequência de eventos, partindo-se do evento iniciador para um conjunto de resultados possíveis;
- Em casos em que a sequência de eventos é conhecida, o processo de construção da árvore de eventos é simples, sendo apenas uma questão de ilustrar graficamente o que é conhecido das possibilidades;
- Contempla as fases do projeto, a construção e o desempenho do sistema;
- É orientada para ilustrar as condições do sistema necessárias ou estados que têm uma relação com a consequência indesejada;
- Como é um método indutivo, fornece uma base para a análise de situações nas quais as consequências são desconhecidas, mas que devem ser reveladas por perguntas feitas por especialistas experientes.

Baptista (2008) afirma que as árvores de eventos podem ser utilizadas em dois cenários distintos: o de pré-acidente, analisando a lógica do desempenho do sistema, e o de pós-acidente, que permite analisar as consequências dos diferentes desencadeamentos que possam ocorrer.

A principal desvantagem surge quando as ramificações atingem grandes dimensões, o que pode dificultar a sua construção e avaliação. Uma das dificuldades apresentadas pela árvore de eventos está relacionada à variabilidade no tempo dos estados dos sistemas.

Ladeira (2007) ressalta ainda que um dos princípios que fundamentam o método é que os eventos iniciais são aleatórios e os demais eventos devem estar relacionados fisicamente aos acontecimentos, no contexto do sistema. Um cuidado deve ser tomado no processo de elaboração da árvore, de tal maneira que ela seja composta somente por eventos associados aos estágios de desenvolvimento do fenômeno.

## 2.8 A METODOLOGIA BOWTIE (BTA)

A metodologia *Bowtie*, ou gravata-borboleta, pode ser considerada uma evolução do diagrama de causa e efeito, ou ainda, uma associação dos métodos de análise de árvore de falha (FTA) representada no tramo esquerdo e análise de árvore de eventos (ETA) representada no

tramo direito. Consiste em identificar e analisar os possíveis caminhos de um evento de risco, dado que um problema pode estar relacionado a diversas causas e consequências. Como no diagrama de causa e efeito, identifica-se o problema e em seguida suas possíveis causas e consequências e, por fim, identificam-se as formas de prevenir a ocorrência do risco e as formas de mitigar as consequências caso o risco se materialize.

### 2.8.1 Histórico e Evolução da Aplicação do Modelo

A primeira menção à metodologia *Bowtie* surgiu nas notas de aula do curso *Imperial Chemical Industries* (ICI), em uma palestra sobre análise de risco em 1979, na Universidade de Queensland, mas não é completamente claro como e quando o método teve sua exata origem. O fato é que a multinacional Shell é reconhecida como pioneira no uso desta metodologia ao integrá-la totalmente em suas práticas de negócios, de modo que, no final dos anos 1990, a abordagem tornou-se um método aplicado em muitas outras empresas.

Neste contexto, a indústria de petróleo e gás iniciou a elaboração de normas e regulamentações que contribuíram para consolidar o conceito de barreiras como meio de auxiliar no gerenciamento de riscos durante a fase operacional de suas plantas e de comunicá-lo, de forma eficaz, adotando uma abordagem baseada em barreiras:

- Das 96 práticas recomendadas pelo *American Petroleum Institute* (API), duas (65-2 e 90) são baseadas em uma abordagem de barreira para operações *offshore*;
- A orientação do Órgão Executivo de Saúde e Segurança do Reino Unido sobre a gestão da segurança das indústrias de risco maior (UK HSE, 2013a) reconhece as *Bowties* como uma ferramenta ou modelo para a abordagem baseada em barreiras. Seguindo a orientação do Reino Unido, a Autoridade Competente *do Control of Major Accident Hazards* (COMAH) (SEPA, 2016) foi estendida para apoiar a avaliação de acidentes ambientais graves. Como consequência disso, muitos locais do COMAH no Reino Unido incluíram *Bowties* em seus relatórios de segurança;
- A Comissão Europeia, ao dispor da *Diretiva de Segurança das Operações de Pesca Marítima e de Gás*, estabeleceu um conjunto de regras para ajudar a prevenir acidentes, bem como a responder de forma eficaz, o que requer uma avaliação de risco e a identificação de barreiras;

- A Associação Internacional de Empreiteiros de Perfuração (IADC) desenvolveu um novo programa *WellSharp*, que inclui uma abordagem baseada em barreiras para redefinir o treinamento e avaliação de controle de poço;
- A Autoridade Nacional de Segurança do Petróleo e Gestão Ambiental *Offshore* (NOPSEMA), da Austrália, sob as Notas de Orientação N04300-GN0271, afirma que uma camada de barreira de análise de proteção pode ser necessária para prevenir ou mitigar os perigos;
- A Associação Internacional de Produtores de Petróleo e Gás (IOGP), nos Relatórios 456 e 544, reconhece a importância da gestão de barreiras e discute métodos para manter as barreiras atualizadas;
- A Autoridade de Segurança do Petróleo (PSA) da Noruega, no documento de orientação *Princípios para Gestão de Barreiras na Indústria do Petróleo*, enfoca barreiras, desempenho de barreiras e gestão de barreiras como um meio de reduzir o risco de acidentes. A PSA realiza auditorias com base no gerenciamento de barreiras.
- Um grande projeto de pesquisa da União Europeia, denominado ARAMIS, investigou o uso da metodologia *Bowtie* na avaliação de risco no âmbito da Diretiva Seveso II. Este projeto é descrito em uma edição especial do *Journal of Hazardous Materials* (SALVI; DEBRAY, 2006), que cobre vários aspectos das *Bowties*, incluindo seu uso e sucesso para comunicação, além de servir como meio de aprendizagem organizacional.

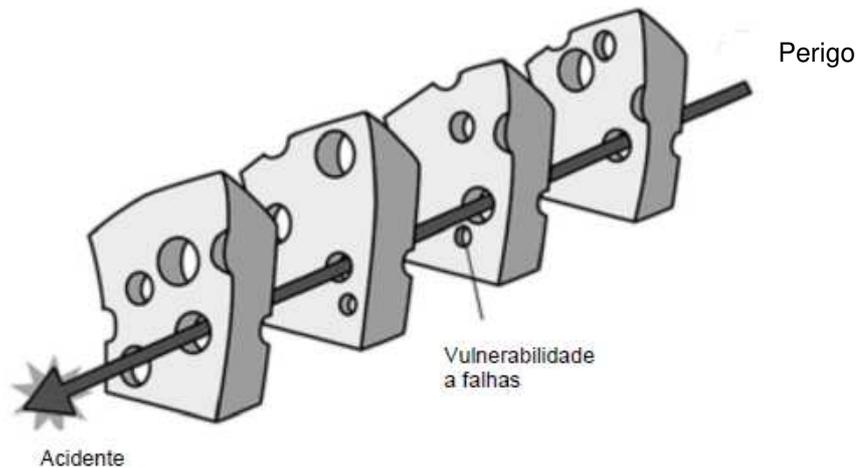
### 2.8.2 O Modelo Conceitual

James Reason (1990; 1997) desenvolveu a ideia do "modelo de queijo suíço" para a falha de um sistema. O modelo conceitual baseia-se nos princípios de "defesa em profundidade", sendo as fatias de um queijo suíço representante das camadas protetoras (ou seja, barreiras), evitando que os perigos sejam materializados, permitindo que as consequências ocorram, que essas barreiras nunca sejam 100% eficazes e que cada uma tenha deficiências intermitentes não intencionais, abrangendo as causas múltiplas e complexas de um determinado evento perigoso e suas consequências diversificadas e multidirecionais. Os perigos ou ameaças, quando acionados, exploram certas vulnerabilidades, podendo degradar as barreiras proativas (contramedidas) existentes no sistema.

As fatias de queijo representam as barreiras de segurança e o número e tamanho dos furos uma indicação da vulnerabilidade da barreira às falhas, ou seja, os orifícios nas fatias de queijo

representam fatores de degradação (isto é, reduções na eficácia ou confiabilidade) em partes individuais do sistema e variam continuamente em tamanho e posição em todas as fatias.

Figura 18 - Modelo queijo suíço ou de barreira



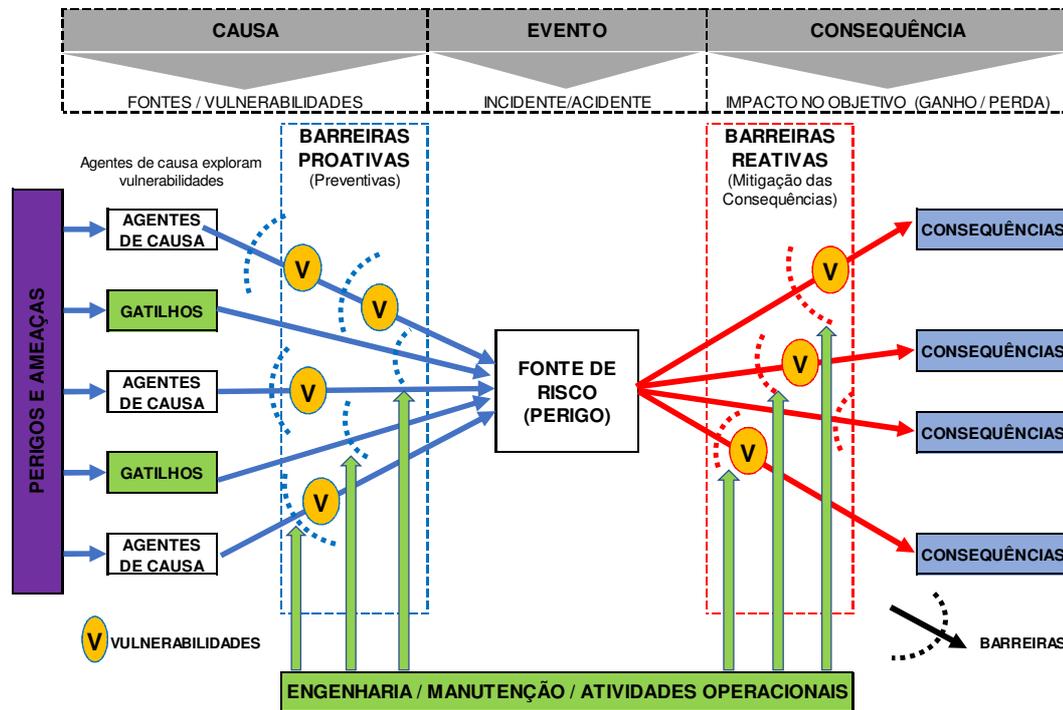
Fonte: Adaptado de Reason (1990;1997)

Para que ocorra um acidente grave, os buracos no queijo suíço precisam ser alinhados, permitindo uma "trajetória do acidente", de modo que uma ameaça passe por todos os buracos em todas as defesas (ou seja, barreiras) levando a uma falha, evento indesejado ou acidente grave. Também mostra que, se uma barreira falhar, as barreiras subsequentes serão acionadas para evitar a ocorrência de falha, ou seja, uma estratégia de gerenciamento de risco torna-se bem-sucedida quando as barreiras são gerenciadas para garantir que funcionem conforme planejado em todos os momentos ao longo do ciclo de vida do processo.

Em comparação com o modelo do queijo suíço, as *Bowties* adicionam estrutura e fornecem uma representação melhor das barreiras associadas especificamente aos vários ramos de ameaça e consequência. Como resultado, pode ocorrer um evento perigoso para os ativos, com sérios comprometimentos em uma operação crítica ou mesmo para todo o sistema ou organização. As consequências de tal evento são geralmente diversificadas e multidirecionais. Para mitigá-los, são aplicadas barreiras reativas que podem ser enfraquecidas ou mesmo removidas por vulnerabilidades.

Geralmente, as barreiras são identificadas com diferentes tipos de contramedidas, aplicadas quanto ao valor do risco, monitoradas e mantidas de acordo com os princípios estabelecidos na gestão de riscos. Assim, o modelo de gravata-borboleta é focado na avaliação de risco e pode ser usado para reavaliar o risco após a aplicação de barreiras novas e/ou atualizadas.

Figura 19 - Modelo conceitual da ferramenta Bowtie



Fonte: Adaptado de Bialas (2015)

### 2.8.3 Premissas e Considerações ao Modelo

Questionamentos são frequentes à estrutura visual de representação desta metodologia, admitindo-se que as gravatas-borboleta assumem um modelo linear de sistemas técnicos orientado por eventos e suas falhas, ou seja, um modelo linear de causalidade de acidentes.

Tem-se argumentado há algum tempo que este tipo de modelo é inadequado como meio de compreender a dinâmica dos complexos sistemas sociotécnicos modernos ou as formas como eles podem levar à perda (LEVESON, 2011; HOLLNAGEL, 2012), particularmente onde há forte inter-relação e interação complexa entre os elementos do sistema (PERROW, 1999). No entanto, a adoção de conceitos e estruturas de análise da *Bowtie* não precisa fazer suposições sobre os mecanismos e processos que levam aos incidentes (MCLEOD; BOWIE, 2018).

O modelo do queijo suíço proposto por Reason parece linear na linha temporal de atuação das barreiras, no entanto, a avaliação do desenvolvimento dos “buracos do queijo” (mecanismos de causalidade) pode prosseguir através de processos lineares ou não lineares (HUDSON, 2014). Da mesma forma, a análise da *Bowtie* e a compreensão das barreiras, mecanismos de falha e controles por ela gerados são neutras em termos de qualquer modelo subjacente de causalidade do acidente ou evento que se deseja evitar.

As *Bowties* e seu modelo de apresentação de barreiras e elementos de degradação e controle não assumem nenhum mecanismo específico que possa estar no caminho entre as ameaças e os principais eventos e consequências a que elas podem levar. Não há razão para que um modelo de *Bowtie* não deva ser baseado em análises não lineares como HAZOP (CCPS, 2008a), STAMP (LEVESON, 2011) ou FRAM (HOLLNAGEL, 2012). Em essência, em vez de perguntar o que pode dar errado e como evitá-lo, o foco da análise da *Bowtie* é o que precisa dar certo e como garanti-lo (MCLEOD; BOWIE, 2018).

#### **2.8.4 A Aplicabilidade e Elementos do Modelo**

A avaliação de risco utilizando barreiras tem sido aplicada em segurança de processos por mais de duas décadas e cada vez mais frequentemente por meio do uso de diagramas de *Bowtie*. O desenvolvimento e o uso apropriado de diagramas de barreira do *Bowtie* têm o potencial de melhorar significativamente a segurança dos processos (CCPS, 2008).

Diferentemente de algumas metodologias que possuem uma representação unidimensional de uma única causa para uma única consequência, no diagrama *Bowtie* é possível obter múltiplas causas conectadas a múltiplas consequências (de forma independente), propiciando uma maior clareza dos cenários de risco, oferecendo visibilidade a todas as causas e consequências, assim como os controles preventivos e reativos. Uma alternativa ainda pouco difundida envolve utilizar a análise para debater e documentar cenários para minimizar erros e omissões. Essas discussões podem simplificar a complexidade dos cenários de risco e esclarecer melhor o contexto da análise (CICCO, 2020)

Os diagramas de *Bowtie* examinam potenciais eventos críticos por meio de um diagrama lógico e encadeado, mapeando os obstáculos e ameaças que podem levar a um evento e as possíveis consequências indesejadas, incluindo todas as barreiras e controles de degradação disponíveis para reduzir o risco. Estes diagramas podem ajudar no gerenciamento de barreiras, na análise da redução de riscos e na avaliação das barreiras existentes, fornecendo um poderoso meio de comunicar informações complexas de segurança de processos para funcionários, contratados, reguladores, alta administração, o público e outras partes interessadas. Em síntese, o diagrama *Bowtie* ilustra as barreiras de prevenção, que impedem a ocorrência do evento principal, e as barreiras de mitigação, que reduzem a gravidade da consequência, caso ocorra o evento principal.

A metodologia *Bowtie* concentra-se na avaliação de barreiras para a prevenção e mitigação dos caminhos que levam à ocorrência do evento crítico, especialmente aquele que é

indesejável e apresenta consequências graves ao ambiente de negócio, destacando claramente todas as barreiras de segurança importantes, ajudando na avaliação da adequação da barreira, comunicando isso visualmente a todas as partes interessadas e fornecendo uma estrutura para monitorar continuamente a eficácia dessas barreiras.

Depois de construído, o objetivo do diagrama é apoiar o gerenciamento e a comunicação dos riscos envolvidos na regulação e no ambiente regulatório ou de negócio, pois fornece uma representação gráfica clara do resultado do processo de avaliação e gerenciamento de riscos (ameaças, consequências, barreiras e controles de degradação), o que é facilmente compreendido em todos os níveis hierárquicos, aos reguladores, regulados e ao público em geral. Para a consequência não mitigada total (ou seja, materialização do evento sem atuação das medidas de prevenção e mitigação), todas as barreiras ao longo do caminho relevante entre a ameaça e a consequência devem falhar ou ser degradadas.

### **2.8.5 Vantagens e Limitações da Metodologia**

A análise *Bowtie* não pode ser uma panaceia para o gerenciamento de risco diante de suas vantagens e facilidades e deve ser aplicada de maneira integrada a uma estrutura de gerenciamento de risco mais ampla que possibilite monitorar a eficácia das barreiras preventivas e de mitigação, permitindo que o perfil de risco seja melhor compreendido e gerenciado ao longo do tempo, o que é considerado relevante para grandes organizações no enfrentamento de desafios, tais como:

- Coordenar uma resposta ao risco de maneira consistente e abrangente englobando todo o ecossistema corporativo em seus diversos níveis.
- Fornecer a uma força de trabalho grande e diversas informações prontamente disponíveis sobre a resposta ao risco e os recursos disponíveis.
- Mapear e rastrear a conformidade de proteção para garantia da conformidade e identificar quaisquer desvios.

A *Bowtie* torna-se uma poderosa ferramenta de comunicação para a coordenação de respostas ao risco, pois produz eficácia na comunicação visual dos riscos e permite reter conhecimentos sobre os cenários no longo prazo, ou seja, é mais fácil lembrar imagens do que memorizar palavras. As informações textuais sobre os riscos presentes em planilhas e/ou tabelas

são estruturadas e aprimoradas e tornam-se conhecimentos visuais que podem ser facilmente difundidos em todos os níveis do ambiente organizacional.

A disseminação de informações importantes para a força de trabalho pode ser gerenciada ativamente por meio dos resultados da análise da *Bowtie*. As informações de cada barreira no diagrama de *Bowtie* podem ser comunicadas de forma fácil e rápida no ambiente regulatório, especialmente os regulados, de forma bastante resumida e de fácil compreensão, garantindo uma resposta coerente e bem informada, cobrindo questões como: Qual é a barreira? O que isso faz? Como funciona? Como é testado? Onde encontro documentos com mais informações? Quem devo contatar para mais detalhes?

Para rastrear o desempenho das barreiras de prevenção e mitigação, os critérios de garantia e verificação devem ser definidos como *benchmarks* para medir o sucesso na gestão do risco. Esses critérios são comuns nas indústrias de alto risco na forma de padrões de desempenho.

A metodologia *Bowtie* permite fazer uma clara diferenciação entre a gestão de riscos preventiva, relacionada às causas do evento, da gestão de riscos reativa, que atua sobre suas consequências. Os desvios e suas possíveis causas podem ser documentados no diagrama como causas (ou ameaças). Para cada causa, as proteções que podem evitar uma perda de integridade (como, por exemplo, medidas de contenção), são registradas como controles (ou barreiras) preventivos. As consequências associadas a essa(s) causa(s) são registradas junto às medidas de recuperação necessárias após a perda de integridade, que, por sua vez, são exibidas como controles reativos. Além disso, a metodologia permite avaliar tanto a probabilidade de ocorrência de cada consequência como a eficácia de todos os controles estabelecidos (CICCO, 2020). Como limitações da metodologia, pode-se destacar:

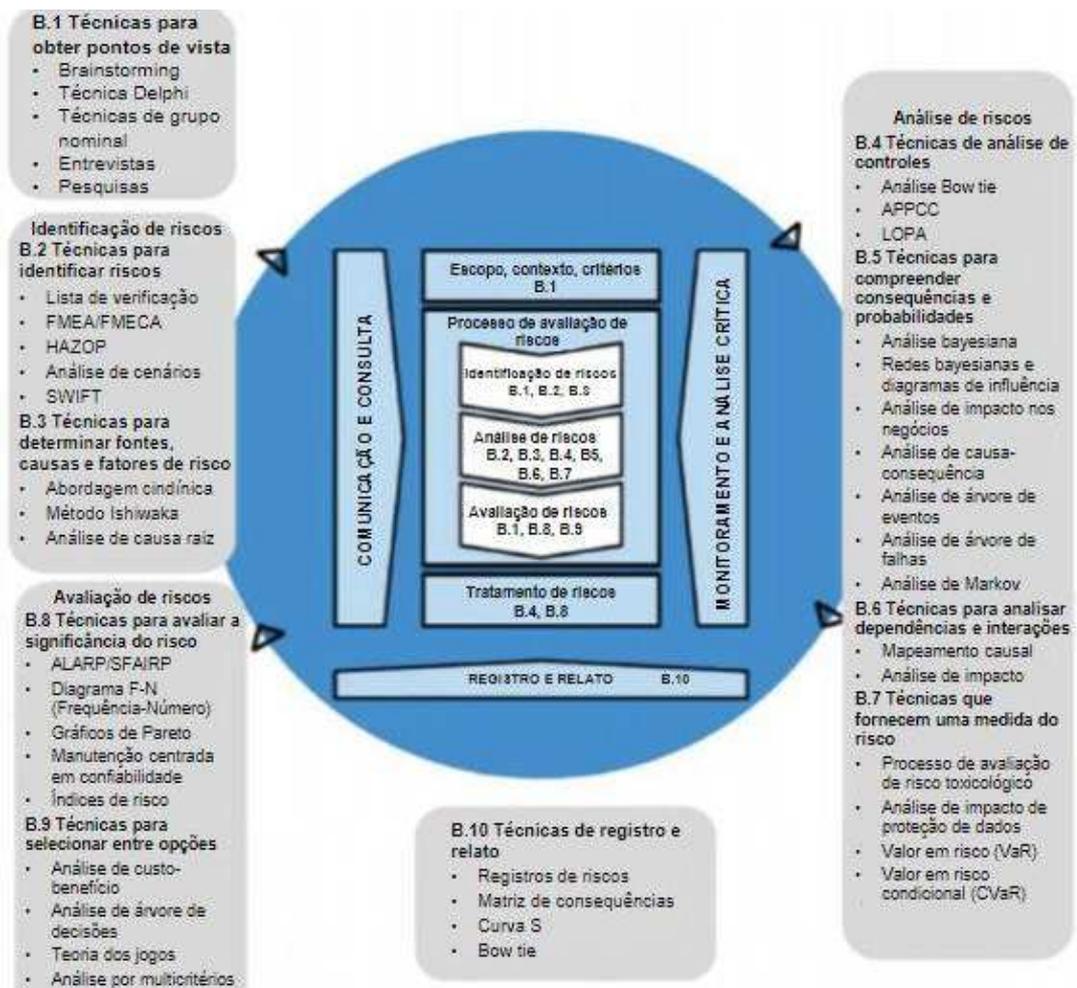
- pode não representar uma situação em que os caminhos das causas para o evento sejam dependentes um do outro;
- pode simplificar demais situações complexas, principalmente as que requerem quantificação;
- não fornece avaliação quantitativa ou avaliação da aceitabilidade dos riscos, a menos que esteja vinculado à análise de árvore de falhas ou análise de árvore de eventos;
- requer conhecimento aprofundado necessário/essencial, alto nível de conhecimento sobre um sistema e o componentes do sistema que se relacionam com a segurança;
- não existem padrões, portanto, há uma variedade de representações diferentes e sutis de gravata-borboleta diagramas;

- a técnica não fornece uma estrutura para avaliar se as salvaguardas selecionadas são suficientes.

## 2.8.6 Justificativa para Uso da Metodologia

Além das características e vantagens descritas anteriormente, a norma NBR IEC 31.010: 2021 - Gestão de Riscos - Técnicas enquadra a metodologia *Bowtie* no grupo de técnicas indicadas para analisar controles e técnicas de registro e relato, assim trazendo os critérios técnicos que reforçam as justificativas de uso em conformidade para os objetivos desta pesquisa. A norma categoriza e descreve as vantagens e desvantagens das diferentes técnicas que podem ser usadas em cada etapa do processo de gestão de riscos, classificando-as em grupos conforme Figura 20.

Figura 20 - Listagem de técnicas aplicáveis à gestão de risco



Fonte: ABNT NBR ISO IEC 31010 (2021)

A Norma descreve a metodologia *Bowtie* como uma maneira diagramática de descrever os caminhos das fontes de risco aos resultados e analisar criticamente os controles, aplicável

em análise de riscos e controles e descrição dos riscos para os níveis tático e operacional da organização, no horizonte de tempo de curto e médio prazo e para qualquer nível de decisão, necessita de baixo nível de informações/dados inicial para desenvolvimento da análise, requer nível baixo ou moderado de conhecimento especializado e baixo esforço para sua aplicação e é considerada uma análise qualitativa ou semiquantitativa dos riscos. Além disso, a metodologia pode ser aplicada em todo o processo de gestão de riscos (identificação, análise e avaliação de riscos) com ponto forte na definição das consequências.

Portanto, estas características norteiam e embasam tecnicamente a escolha da metodologia para sua aplicação no contexto deste estudo, sobretudo quando consideramos que o fator tempo é essencial no âmbito do controle da pandemia, exigindo avaliações e respostas rápidas, na mesma proporção de sua propagação.

## 2.9 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, serão apresentados estudos recentes envolvendo a aplicação da ferramenta *Bowtie* em diversos setores e contextos.

Abdi *et al.* (2016), aplicaram a metodologia para análise prospectiva dos riscos clínicos que ameaçam a segurança do paciente em unidade de terapia intensiva (UTI). O estudo conclui que a metodologia *Bowtie* mostra-se viável para o gerenciamento de risco proativo na UTI. Com base na abordagem da metodologia, permitiu a geração de soluções práticas para suprir as deficiências nas rotinas de trabalho, bem como aprimorá-las. Também foi bem-sucedido em promover a conscientização dos médicos sobre erros e condições que provocam erros em seu ambiente e prática. A visualização de causas, barreiras e consequências em diagramas de gravata-borboleta facilitou a compreensão da prevenção de riscos e proteção necessária para operações seguras nos ambientes clínicos, sendo capaz de desempenhar um papel útil nos programas de melhoria da segurança.

Considerando que, na prática de gerenciamento de risco de um projeto, os gerentes de projeto precisam determinar ações preventivas para reduzir a probabilidade do risco antes que ele ocorra e/ou ações de proteção para diminuir o impacto do risco após a ocorrência do risco, Zhang e Guan (2018) desenvolveram uma metodologia que integra o modelo de otimização e análise de gravata-borboleta para determinar estratégias adequadas de prevenção e proteção a riscos. No método proposto, a análise de gravata-borboleta é usada para identificar e analisar as várias causas e consequências associadas ao risco crítico e as relações entre elas. Aplicado a um projeto de construção de estação de metrô, demonstrou como implementar a metodologia

proposta para selecionar estratégias preventivas e de proteção para aplicações práticas. Desta forma, o diagrama *Bowtie* desenvolvido no estudo pôde auxiliar os membros da equipe do projeto a ter uma compreensão mais ampla dos caminhos pelos quais o evento indesejado pode ocorrer, destacando as consequências críticas associadas a maiores níveis de risco.

Chatzimichailidou *et al.* (2018) também utilizaram a Análise *Bowtie* (BTA) e Modelo Teórico de Sistemas e Processos de Acidentes (STPA) para o evento de retenção de instrumentos cirúrgicos dentro de um paciente após cateterismo venoso central. A Análise *Bowtie* ofereceu uma visão geral de quais atividades mantêm os controles funcionando e quem é responsável por cada controle. Devido à sua forma visual, o BTA oferece uma visão geral dos pontos onde o analista deve prestar mais atenção. Os métodos BTA e STPA produziram um conjunto de soluções para o problema de retenção do fio-guia, cada solução variando em sua novidade, facilidade de implementação e eficácia. É provável que a utilização de várias soluções, de preferência em uma abordagem integrada que também envolva a entrada do usuário final, seja mais eficaz na redução do risco de fios-guia retidos.

Considerando que o uso de dutos para transporte de gás natural cresce continuamente em todo o mundo e que os acidentes em dutos têm ocorrido historicamente como resultado de falhas na gestão de riscos afetando o meio ambiente, as pessoas, os ativos e a reputação das empresas, Muniz *et al.* (2018) utilizaram os diagramas de gravata-borboleta para fornecer um método de gerenciamento de risco claro e descomplicado para o profissional de segurança e risco. O estudo de caso utilizou a metodologia *Bowtie* para fornecer uma análise da eficácia dos controles existentes em dutos e um melhor entendimento, principalmente para os operadores e a comunidade, quanto aos riscos de dutos e seus controles, por meio de uma interface gráfica, contribuindo para uma melhor percepção e compreensão dos riscos dos dutos, podendo estimular as empresas a utilizarem os elementos que compõem a *Bowtie* como diretrizes no processo de gerenciamento de segurança em dutos. Além disso, a empresa poderia usar os diagramas como uma ferramenta de comunicação com a comunidade sobre os riscos e para mostrar às partes interessadas que os riscos estão sob controle. A construção de diagramas *Bowtie* permitiu a identificação de deficiências na operação, manutenção e gerenciamento de dutos que não são identificados por outras análises de risco. A análise crítica da condição de cada elemento durante a aplicação do método permite a identificação de tais deficiências e da ação de gestão necessária para bloqueá-los, o que normalmente não pode ser alcançado por meio de outros métodos de análise de risco, com isso, garantindo definitivamente o gerenciamento eficaz dos riscos no duto.

Hughes *et al.* (2018) apresentaram uma técnica semiautomática para classificar relatórios de fechamento de chamadas baseados em texto de acordo com a estrutura de um diagrama de gravata-borboleta existente e está atualmente sendo adotada pela indústria ferroviária da Grã-Bretanha. As informações obtidas a partir da técnica permitem uma compreensão da ocorrência relativa de perigo na ferrovia e podem, portanto, ajudar a direcionar os gestores de segurança para lidar com riscos mais elevados, bem como a identificar tendências no número de chamadas fechadas sendo relatadas, permitindo auxiliar a identificar onde os perigos estão se tornando mais prevalentes. Os resultados demonstraram uma precisão mista na categorização de chamadas fechadas, com a maior precisão para os caminhos de ameaça que são relatados com mais frequência.

Considerando que as avaliações de segurança são um passo inicial importante para a prevenção de acidentes com explosão em minas de carvão e gás, Xu *et al.* (2018) desenvolveram um estudo para criar uma nova técnica de prevenção de acidentes usando um novo método de avaliação de segurança baseado na importância do evento básico da árvore de falhas, análise relacional cinza e modelo de gravata-borboleta. A análise da gravata-borboleta serviu para revelar o evento básico mais crítico. O coeficiente de baixa permeabilidade do evento básico crítico é analisado por meio do modelo de gravata borboleta e as medidas de segurança foram definidas para prevenir as consequências perigosas de um coeficiente de baixa permeabilidade. Um acidente real em mina foi utilizado como estudo de caso para testar a viabilidade e eficácia do método proposto. O estudo concluiu que o risco de explosões devido a um baixo coeficiente de permeabilidade pode ser significativamente reduzido pela análise de gravata-borboleta.

A atividade de mineração envolve muitas variáveis complexas e interconectadas que contribuem para acidentes que causaram muitas vítimas. Entre os métodos de avaliação de risco, a gravata-borboleta tem sido usada em diferentes processos e sistemas da indústria e tem se mostrado eficaz. Zhang *et al.* (2018) utilizaram o modelo de gravata-borboleta para investigar a relação entre riscos de acidentes de mineração, medidas de segurança e possíveis consequências com base em dados de acidentes de minas nos Estados Unidos. O modelo de gravata-borboleta pode ser usado para analisar acidentes de mineração e reduzir as probabilidades de eventos básicos, mostrando que as medidas são escolhidas a partir do método com uma situação da vida real e que as medidas de segurança pré-existentes podem ser aprimoradas, juntamente com as técnicas e tecnologias de mineração. Os resultados mostraram que o método é eficaz para analisar a segurança da mina, apontando três vantagens desta metodologia: a metodologia *Bowtie* é de fácil entendimento por usar gráfico para demonstrar o

problema; ele se concentra nas medidas e nos efeitos das medidas para atingir as metas de apresentação e mitigação; não requer o conhecimento de um especialista de alto nível.

Acidentes com explosão e incêndio acontecem com frequência em instalações petroquímicas. Para melhorar a gestão de riscos, Chen e Wang (2019) aplicaram o método *Bowtie* para analisar as causas, consequências e métodos de controle de tais desastres, considerando o cenário de má conexão da tubulação em caminhão-tanque. A estrutura do modelo *Bowtie* é estabelecida onde existiam três fontes de acidentes e, após a identificação das causas e consequências dos acidentes, são propostas medidas de precaução e redução de perdas. Para reduzir esses desastres, foram fornecidas sugestões de controle em termos de treinamento educacional, monitoramento inteligente, gestão de equipamentos e gestão de segurança à operadora.

Acrabay e Kiyak (2020) utilizaram a análise *Bowtie* no setor de aviação para mitigação de riscos. Um método *Fuzzy Bowtie* é proposto para avaliar os riscos diante da falta de probabilidades a priori nas operações relacionadas à aviação, como nas etapas de aproximação de aeronaves e aterrissagens. Com base no modelo proposto, probabilidades *a priori* e *a posteriori* são estabelecidas contribuindo para uma avaliação de risco em tempo real a ser utilizado por companhias aéreas.

Benhamlaoui *et al.* (2020) utilizaram as metodologias *Bowtie* e o Modelo Teórico de Sistemas e Processos de Acidentes (STPA) para a identificação de perigos no transporte de materiais perigosos em dutos. A identificação foi seguida por um estudo comparativo dos desempenhos das duas abordagens, considerando que os perigos identificados pelo método *Bowtie* estão essencialmente ligados ao duto e suas características internas, enquanto os resultados do STPA estão relacionados ao sistema de controle de segurança do duto, concluindo que, para uma identificação mais completa dos perigos associados aos sistemas estudados, a complementaridade entre esses dois métodos (STPA e *Bowtie*) estimula o desenvolvimento de uma hibridização ou uma combinação desses métodos como uma via de pesquisa a ser explorada.

Subagyo *et al.* (2020) utilizaram a análise *Bowtie* para obter uma descrição do perfil de risco e do nível de risco de um oleoduto em caso de derramamento, especialmente em áreas densamente povoadas. O estudo mostrou que o risco de acidentes e o impacto das consequências ambientais são maiores em alguns segmentos de dutos. De acordo com o resultado do estudo, vários esforços de mitigação e prevenção foram propostos para manter e reduzir o nível de risco do gasoduto para níveis aceitáveis através da educação pública e relocação de edifícios.

Considerando que a indústria da construção é responsável por causar um grande impacto adverso ao meio ambiente e como forma de minimizar esses impactos, práticas sustentáveis estão sendo buscadas principalmente na área de desperdício e resíduos de matérias-primas, Trindade *et al.* (2020) apresentaram estudo propondo uma avaliação dos principais obstáculos para a implementação da sustentabilidade na construção civil utilizando a ferramenta *Bowtie*. Desenvolveram uma metodologia estruturada para identificar as causas, consequências e obstáculos relacionados aos eventos que afetam a implementação de práticas sustentáveis, de modo a proporcionar uma visualização do cenário investigado por meio de um diagrama gerado, facilitando sua compreensão e análise.

Aust e Pons (2020) afirmam que a análise *Bowtie* é uma ferramenta amplamente usada no gerenciamento de riscos para identificar as causas e consequências dos perigos e mostrar as barreiras que podem prevenir ou mitigar os eventos. No entanto, observam que existem limitações do método, tais como, a confiança no julgamento e em um processo de desenvolvimento *ad hoc*. De modo a superar arbitrariedade da metodologia, o estudo propôs uma nova estrutura conceitual combinando a metodologia *Bowtie* com a estrutura 6M de Ishikawa para categorizar as ameaças, consequências e barreiras para inspeção visual dos componentes de uma turbina a gás, com aplicação na inspeção com boroscópio de peças do motor aeronáutico, estendeu a análise de risco além desta ferramenta (dispositivo do boroscópio) e incluiu outros riscos relevantes relacionados a métodos, gestão, material, ambiente de trabalho e fatores humanos.

Considerando que o transporte rodoviário de produtos petrolíferos vem registrando altos índices de fatalidades na Índia, Gangadhari *et al.* (2020) realizaram estudo para avaliar as causas raízes dos acidentes e identificar os danos reais causados por esses, analisando detalhadamente os acidentes usando dados primários e secundários. Este estudo foi o primeiro a cobrir a análise de acidentes com veículos de transporte de petróleo e suas consequências na Índia. A análise de relatórios de acidentes e contribuições de especialistas é resumida para fazer sugestões para a prevenção dos acidentes na indústria, construindo-se um diagrama de gravata-borboleta para representar os danos reais causados pelos incidentes e concluindo que os procedimentos de comunicação de emergência precisam ser melhorados para minimizar o impacto do acidente nas pessoas e no entorno.

Considerando a necessária avaliação de risco para determinar as causas e consequências da falha em uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR). Analouei *et al.* (2020) utilizaram como metodologia para avaliação de risco a abordagem da gravata-borboleta (BT), sendo uma técnica eficiente, pois representa um evento de falha das causas aos efeitos. Os

resultados mostraram um risco de 41% de violação do limite padrão de efluentes na ETAR. Além disso, a análise dos fatores de risco revelou que o erro humano foi o que mais contribuiu para o cálculo do risco de falha da ETAR. A este respeito, uma série de medidas de mitigação foram propostas para melhorar a confiabilidade da ETAR. Por fim, foi proposta a medida de mitigação para aumentar a confiabilidade do sistema. Os resultados mostraram a capacidade do modelo *Bowtie* na melhoria da operação e manutenção da ETAR com base na abordagem sistêmica.

Kovshov *et al.* (2020) desenvolveram uma metodologia para avaliar os riscos dos oleodutos russos, levando em consideração as difíceis condições de passagem e funcionamento das instalações de energia de combustível. Foi utilizado o método da gravata-borboleta, bem como um *checklist* padrão de verificação para a avaliação dos riscos e para medidas de redução, tomando como referência os maiores acidentes de dutos no mundo nos últimos tempos. São propostos métodos para visualizar informações de acidentes com posterior otimização de indicadores de risco durante a operação de dutos troncais.

Dadas as consequências catastróficas de vazamentos de materiais perigosos em caminhões, tornou-se necessário adotar uma abordagem coerente para a avaliação quantitativa de riscos neste processo. Mohammadfam *et al.* (2020) desenvolveram estudo com objetivo de avaliar o risco quantitativo no transporte rodoviário de materiais perigosos por meio de uma rede bayesiana e do sistema de inferência fuzzy. Usando uma análise de gravata-borboleta em uma rede bayesiana, este estudo conduziu uma análise de causa-efeito do vazamento de material em caminhões. Verificou-se que o uso de um diagrama *Bowtie* em uma rede bayesiana poderia ajudar a obter probabilidades mais precisas das consequências.

A análise de risco é de suma importância no transporte marítimo devido à natureza particularmente perigosa desta atividade. Desta forma, Arici *et al.* (2020) demonstram como o método de análise de gravata-borboleta fuzzy pode ser implantado para analisar o risco quantitativamente no contexto específico das operações de carga de navio a navio (STS) permitindo percepções específicas sobre o método a ser obtido. A metodologia de gravata-borboleta foi usada para prever o risco, enquanto um conjunto difuso é usado para firmar a imprecisão do julgamento de especialistas. Os eventos básicos enraizados em erro humano que podem levar a acidentes foram revelados e a probabilidade de ocorrência do evento principal foi calculada. Os resultados da pesquisa podem ser utilizados por profissionais de segurança marítima, a fim de mitigar os riscos potenciais e aumentar a segurança marítima durante a operação de STS.

Bensaci *et al.* (2020) desenvolveram uma abordagem abrangente para a análise quantitativa e dinâmica do risco para o cenário principal de vazamento de gás hidrogênio de uma unidade de cloração de uma usina de ciclo combinado com um sistema de resfriamento de uma passagem e suas consequências são levados em consideração para a análise de riscos potenciais. As causas-consequências do cenário foram analisadas por meio do diagrama *Bowtie*, levando em consideração os eventos básicos, eventos intermediários, barreiras de segurança e possíveis consequências do vazamento de gás hidrogênio da unidade de cloração. Para dinamizar a análise de risco e identificar o fator mais eficaz na ocorrência do evento de topo, o diagrama *Bowtie* (BT) foi transferido para a rede bayesiana (BN) apresentando uma combinação de dois tipos de análise de risco, os métodos STPA e *Bowtie*. A combinação de gravata-borboleta com STPA auxiliou no fornecimento de uma boa visualização e avaliação dos perigos obtidos pela STPA, uma vez que não há uma etapa sistemática clara para isso. Os resultados da análise mostram claramente que a abordagem de controle mais crítica que devemos evitar em tal ambiente estruturado e arriscado é a abordagem centralizada. Uma limitação dessa combinação é que a gravata-borboleta ainda é incapaz de quantificar todos os cenários potenciais e fatores causais obtidos pela STPA.

Considerando que o risco do transporte rodoviário de líquido inflamável é de grande incerteza devido às condições variáveis no tempo dos locais de passagem e do ambiente, o que leva a uma análise de risco desafiadora, Li *et al.* (2019) propuseram um método de análise de risco em tempo real para o transporte rodoviário de caminhões-tanque baseado na rede fuzzy bayesiana (FBN). No caso em que as estatísticas históricas de acidentes são limitadas, um modelo de estimativa probabilística que combina o julgamento de especialistas e a teoria dos conjuntos fuzzy é estabelecido para determinar as probabilidades anteriores e as probabilidades condicionais dos nós da rede bayesiana (BN). Foram realizados estudos de caso de acidentes típicos de transporte rodoviário de tanques para mostrar a variação do nível de risco com as condições internas e externas em diferentes momentos.

Agarwal *et al.* (2021) utilizaram um modelo integrando *Bowtie* (BT) e Rede bayesiana (BN) para avaliar a probabilidade de liberação de gás em reservatórios subterrâneos. O vazamento de gás natural para o exterior pode levar a graves consequências ambientais e de segurança. Uma abordagem de gerenciamento de risco com base em barreiras, incorporada ao modelo BT, fornece uma visualização útil dos riscos operacionais e seu gerenciamento seguro. A abordagem da BT envolve a identificação de perigos (ou ameaças) que levam a um evento importante, como liberação de gás natural para o ambiente externo. Cada perigo tem várias barreiras associadas que podem evitar a ocorrência do evento principal ou mitigar as

consequências. Os modelos BT foram construídos para sistemas de cabeça de poço e subsuperfície. No entanto, a abordagem BT não considera as interações entre diferentes perigos e barreiras. Além disso, a degradação da eficácia da barreira ao longo do tempo e do espaço normalmente não é quantificada. Modelos BN foram construídos para quantificar as probabilidades de falha das barreiras identificadas pela BT.

Borgheipour *et al.* (2021), considerando que acidentes em usinas são muito perigosos e dificultam seu acesso, portanto é fundamental ser capaz de prever e avaliar adequadamente os riscos relevantes, adotaram como cenário o vazamento de gás hidrogênio da unidade de cloração para avaliar o risco potencial de acidentes. Em seguida, utilizaram a técnica *Bowtie* e a análise da Rede bayesiana para determinar o tipo e a relação entre as causas efetivas dos acidentes catastróficos. O estudo forneceu uma abordagem abrangente para a análise quantitativa e dinâmica do risco deste cenário levando em consideração as consequências para a análise de riscos potenciais. As causas-consequências do cenário foram analisadas por meio do diagrama *Bowtie*, levando em consideração os eventos básicos, eventos intermediários, barreiras de segurança e possíveis consequências do cenário proposto.

Rayner Brown *et al.* (2021) utilizaram como técnica de análise de risco (PHA) a metodologia de gravata-borboleta para desenvolver um protocolo de serviço de saúde para incorporar os princípios de projeto inerentemente mais seguro (ISD) ao método de análise de risco de gravata-borboleta. Este protocolo serve para aprimorar a adoção de ISD nos sistemas de gerenciamento de segurança de processo a partir da identificação de barreiras baseadas em ISD em diagramas de gravata-borboleta para melhorar a implementação do ISD dentro das estruturas de gerenciamento de segurança do processo (PSM). O projeto inerentemente mais seguro (ISD) é um componente da segurança industrial que se concentra na eliminação e redução de riscos usando quatro princípios: minimização, substituição, moderação e simplificação. A validação do protocolo ilustrou as oportunidades de considerar o ISD na análise de gravata-borboleta, ao mesmo tempo em que enfatizou claramente a importância de identificar fatores de degradação e controles para garantir a integridade e eficácia da barreira.

Esmaeeli *et al.* (2022) aplicaram a análise de causa raiz (RCA) e a análise *Bowtie* (BTA) para identificar as principais causas e consequências de acidentes ocorridos em transporte de produtos perigosos em ferrovias canadenses no período de 2007 a 2017, através de descarrilamentos de trens.

Com base nesta revisão da literatura, apesar de se observar a aplicabilidade da ferramenta *Bowtie* em diferentes contextos e casos na avaliação de riscos, não foi evidenciada uma

abordagem de aplicação da *Bowtie* no contexto de risco nas operações rodoviárias, ou ainda envolvendo sistemas de transportes rodoviários de passageiros.

### **2.9.1 Potencial de Inovação**

O próprio referencial legal que regulamentou o AIR no âmbito das Agências Reguladoras Federais estabelece que deverá conter a identificação e definição dos efeitos e riscos decorrentes da edição, da alteração ou da revogação do ato normativo e, ainda, que a análise de risco poderá ser uma das metodologias adotadas para aferição da razoabilidade do impacto econômico, de que trata o art. 5º da Lei nº 13.874, de 2019.

No entanto, embora haja a previsibilidade de uma abordagem do risco no contexto da Análise de Impacto Regulatório, ressaltamos que, salvo algumas exceções, ainda é bastante incipiente a aplicação prática das ferramentas e técnicas de gestão de riscos no contexto das avaliações regulatórias e ainda menos evoluído, no âmbito das Agências Reguladoras Estaduais, que, diferentemente das Agências Reguladoras Federais, ainda não institucionalizaram a obrigatoriedade de desenvolvimento prévio de análise de impactos regulatórios.

Portanto, como caráter inovador, o presente estudo pretende apresentar de forma sistematizada uma contribuição do processo da análise de riscos na estrutura da análise de impacto regulatório, abordando de forma mais detalhada os conceitos, ferramentas e técnicas mais significativos da literatura técnica e científica que possam auxiliar as Agências Reguladoras na gestão de crises e tomadas de decisão tempestivas e assertivas. Assim sendo, resultará em uma proposta de um *framework* regulatório que incorpore, dentre as estruturas clássicas e reconhecidamente exitosas existentes na literatura técnica e científica, os elementos que constituem a análise de riscos.

O presente estudo também apresenta, de maneira prática, a experiência do regulador com aplicação de ferramentas e técnicas de análise de riscos que possibilitem a continuidade do negócio em situações críticas, ou seja, o uso de ferramentas apropriadas de gestão de risco contribuirá efetivamente para a proteção de infraestruturas críticas dos centros urbanos como o transporte público, e, portanto, para a resiliência das mesmas.

Sob o enfoque do poder concedente, isso se traduz na assertividade de tomada de decisões e cumprimento do papel do poder público em manter a disponibilidade do serviço essencial à sociedade e bem-estar social. Sob o enfoque das prestadoras de serviço, isso se traduz na

manutenção de empregos e de seus negócios. Sob o enfoque dos usuários, isso se traduz em minimização dos danos severos à saúde ou perdas de vidas.

De acordo com Jayatilake e Bunker (2021), sistemas públicos de transporte têm sido afetados durante a pandemia global da COVID-19, com a redução de seu uso. A partir deste novo cenário, o comportamento dos passageiros e as decisões sobre a utilização de transporte público tem mudado em todo o mundo, sendo de suma importância o desenvolvimento de pesquisas nesta direção. Alguns estudos recentes têm sido observados sob esta ótica na literatura.

Jayatilake e Bunker (2021) apresentam um estudo para identificar o impacto da COVID-19 na distribuição de passageiros que aguardam a chegada de BRTs nas plataformas de embarque durante o período de pico numa das principais estações de BRT na cidade de Brisbane, Austrália.

Mutzel e Sceiner (2021) conduziram um estudo para mensurar o impacto da pandemia da COVID-19 no sistema metroviário de Taiwan. Os autores afirmam que, apesar do sucesso no controle da pandemia do COVID-19, a utilização do metrô reduziu drasticamente e parece permanecer em patamar mais baixo do que o período pré-pandemia, mesmo com a pandemia estando sob controle. Estas afirmações podem estar associadas a uma série de ameaças para o setor de transporte público, como, por exemplo, as perdas financeiras. Os autores reforçam que os dados utilizados no estudo não possibilitam investigar se o declínio de passageiros se deve porque as pessoas estão saindo menos de suas residências ou porque as pessoas estão migrando para outros modais de transporte. Estas afirmações mostram que a pandemia da COVID-19 pode impactar a longo prazo a utilização de transporte público pelos passageiros.

Observando o ambiente atípico de criticidade elevada das operações rodoviárias do transporte público de passageiros em um cenário bastante adverso como o evidenciado pela pandemia global da COVID-19 e que não se observou no levantamento bibliográfico precedentes de estudos de avaliação de riscos utilizando a metodologia *Bowtie* voltados às operações rodoviárias em situações de elevado risco aos passageiros, considera-se ser compatível o uso da metodologia *Bowtie* para o contexto das tomadas de decisão do órgão regulador e das partes interessadas e que poderá trazer uma contribuição importante para a minimização dos danos decorrentes da crise sanitária no setor de transporte rodoviário, ou seja, em um contexto mais abrangente, uma demonstração prática e em ambiente real de como os conhecimentos da área de segurança, confiabilidade e riscos pode contribuir fortemente para tornar as infraestruturas urbanas mais resilientes a eventos catastróficos desta magnitude.

### 3 METODOLOGIA E ESCOPO DA PESQUISA

Classificou-se a presente pesquisa sob três aspectos metodológicos:

- Quanto à natureza, esta pesquisa caracterizou-se como aplicada, pois tem o objetivo de proporcionar uma solução concreta ao problema estudado, ou seja, busca uma finalidade prática. A pesquisa aplicada é dedicada à geração de conhecimento para a solução de problemas específicos e é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular.
- Quanto aos objetivos, tem natureza exploratória, pois, conforme menciona Gil (1991), pesquisas exploratórias objetivam facilitar familiaridade do pesquisador com o problema objeto da pesquisa, para permitir a construção de hipóteses ou tornar a questão mais clara; assim, utilizaram-se a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso como suporte à compreensão do problema.
- Quanto à abordagem, tem característica qualitativa, pois baseia-se na interpretação dos fenômenos observados e no significado que carregam, ou no significado atribuído pelo pesquisador, dada a realidade em que os fenômenos estão inseridos. Considera a realidade e a particularidade de cada sujeito objeto da pesquisa.

A metodologia auxilia a compreender o processo de construção da pesquisa científica. Constitui-se, pois, o delineamento da etapa em que o pesquisador passa a considerar a aplicação dos métodos que proporcionam os meios técnicos para a investigação, tornando-se necessário para o confronto da visão teórica do problema com os dados da realidade (GIL, 2012).

Rovai (2005) descreve inúmeros fatores presentes na abordagem qualitativa de pesquisa que são coerentes e estão consubstanciados neste estudo:

- Maior proximidade do pesquisador junto aos fenômenos, objetos de estudo da pesquisa;
- Ênfase no contexto organizacional da instituição a ser pesquisada, dada a proximidade do pesquisador do objeto de pesquisa;
- Acessibilidade e maior proximidade que facilitam o processo de entendimento dos fenômenos;
- Possibilidade de acesso a várias fontes de dados devido à proximidade;
- Melhor condição de administrar o intervalo de tempo necessário à pesquisa;

- Maior possibilidade de entendimento do contexto e cultura organizacional.

Assim sendo, a dissertação foi desenvolvida em duas partes. Na primeira parte, o estudo discorre sobre a avaliação dos riscos no planejamento das intervenções regulatórias, sendo em geral a Análise de Impacto Regulatório (AIR) o instrumento formalmente adotado pelas Agências Reguladoras para a avaliação dos impactos de possível intervenção para solução ou minimização do problema estudado buscando enfatizar a contribuição da avaliação de riscos neste contexto.

Na segunda parte, por advento da pandemia e a conseqüente elevação da criticidade dos riscos envolvidos nas operações rodoviárias do transporte público de passageiros, desenvolveu-se a aplicação em caso prático de uma ferramenta de gestão de riscos nas operações de transporte de passageiros.

Cabe esclarecer que esta pesquisa não tem por objetivo oferecer uma solução única e definitiva para o processo de avaliação dos mais diversos riscos envolvidos na atividade regulatória. Portanto, o que será apresentado demonstra a importância e as possibilidades de uso de ferramentas e/ou técnicas estruturadas de análise de risco que podem contribuir para a melhoria regulatória nas atividades das Agências Reguladoras e atender aos requisitos de qualidade dos serviços públicos de transporte, destacando o conceito de Juran e Gryna (1974), que associa qualidade à ideia de "adequação ao uso", ou seja, a adequação ao uso é determinada por aquelas características do produto ou serviço que o usuário reconhece como benéficas para si.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

Um dos grandes desafios dos governos por meio das suas Agências Reguladoras é reduzir a carga regulatória, sendo essencial melhorar o desempenho dos reguladores, inclusive apoiando-os a adotar abordagens consistentes e baseadas em riscos para administrar a regulação.

Os custos regulatórios não vêm apenas do desenho das regulamentações. Uma regulação mal administrada pode impor custos desnecessários que reduzem a produtividade. Esses custos inevitavelmente migram para os negócios de forma mais ampla e para a comunidade, mesmo onde seu impacto inicial está em um determinado negócio. Esses custos podem impactar negativamente a viabilidade das empresas nacionais, especialmente aquelas expostas à concorrência no exterior.

Desenvolver uma estrutura que permita aferir e comunicar o desempenho dos reguladores dará aos negócios, à comunidade e aos indivíduos confiança de que os reguladores gerenciam de forma eficaz e flexível o risco associado às suas decisões. A gestão de risco aplicada no âmbito regulatório é condição essencial na proteção dos interesses da comunidade, especialmente quando falamos de serviços públicos essenciais.

Os marcos regulatórios administrados eficientemente podem melhorar o funcionamento das empresas, mercados e da economia, trazer grandes benefícios para os indivíduos e levar a menos requisitos de recursos para os reguladores.

Silva (2017) sinaliza que técnicas alternativas de regulação, como a “regulação responsiva”, demonstram amadurecimento da agência no sentido de alcançar seus objetivos. Ações excessivamente prescritivas que criem barreiras ou custos desnecessários aos regulados dispostos a cooperar podem gerar uma cultura de desincentivo e resistência à conformidade. Kolieb (2015) propõe uma representação gráfica (Figura 17) do modelo de regulação responsiva no formato que ele chama de Diamante Regulatório (*Regulatory Diamond*).

O diamante é dividido ao meio pelos padrões mínimos de comportamento. A regulação de conformidade (*compliance regulation*) destes padrões está na parte inferior do diamante. A regulação aspiracional (*aspirational regulation*), na parte superior da figura, representa aquilo que a agência espera para além dos padrões mínimos. Observa-se que a área de cada uma das duas porções se reduz à medida em que se caminha para as extremidades do diamante. Isso significa que quanto mais distante da linha que divide a figura ao meio, menor é a frequência

de mecanismos. Ao se afastarem da linha mediana, estes mecanismos passam a ter mais intensidade punitiva na parte inferior e passam a ser mais recompensadores na parte superior.

Figura 21 - Modelo de regulação responsiva (diamante da regulação)



Fonte: Adaptado de KOLIEB (2015)

#### 4.1 PROPOSTA DE ESTRUTURA E PROCESSO PARA UMA AIR BASEADA EM RISCOS

A proposta de desenvolvimento de um *framework* com enfoque na avaliação de riscos objetiva obter um melhor desempenho do papel do regulador no desenvolvimento das Análises de Impacto Regulatório (AIR), pretendendo:

- ver holística e mais profundamente o problema;
- facilitar a avaliação de desempenho;
- garantir a prestação de contas (*accountability*);
- ser transparente;
- ser econômico; e
- complementar, em vez de duplicar, outros processos.

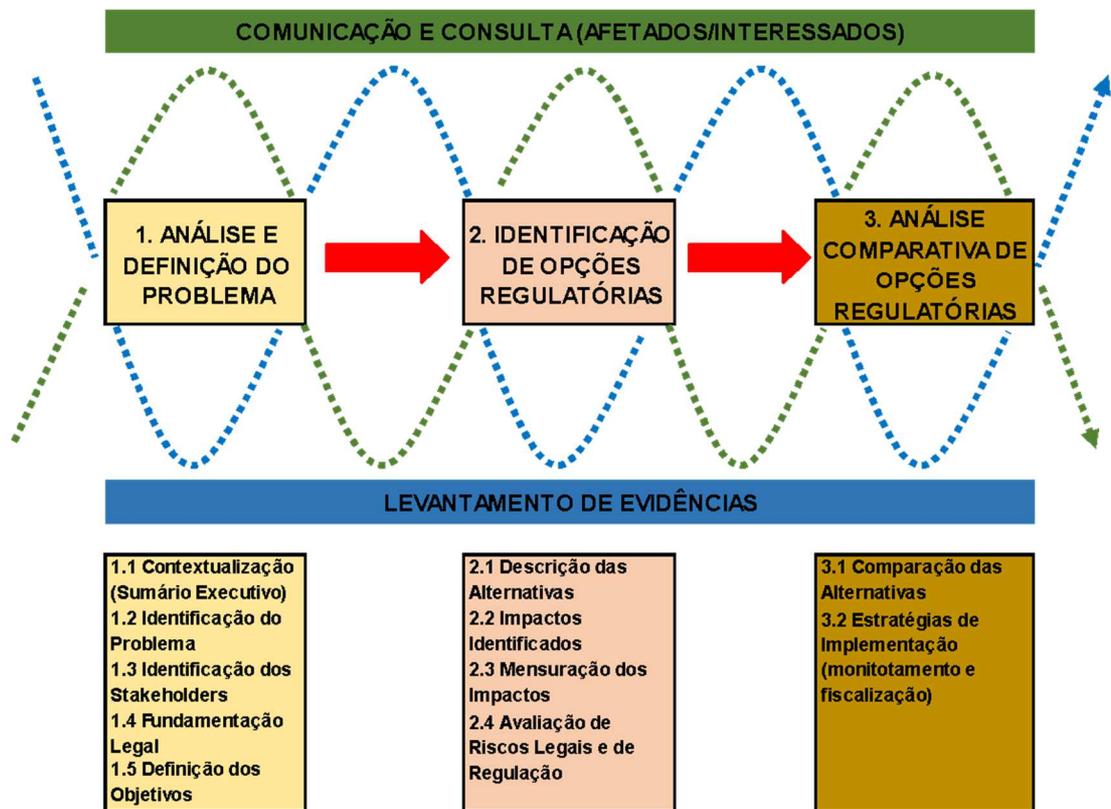
A AIR é um processo de diagnóstico do problema, de reflexão sobre a necessidade de atuação regulatória e de investigação sobre a melhor forma de executá-la, tendo como papel principal fornecer uma análise objetiva e estruturada que subsidie de maneira consistente a tomada de decisão do ente regulador. Assim sendo, as principais fases do processo de construção da AIR são:

I – **Análise e definição do problema:** objetiva promover o entendimento acerca da natureza, magnitude, causas e consequências do problema e dos objetivos pretendidos.

II – **Identificação das opções regulatórias:** objetiva mapear possíveis soluções para o problema regulatório e o atingimento dos objetivos, considerando a opção de manutenção da situação atual, além das soluções normativas e, sempre que possível, opções não normativas.

III – **Comparação das opções regulatórias:** objetiva identificar os impactos das opções regulatórias e compará-los entre si, visando demonstrar a opção mais adequada para alcançar os objetivos pretendidos.

Figura 22 - Estrutura proposta para AIR baseada em riscos



Fonte: Adaptado do Ministério da Economia (2020)

O levantamento de evidências e a consulta aos agentes afetados ocorrem ao longo de todas as fases da AIR, e o ideal é que sejam realizados desde o início da fase de estudos, pois contribuem decisivamente para a robustez do processo regulatório.

Nas próximas subseções, será detalhada a estrutura proposta para AIR baseada em riscos.

## 4.2 ANÁLISE E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Neste subtópico, apresentamos fatores relacionados à análise e definição do problema, como sua contextualização e identificação, agentes econômicos e demais afetados pelo problema regulatório, fundamentação legal e objetivos.

#### **4.2.1 Contextualização do Problema**

Conforme Brasil (2018), o sumário deve descrever de forma sucinta e abrangente o problema regulatório, os objetivos a serem alcançados, as alternativas de solução, a alternativa escolhida e a justificativa da escolha, bem como os possíveis impactos decorrentes da decisão.

O objetivo do Sumário é servir como uma introdução à Análise de Impacto Regulatório, devendo ser empregada linguagem simples e acessível ao público geral (Inciso I, art.6º, Decreto Federal nº 10.411/2020).

A pandemia da COVID-19 apresenta um ambiente extremamente desafiador para a sociedade e atividade econômica (comércio, indústria, serviços, etc.). À medida que as organizações necessitam manter suas operações ou se preparar para a retomada das atividades, a necessidade de gerenciar os riscos inerentes a essas atividades é primordial. A análise *Bowtie* e sua aplicação em um processo integrado de gerenciamento de riscos podem nos ajudar a entender e gerenciar melhor esses riscos.

#### **4.2.2 Identificação do Problema**

A assertividade de uma AIR parte da correta identificação do problema regulatório, com a determinação das causas que o originaram e seus possíveis efeitos (extensões) resultantes das mesmas. Comumente, percebemos os efeitos de um problema, ou seja, os resultados indesejáveis daquela situação; no entanto, nem sempre as causas estão na superfície do contexto problemático. Assim sendo, a percepção de um problema está diretamente relacionada aos efeitos que ele produz e a definição desse mesmo problema às causas que o originaram (LONGARAY, 2013). Nesse sentido, Hammond, Keeney e Raiffa (1998) sugerem que a avaliação inicial de um problema deve observar:

- O “porquê” da ação decisória (gatilho que originou a decisão e sua conexão com o problema).
- As restrições existentes na situação que causam a redução das alternativas a serem consideradas.

- A identificação dos elementos-chave do problema por meio da segmentação entre as partes que o compõem, que possibilite uma decisão que atinja o objetivo desejado.
- As compreensões de quais outras decisões afetam e são afetadas pelo problema em análise.
- A busca por novos *insights*, buscando outras visões e perspectivas de atores e *stakeholders* que não necessariamente estejam diretamente relacionados ao problema.

#### 4.2.3 Identificação dos Agentes Econômicos e Demais Afetados pelo Problema Regulatório

A adequada identificação dos *stakeholders* é uma das questões-chave para o entendimento e a abrangência do problema regulatório a ser considerado na Avaliação de Impacto Regulatório.

Em tradução literal, *stakeholders* significam grupos de interesse ou atores envolvidos. Define-se *stakeholder* como um indivíduo, grupo ou organização que pode afetar, ser afetado por ou perceber a si mesmo como afetado por uma decisão, atividade ou resultado de um projeto (PMI, 2013).

Entende-se por *ator* todo aquele indivíduo envolvido direta ou indiretamente no processo decisório e que pode exercer influência sobre aquele cenário decisional. Os atores podem ser classificados em *intervenientes* e *agidos*. Intervenientes são aqueles atores que, de forma intencional, participam diretamente da decisão com o objetivo de fazer prevalecer suas ideias, opiniões e interesses. No que tange aos agidos, esses são atores que sofrem de forma passiva as consequências das decisões. Embora os agidos não se envolvam diretamente no processo, deve-se levar em conta que eles podem exercer pressões sobre os intervenientes (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Ensslin *et al.* (2001) destacam que, entre os intervenientes, pode-se distinguir três tipos de atores. Os *decisores* são atores cujo poder de decisão foi formalmente ou moralmente delegado. Os *representantes* são aqueles atores designados pelo decisor para representá-lo no processo de apoio à decisão, seja individualmente ou por integração em comitês e representações. Por fim, o *facilitador* é o ator interveniente que tem por função facilitar o processo e trâmite da tomada de decisão, fazendo uso de ferramentas construídas com essa finalidade.

A identificação dos atores intervenientes e agidos em um contexto regulatório deve ser realizada de forma factual e com base em dados primários (entrevistas, *surveys*, reuniões com

grupos, *brainstorms* de equipe do problema) e dados secundários (guias, documentos de referência, portfólios).

#### **4.2.4 Identificação da Fundamentação Legal**

Após a definição do problema e de suas causas, faz-se necessário identificar a fundamentação legal relativa à competência legal do órgão ou entidade para atuar sobre o problema em questão e que, portanto, ampara suas ações. É importante que o Relatório de AIR detalhe os dispositivos legais que determinam que a competência de tratar o assunto é do órgão ou entidade. Leis, decretos, resoluções, portarias e regimento interno são exemplos que dão a base legal para o órgão ou entidade regulamentar a matéria em questão.

#### **4.2.5 Definição dos Objetivos a Serem Alcançados**

Estabelecido o problema regulatório a ser contemplado pela AIR, bem como os atores direta e indiretamente envolvidos no cenário, a etapa subsequente diz respeito à definição clara e delimitada dos objetivos a serem alcançados com a decisão que necessita ser tomada.

A correta definição dos objetivos, de forma detalhada, contendo indicadores robustos e que possam ser passíveis de quantificação, é fundamental para que seja exequível estabelecer parâmetros de comparação entre possíveis alternativas para a solução do problema regulatório. Para que haja uma especificação clara dos objetivos, Drucker (2001, p.16) sugere que os decisores exercitem os seguintes questionamentos:

- Quais são os objetivos que a decisão tem que alcançar?
- Quais são as metas mínimas que a decisão deve atingir?
- A que condições-limite os resultados da decisão terão que ser submetidos?
- Quais são os KPIs que serão utilizados para acompanhar a eficiência da regulação?

Importante, também, é a observância quanto aos níveis dos objetivos a serem alcançados em um processo de decisão. De acordo com Longaray (2007), as metas decisórias podem ser classificadas em estratégicas, táticas e operacionais. Enquanto um objetivo estratégico diz respeito a um indicador com impacto amplo e institucional (p. ex., posicionar politicamente a agência reguladora frente ao mercado internacional quanto às questões de desregulamentação), tem-se na outra ponta objetivos operacionais, voltados à execução efetiva do que foi postulado no objetivo estratégico (p. ex., veicular campanha publicitária na internet para que empresas de

inovação de outros países conheçam a atuação da agência em âmbito mundial). No intermédio dos objetivos estratégicos e operacionais, estão os objetivos táticos, que estabelecem as ferramentas para que os objetivos estratégicos sejam alcançados com a execução dos objetivos operacionais (p. ex., usar a ferramenta de pesquisa de opinião e chamada pública para determinar a forma de prospectar a política de desregulamentação da agência).

### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DE OPÇÕES REGULATÓRIAS

Neste subtópico, descrevemos alternativas de solução, bem como identificamos e mensuramos os impactos dessas alternativas.

#### 4.3.1 Descrição de Alternativas de Solução

O objetivo dessa parte do Relatório de AIR é mapear todas as alternativas possíveis para a resolução do problema regulatório que foi identificado. Recomenda-se que se busquem, sempre que possível, soluções não normativas. Além disso, é importante que se considerem as opções de não ação, inclusive a alternativa de não criação de uma regulação, assim como as diferentes alternativas de soluções normativas.

Outro fator importante é que sejam desconsideradas as alternativas inviáveis antes da análise, para evitar o risco de uma análise tendenciosa. Esse é o momento de levar em consideração alternativas não normativas e/ou inovadoras. Existe uma classificação das alternativas de ação não normativas, conforme a classificação utilizada pela OCDE (2013), apresentadas a seguir:

- **Autorregulação:** ocorre quando um grupo organizado regula o comportamento de seus membros. A elaboração e monitoramento, pelo próprio setor, das normas, ações ou códigos que disciplinam suas atividades aumentam a aceitação dessas normas e faz com que os atores se sintam mais responsáveis pelo seu cumprimento.
- **Corregulação:** ou regulação compartilhada, ocorre quando a indústria desenvolve e administra seus padrões, mas o governo fornece o apoio legal para permitir que eles sejam aplicados. Em geral, o governo determina padrões ou parâmetros de qualidade ou performance, permitindo que os atores escolham a melhor forma de adequar seus produtos, processos, serviços ou tecnologia para atender o desempenho esperado.

- **Incentivos Econômicos:** são instrumentos que buscam alterar o comportamento dos agentes por meio de incentivos econômicos. Em geral, por meio da alteração de preços ou custos relativos de produtos, insumos, tecnologias e serviços.
- **Informação e Educação:** são instrumentos que se apoiam na divulgação de informações e de educação, seja para corrigir a assimetria de informação entre os agentes ou melhorar seu conhecimento sobre algum fator relacionado ao problema.

#### **4.3.2 Identificação e Mensuração dos Impactos das Alternativas**

Esta etapa da AIR tem o objetivo de apontar os impactos de cada alternativa de ação, incluindo as estimativas de custos regulatórios, de modo a identificar se seus benefícios superam seus custos e desvantagens quando comparados à alternativa de não ação. Impactos sobre a concorrência e competitividade; impacto sobre as micro e pequenas empresas; impactos sobre o comércio internacional ou nível de abertura dos mercados; impactos sobre saúde; impactos sobre segurança; impactos ambientais; impactos sobre custos administrativos; e impactos orçamentários são os mais relevantes devem ser considerados nessa etapa.

A mensuração dos impactos das alternativas de ação pode ser feita de diferentes maneiras, contudo, o Decreto de AIR (BRASIL, 2020b), estipula que, para aferição da razoabilidade do impacto econômico, de que trata a Lei nº 13.874 (BRASIL, 2019c), deve-se adotar uma das seguintes metodologias apresentadas no Quadro 5.

MÉTODO	CONCEITO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Análise Multicritério	Consiste na comparação de alternativas considerando seu desempenho à luz de diversos critérios relevantes. Cada critério recebe uma pontuação e uma ponderação de acordo com sua contribuição esperada para a obtenção dos objetivos definidos.	Permite incorporar à análise, além de aspectos técnicos e econômicos, outros aspectos sociais, políticos ou ambientais, cujos impactos podem ser de difícil mensuração, mas que têm relevância para os objetivos desejados. Permite definir e explicitar de forma objetiva e transparente os critérios que serão aplicados para comparar as alternativas de ação possíveis, mesmo que estes critérios sejam qualitativos. <u>Permite agregar à análise questões distributivas.</u>	O nível de subjetividade utilizado na pontuação e na ponderação dos critérios utilizados para a análise das alternativas pode gerar questionamentos sobre o resultado obtido. Nem sempre permite incorporar a diferença de valor dos custos e benefícios no tempo.
Análise Custo Benefício	Consiste na comparação dos valores monetários (em valor presente) dos custos e benefícios esperados da intervenção. A intervenção é considerada adequada sempre que o valor presente dos seus benefícios for superior ao valor presente dos custos que ela acarretará aos envolvidos.	Oferece uma forma objetiva de mensurar os impactos favoráveis e desfavoráveis da intervenção.	Nem todos os custos e benefícios podem ser monetizáveis ou quantificáveis, em função de sua natureza ou da limitação de dados. Além disso, uma análise global não considera os efeitos distributivos das alternativas de ação. Por isso, pode exigir uma análise complementar para verificar se custos e benefícios são disseminados ou concentrados em determinados atores ou grupos pode ser necessária.
Análise Custo Efetividade	Consiste na comparação dos custos entre alternativas que geram benefícios de natureza semelhantes ou, alternativamente, numa comparação dos custos por unidade de benefício potencial. Considera tanto os custos (em termos monetários) como os resultados (em termos de benefícios) e é medido em termos de custos adicionais por êxito adicional. É usada quando os resultados das intervenções variam, mas podem ser medidos na mesma unidade.	Permite um índice de comparação de eficiência das diferentes alternativas e a eliminação daquelas menos eficientes. Demanda uma quantidade menor de dados que a análise de custo-benefício, pois não exige a monetização dos benefícios gerados. Em alguns casos, esta metodologia é utilizada para evitar controvérsias na monetização de determinados benefícios como vida, saúde, segurança, etc.	Este método assume os benefícios como um parâmetro predefinido, permitindo encontrar apenas a forma menos custosa de alcançá-los. Entretanto, o alcance destes benefícios pode ser objeto de questionamento, já que nem sempre podem representar o melhor para a sociedade como um todo. Uma limitação desta metodologia é que ela não permite quantificar se seus benefícios superam os seus custos. Além disso, os resultados encontrados em termos de custo por unidade de benefício podem não oferecer uma resposta definitiva sobre a melhor alternativa. Em alguns casos, pode ser necessário, por exemplo, definir um limite máximo para os custos que se pode ou que se deseja suportar ou dos custos que serão impostos a terceiros.
Análise Custo	Consiste na comparação direta dos custos impostos pelas alternativas nas empresas, consumidores, trabalhadores, governo, etc. É utilizada quando o foco é a identificação da opção de menor custo para obtenção de um determinado benefício.	Permite uma forma direta de demonstrar qual o custo total gerado por cada alternativa de ação.	Não considera os benefícios gerados, não permitindo diferenciar alternativas que impõem o mesmo custo total mas geram benefícios potenciais diferentes.
Análise de Risco	Utilizada quando o problema regulatório é um tipo de risco e o objetivo desejável é minimizar este risco. Não se confunde com a análise de risco voltada a examinar os riscos envolvidos nas alternativas de ação consideradas. Consiste na análise das alternativas de ação para identificar aquela que é capaz de reduzir de forma mais eficaz e eficiente o risco identificado.	Permite identificar se as alternativas serão capazes de promover a redução de riscos de modo significativo.	Não considera os custos para a redução dos riscos e não considera outros impactos potenciais das alternativas.
Análise de Risco-Risco	Similar à análise de risco, mas inclui não só os riscos diretamente afetados, como também os riscos indiretamente impactados por cada alternativa de ação. Utilizada para avaliar o impacto líquido de cada alternativa sobre o risco total em situações em que um tipo de risco pode ser substituído por outro.	Permite uma abordagem mais ampla, considerando a redução total do risco em virtude das possíveis alterações no comportamento dos agentes em resposta à ação considerada.	Definir se o saldo final nos riscos é positivo ou negativo nem sempre é tarefa simples, sobretudo quando os riscos envolvidos são de tipos diferentes.

Fonte: Adaptado de Casa Civil (2018)

Todas as metodologias aqui elencadas têm sido aplicadas com êxito em problemas de contexto regulatório. A opção de adoção de uma determinada metodologia leva em conta sua adequação ao cenário e seus atores, aos dados e às alternativas de ação.

O Decreto regulamentador da AIR também estipula que a escolha de metodologia deverá ser justificada e apresentar o comparativo entre as alternativas sugeridas (BRASIL, 2020b, Art. 7º, § 1º). O órgão ou entidade poderá escolher outra metodologia além daquelas mencionadas, desde que justifique tratar-se da metodologia mais adequada para a resolução do caso concreto (BRASIL, 2020b, Art. 7º, § 2º).

Assim sendo, considerando o contexto da crise sanitária iniciada no início de 2020 e a urgente necessidade de tomadas de decisões de curto prazo pelo agente regulador de transporte para conter o avanço da pandemia com a iminente possibilidade de haver um colapso no sistema de transporte intermunicipal de passageiros mediante redução abrupta e imprevisível de demanda ou ainda pela grande capacidade indutora de propagação do vírus na sociedade, consideramos que a metodologia mais adequada para a mensuração dos impactos seria uma análise de riscos, permitindo após a identificação dos riscos, estabelecer ações mais eficazes para minimizar os mesmos.

#### 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS OPÇÕES REGULATÓRIAS

Neste tópico, fazemos a análise comparativa das opções regulatórias, comparando as alternativas, expondo estratégias de implementação, apresentando o desenvolvimento da aplicação da Metodologia *Bowtie*, entre outras análises.

##### 4.4.1 Comparação das Alternativas

O Decreto regulamentador da AIR estipulou em seu artigo 7º um rol de metodologias para aferição da razoabilidade do impacto econômico que deverá ser justificada e apresentar o comparativo entre as demais alternativas (BRASIL, 2020b).

É importante apontar que a utilização de uma metodologia não exclui a utilização de outra, visto que é possível que exista o uso conjunto dessas metodologias indicadas no Decreto AIR. Por exemplo, é possível que existam impactos monetizáveis e não monetizáveis. Assim, para o levantamento de custos é necessária uma Análise de Custos, que sequencialmente deverão ser confrontados com os benefícios monetizáveis, utilizando uma Análise custo-benefício. Para uma avaliação completa, considerando as variáveis não monetizáveis, incorporam-se as variáveis da análise custo-benefício em uma Análise Multicritério. Ressalta-

se também que o órgão ou entidade poderá escolher outra metodologia além das mencionadas nessa seção, desde que justifique se tratar de metodologia mais adequada para a resolução do caso concreto. Nessa perspectiva, para um melhor uso analítico das variáveis levantadas na fase de coleta de dados.

#### **4.4.2 Estratégias de Implementação (Monitoramento e Fiscalização)**

##### **I. Análise do Ambiente e Fixação de Objetivos:**

O ambiente de controle está relacionado aos controles informais, que estão vinculados aos valores das pessoas da organização e são igualmente importantes para gerar um ambiente de controle saudável. A análise do ambiente tem a finalidade de colher informações para apoiar a identificação de eventos de riscos, bem como contribuir para a escolha de ações mais adequadas para assegurar o alcance dos objetivos do macroprocesso/processo.

Definidos pela alta administração, os objetivos devem ser divulgados a todos os componentes da organização, antes da identificação dos eventos que possam influenciar nos seus atendimentos. Eles devem estar alinhados à missão da entidade e devem ser compatíveis com o apetite a riscos.

##### **a) Informações sobre o órgão/unidade:**

- Sobre o Ambiente Interno: inclui verificar, entre outros elementos: integridade, valores éticos, competência das pessoas, maneira pela qual a gestão delega autoridade e responsabilidades, estrutura de governança organizacional, políticas e práticas de recursos humanos. O ambiente interno é a base para todos os outros componentes, provendo disciplina e prontidão para a gestão de integridade, riscos e controles internos da gestão.
- Sobre a Fixação de Objetivos: inclui verificar, em todos os níveis da unidade (departamentos, divisões, processos e atividades), se os objetivos foram fixados e comunicados. A explicitação de objetivos, alinhados à missão e à visão da organização, é necessária para permitir a identificação de eventos que potencialmente impeçam sua consecução.

As informações poderão ser obtidas por meio de pesquisas em regimento interno, planejamento estratégico, projetos, orçamento, relatórios gerenciais, relatórios dos órgãos de fiscalização e controle, entre outros e, são diretamente relacionadas ao órgão/unidade.

- b) Informações sobre o macroprocesso/processo: Deve-se registrar o objetivo geral do macroprocesso/processo, as leis e regulamentos e os sistemas utilizados na sua execução.
- c) Análise de SWOT: No que se refere a identificação de forças e fraquezas (pontos fortes e pontos fracos), bem como para analisar e registrar as possíveis influências do ambiente externo sobre o macroprocesso/processo quanto a oportunidades e ameaças (pontos fortes e pontos fracos), sugere-se a utilização da ferramenta Análise de SWOT:

Figura 23 - Modelo de análise SWOT

<b>AMBIENTE INTERNO</b>	<b>FORÇAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMBIENTE EXTERNO</b>
	Características internas que representam uma facilidade para alcance dos objetivos.	Situações positivas do ambiente externo que permitem o atingimento do objetivo.	
<b>AMBIENTE INTERNO</b>	<b>FRAQUEZAS</b>	<b>AMEAÇAS</b>	<b>AMBIENTE EXTERNO</b>
	Fatores internos que oferecem risco a execução do processo.	Situações externas que se tem pouco controle e representam dificuldades ao cumprimento do objetivo.	

Fonte: O Autor (2022).

## II. Identificação dos Eventos de Riscos

Esta etapa tem por finalidade identificar e registrar tanto os eventos de riscos que comprometem o alcance do objetivo do processo, assim como as causas e efeitos/consequências de cada um deles. Considere, neste momento, o resultado da análise do Ambiente e de Fixação de Objetivos.

Eventos são situações em potencial – que ainda não ocorreram – que podem causar impacto na consecução dos objetivos da organização, caso venham a ocorrer. Podem ser positivos ou negativos, sendo que os eventos negativos são denominados riscos, enquanto os positivos, oportunidades. Nessa metodologia, inicialmente, trataremos apenas sobre eventos negativos.

Por meio da identificação de eventos de riscos, pode-se planejar a forma de tratamento adequado e qual o tipo de resposta a ser dada a esse risco, destacando que os eventos de riscos devem ser entendidos como parte de um contexto, e não de forma isolada.

### III. Componentes do Evento de Risco:

- **Causas:** condições que dão origem à possibilidade de um evento ocorrer, também chamadas de fatores de riscos e podem ter origem no ambiente interno e externo.
- **Risco:** possibilidade de ocorrência de um evento que venha a ter impacto no cumprimento dos objetivos.
- **Consequência:** o resultado de um evento de risco sobre os objetivos do processo.

### IV. Avaliação de Eventos de Riscos e Controles

Esta etapa tem por finalidade avaliar os eventos de riscos identificados considerando os seus componentes (causas e consequências). Os eventos devem ser avaliados sob a perspectiva de probabilidade e impacto. Normalmente as causas se relacionam à probabilidade de o evento ocorrer e as consequências ao impacto, caso o evento se materialize.

A avaliação de riscos deve ser feita por meio de análises quantitativas e qualitativas ou da combinação de ambas e, ainda, quanto à sua condição de inerentes (risco bruto, sem considerar qualquer controle) e residuais (considerando os controles identificados e avaliados quanto ao desenho e a sua execução).

- **Risco inerente:** é o risco a que uma organização está exposta sem considerar quaisquer ações gerenciais que possam reduzir a probabilidade de sua ocorrência ou seu impacto;
- **Risco residual:** risco a que uma organização está exposta após a implementação de ações gerenciais para o tratamento do risco;
- **Controles internos da gestão:** conjunto de regras, procedimentos, diretrizes, protocolos, rotinas de sistemas informatizados, conferências e trâmites de documentos e informações, entre outros, operacionalizados de forma integrada pela direção e pelo corpo de servidores das organizações, destinados a enfrentar os riscos e fornecer segurança razoável na consecução da missão da organização.

### V. Resposta ao Risco

Compreendem as políticas e os procedimentos estabelecidos e executados para reduzir os riscos que a organização tenha optado por responder, também denominadas de procedimentos de controle. As atividades de controle devem estar distribuídas por toda a organização, em todos os níveis e em todas as funções. Incluem uma gama de controles internos da gestão (preventivos/detectivos) e a preparação prévia de planos de contingência em resposta à possível materialização de eventos de riscos. Em alguns casos a atividade de controle aborda diversos riscos e às vezes são necessárias diversas atividades para resposta a apenas um risco.

Conhecido o nível de risco residual, se verifica qual estratégia a ser adotada para responder ao evento de risco. A escolha da estratégia dependerá do nível de exposição a riscos previamente estabelecidos em confronto com a avaliação que se fez do risco (matriz de riscos).

A estratégia de respostas foi aprovada junto com a Matriz de Risco. Em função do nível de risco residual, tem-se sugestão de medida correspondente a ser adotada. As ações para responder os eventos de riscos devem ser compatíveis com a tolerância a riscos, considerar a relação custo-benefício, refletir se o efeito da resposta afeta a probabilidade ou o impacto, ou ambos, e designar um responsável pelas respostas (proprietário do risco).

## VI. Informação, Comunicação e Monitoramento

O acesso a informações confiáveis, íntegras e tempestivas é vital para que a gestão de integridade, riscos e controles internos da gestão seja adequada e eficaz no alcance de seus objetivos. Para isso, o fluxo das comunicações deve permitir que informações fluam em todas as direções, e que os direcionamentos estratégicos alcancem todos os níveis da organização. Além disso, as informações externas relevantes aos processos de trabalho também devem ser consideradas e compartilhadas tempestivamente. A comunicação voltada à sociedade também é objeto de controle, reduzindo riscos de respostas inadequadas às necessidades da população.

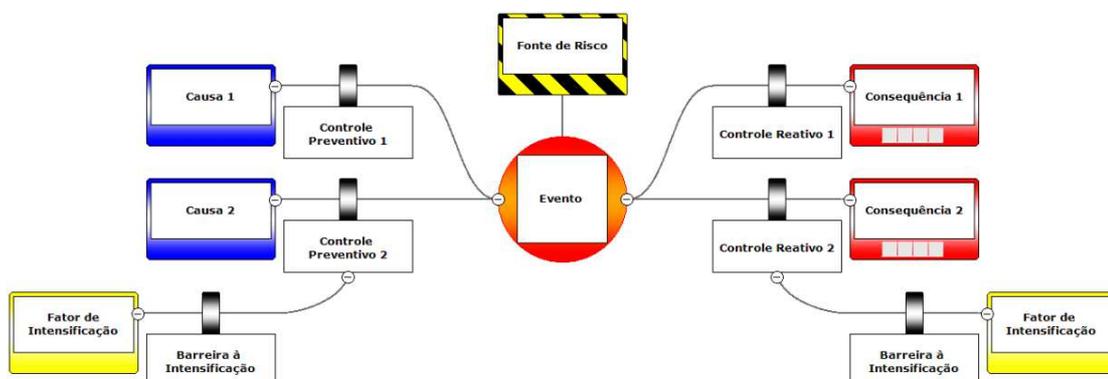
O monitoramento de toda a estrutura de governança e de gestão de integridade, riscos e controles internos da gestão permite que a organização se certifique da adequação dessa estrutura aos seus objetivos estratégicos. Com base nesse monitoramento, devem ser elaborados os Relatórios dos Planos de Implementação dos Controles, que serão avaliados pelas instâncias de supervisão. Caso sejam percebidas deficiências ou vulnerabilidades, recomendações serão feitas pela instância responsável para um aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão de integridade, riscos e controles.

#### 4.4.3 Desenvolvimento da Aplicação da Metodologia *Bowtie*

Em geral, o diagrama fornece uma imagem holística do sistema de gerenciamento de riscos e sua estrutura apresenta os seguintes elementos-chave:

- **Perigo:** ponto inicial da estrutura;
- **Evento principal:** a perda de controle do perigo;
- **Ameaças:** são apresentadas do lado esquerdo (geralmente de prevenção) do diagrama;
- **Consequências:** mediante a perda de controle do perigo, são apresentadas no lado direito (geralmente de mitigação) do diagrama;
- **Barreiras de Prevenção:** no lado esquerdo do diagrama, representam medidas preventivas que impedem que ameaças materializem o evento principal;
- **Barreiras de Mitigação:** mostrado à direita do evento superior, representa medidas de mitigação, que atenuam o evento principal (isto é, reduzem a escala e possivelmente interrompem consequências indesejadas);
- **Fatores de degradação:** pode ser aplicado tanto à prevenção quanto à mitigação barreiras e estas podem levar à deterioração ou falha da barreira à qual estão ligadas;
- **Controles de degradação:** agir para mitigar os fatores de degradação, ajudando a manter a barreira do caminho principal em sua função pretendida. Os controles de degradação podem, mas não necessariamente atendem, os critérios efetivos, independentes e auditáveis para barreiras.

Figura 24 - Elementos-chave do *Bowtie*



Fonte: Adaptado de CCPS (2008)

A seguir será apresentado sistematicamente o desenvolvimento das etapas-padrão com base nas principais literaturas técnico-científicas com suporte computacional do software de

análise de risco BowtieXP, marca registrada pela CGE Risk Management Solutions B.V., parte integrante da Wolters Kluwer/Enablon.

Também é pertinente observar que o suporte ou uso combinado de outras ferramentas e técnicas descritas na NBR ISO IEC 31010:2021, auxiliaram na execução de algumas etapas da metodologia *Bowtie*, assim sendo, foram utilizadas neste estudo, as técnicas de brainstorming/workshop, Análise de cenários, ALARP, matriz de probabilidade/consequência (matriz de riscos), conforme serão descritas nas etapas a seguir.

#### **4.4.4 Identificação do Perigo**

Os perigos podem ser operações/atividades, substâncias ou situações com as quais lidamos nos processos normais de um negócio e enquanto estiverem sob controle eles não causarão danos, mas introduzem o potencial de danos. Os perigos fazem parte do negócio ou atividade em condições normais e muitas vezes necessárias à execução da operação.

A identificação do perigo estabelece a base para início da análise sobre a qual são estabelecidas estimativas subsequentes de frequências e consequências. A identificação do perigo produz uma lista de situações acidentais (cenários) que podem resultar em uma variedade de consequências potenciais.

Os perigos potenciais são identificados para evitar o desconhecimento dos potenciais acidentes perigosos na avaliação de risco. A identificação de perigos também inclui uma classificação da significância de cada perigo em relação ao risco total.

Esta etapa subsidia a identificação do evento topo. Existem várias abordagens para a identificação de perigos e a seleção de uma técnica mais adequada depende do conhecimento e das informações disponíveis. Possíveis dados e ferramentas para a identificação de perigos são uma revisão da literatura, listas de verificação e estatísticas de acidentes, estudos de perigos e operabilidade e análise de modo e efeito de falha (FMEA). Nesta fase, alguns subsídios são importantes como auditorias de segurança, brainstorming, ativos de processos organizacionais e experiências de projetos anteriores bem como o envolvimento do pessoal diretamente envolvido nas operações.

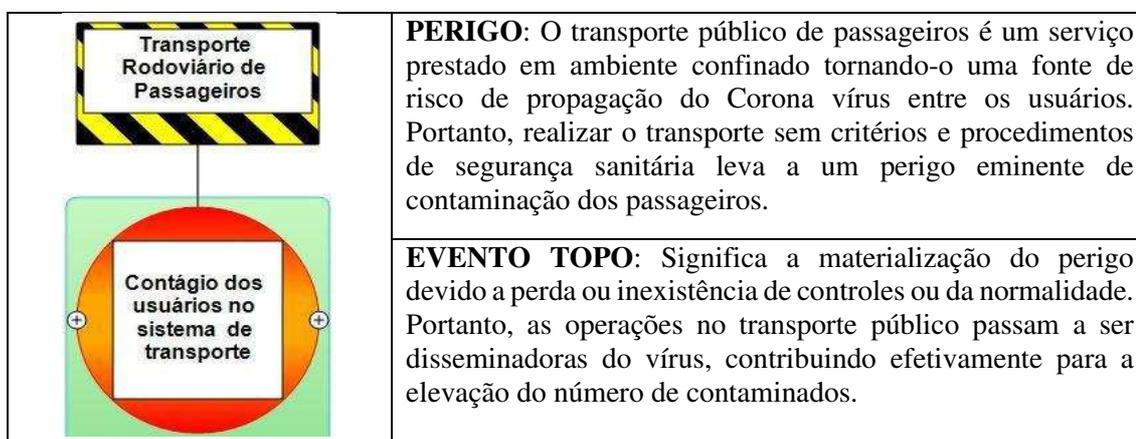
#### **4.4.5 Identificação do Evento Principal**

Na metodologia *Bowtie*, o evento topo é o evento principal da análise compreendido entre as ameaças e as consequências e corresponde ao momento em que acontece a perda de controle ou a perda das contenções que evitariam a materialização do perigo. Em analogia à Análise de

Árvore de Falhas (FTA), se resume ao evento indesejado destacado no topo da estrutura em que se analisa as principais falhas para determinação das causas e probabilidades de suas ocorrências. O evento perigoso é aquele que resultará em fatalidades ou de gravidade elevada, causador de danos à estrutura ou sistema e de impactos de grande escala, severa e/ou persistente nas operações.

Portanto, o evento topo para este estudo se refere a perda de controle de segurança sanitária das operações de transporte rodoviário de passageiros, ou seja, o evento indesejado e que se deseja evitar é que o sistema de transporte público seja um agente de disseminação do vírus, agravando a crise sanitária decorrente da pandemia, conforme apresentado a seguir.

Figura 25 – Identificação do perigo e evento topo



Fonte: O Autor (2022).

#### 4.4.6 Identificação e Avaliação das Ameaças

A ameaça ou causa é um possível evento inicial com potencial de resultar na perda de controle ou de contenção do perigo. É importante compreender os padrões básicos de contaminação do vírus dentro do sistema de transporte, tais como, terminais de passageiros, pontos de venda de passagem e principalmente dentro dos ônibus por ser ambiente fechado com menor distanciamento entre as pessoas. Esse conhecimento permite a identificação de pontos críticos para estabelecimento das medidas de controle eficazes que possam interromper a transmissão. Marques e Domingo (2021), afirmam que o COVID-19 é transmitido de pessoa a pessoa principalmente através da exposição a fluidos respiratórios contendo vírus infeccioso. A exposição ao vírus ocorre de três maneiras principais, que não são mutuamente exclusivas:

- inalação de vírus infeccioso (gotículas muito pequenas e partículas de aerossol);

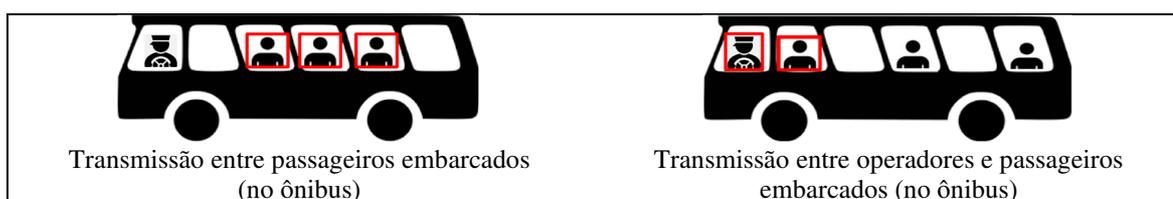
- deposição de vírus nas membranas mucosas expostas na boca, nariz ou olhos por respingos diretos e sprays; e
- tocar as membranas mucosas com as mãos contaminadas por fluidos respiratórios exalados contendo vírus ou por tocar em fômites contendo o vírus.

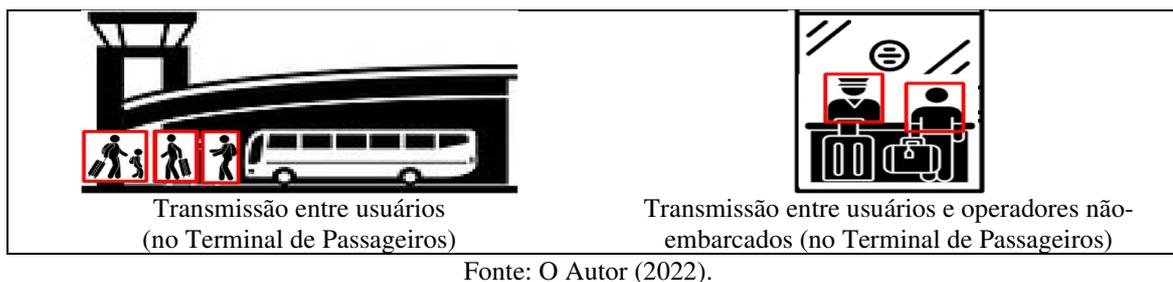
Kaur *et al.* (2020) e Zhang *et al.* (2020) consideram a transmissão por contato direto ou pelo ar (gotículas respiratórias e / ou aerossóis) como as rotas dominantes para a propagação de COVID-19. Zhang *et al.* (2020), Chin *et al.* (2020) e Van Doremalen *et al.* (2020) afirmam que o risco de infecção é influenciado pela distância da fonte, a quantidade de vírus a que uma pessoa é exposta e o tempo desde que o vírus foi depositado na superfície, uma vez que a viabilidade do SARS-CoV-2 ao longo do tempo é influenciada por fatores ambientais, como tipo de superfície, temperatura, umidade e radiação ultravioleta (por exemplo, luz solar). Assim sendo, admite-se duas principais vias de contaminação e propagação do vírus nas operações:

- transmissão por contato entre pessoas (motoristas, cobradores, passageiros, funcionários dos terminais);
- transmissão por contato em superfícies contaminadas (corrimãos, balaústres, manuseio de dinheiro, etc.).

Nesta pesquisa utilizou-se seções de brainstorming para definição das ameaças e consequências tomando como base uma análise interna envolvendo equipe de especialistas em regulação de transportes da Diretoria de Procedimentos e Logística, Superintendentes das áreas, fiscalização, unidades regionais e complementarmente e ainda tomou-se subsídios em reuniões da Comissão de Transporte Coletivo, composta por representantes do poder concedente (Secretarias de Governo), entidades representativas dos usuários, das empresas de transporte do serviço regular e de fretamento. Portanto, associando aos ambientes utilizados pelos passageiros/usuários, temos os seguintes cenários de ameaças identificadas na Figura 26:

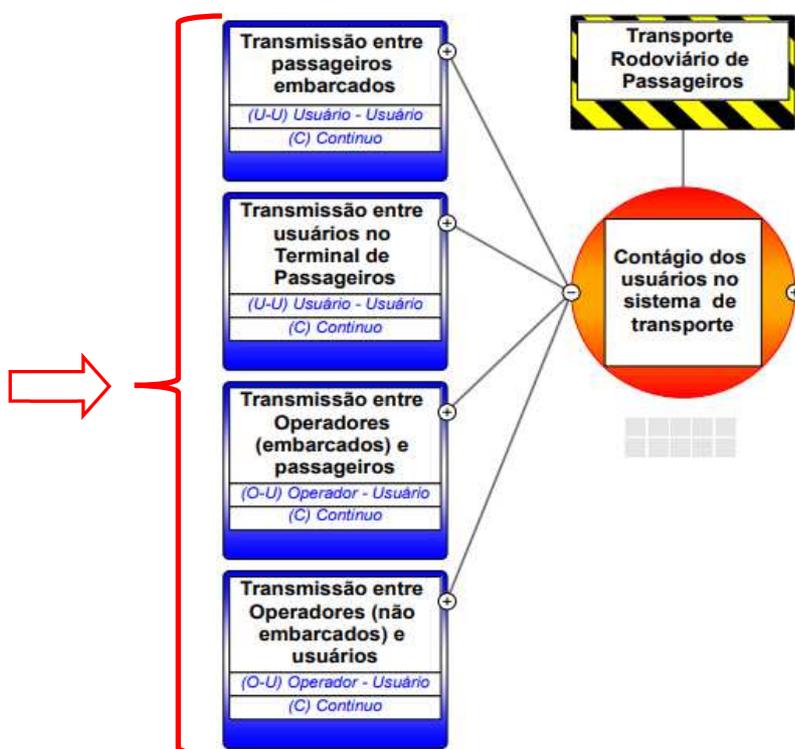
Figura 26 - Mecanismos de contaminação utilizados





Na representação da *Bowtie*, as ameaças ou causas estão representadas nas extremidades do tramo esquerdo, conforme a seguir:

Figura 27 - Identificação das ameaças



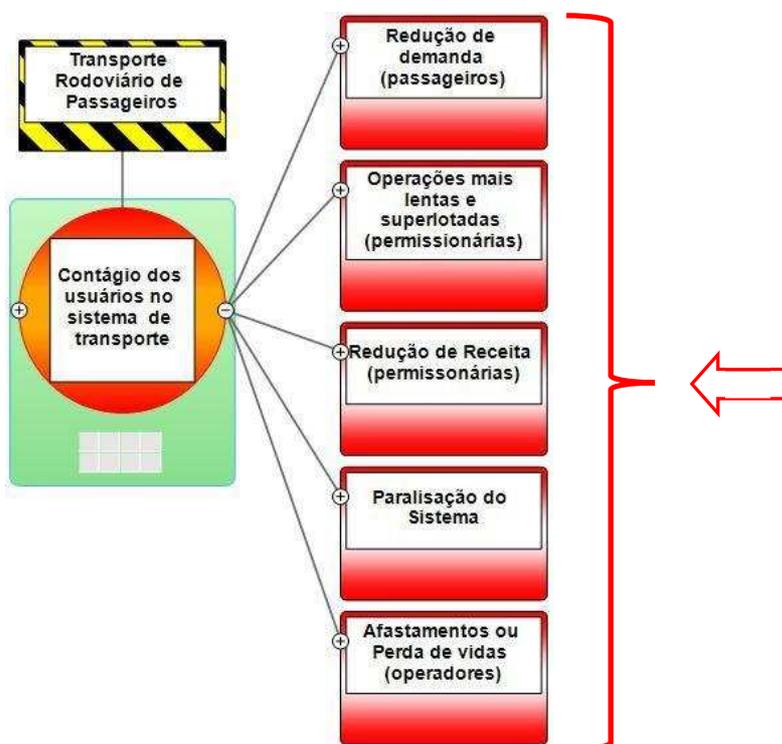
Fonte: O Autor (2022).

Para fins das intervenções regulatórias adotadas pela Agência Reguladora de Transportes, apenas as ameaças que envolvem passageiros e operadores embarcados foram consideradas para fins de intervenções regulatórias, visto que a Agência Reguladora não tem gerência sobre a administração dos Terminais Rodoviários de Passageiros, no entanto, foram avaliados no presente estudo considerando o contexto de deslocamento do usuário para utilização dos serviços de transporte.

#### 4.4.7 Definição e Avaliação das Consequências

As consequências são descritas como o(s) dano(s) ocasionados pela materialização do evento. É possível afirmar que as consequências são os verdadeiros riscos, ou seja, são os resultados indesejados de um evento (normalmente de perda) medidos pelos seus efeitos à saúde e segurança, impactos ambientais, prejuízos materiais e custos com interrupção do negócio/atividade. Para fins desta pesquisa, apenas optou-se por descrever e analisar as consequências em que seriam pertinentes às atividades diretas da Agência Reguladora ou ainda possíveis de adotar alguma intervenção regulatória capaz de mitigar os danos, portanto, não significa estar limitado apenas às consequências descritas na Figura 28 a seguir.

Figura 28 - Identificação das consequências



Fonte: O Autor (2022).

#### 4.4.8 Matriz de Avaliação do Risco

A matriz de risco ou *heatmap* é utilizada na metodologia *Bowtie* para avaliar a possível perda ou dano que uma consequência pode causar e é utilizada principalmente para determinar o tamanho do risco e se ele é suficientemente ou não controlado.

A severidade dos riscos é caracterizada pelas consequências possíveis de uma situação de perigo à segurança das operações rodoviárias e a probabilidade é a mensuração, em termos

qualitativos ou quantitativos, da possibilidade de uma situação de perigo ocorrer. A combinação da severidade com a probabilidade de o efeito potencial de um perigo ocorrer, no pior cenário verossímil possível, caracteriza o risco. Desse modo, o risco é definido como a possibilidade de perda ou dano, medida em termos de severidade e probabilidade (DCEA, 2012).

Portanto, a matriz de risco é apresentada nessas duas dimensões e a combinação delas dará um posicionamento dos eventos na matriz, dividindo-a em três regiões, a saber:

- **Risco Aceitável ou Baixo:** região de baixa probabilidade e baixa gravidade que indica que o risco de um evento é baixo ou que está suficientemente controlado. Significa que, geralmente, não precisa ser tomada nenhuma medida e que os riscos assumidos (Inicial ou Corrente) compensam os benefícios auferidos. Os perigos não precisam ser gerenciados ativamente, porém precisam ser documentados. Se o tomador de decisão entender que uma mitigação representa baixo custo ou pequeno esforço, o risco poderá ser mitigado. A matriz de risco da metodologia *Bowtie* é executada para eventos de grande magnitude, ou seja, não se enquadrando nesta zona.
- **Risco Inaceitável ou Alto:** região de alta probabilidade e alta gravidade, indicando que um evento é inaceitável para as operações e precisa de medida de controle para reduzir a probabilidade e/ou consequência. Nos casos de Risco Inicial (sem medidas preventivas), significa que as operações não devem ser executadas até que os riscos associados aos perigos sejam mitigados e reduzidos a Médio ou Baixo. Nos casos de Risco Corrente, as operações/atividades nas condições atuais devem cessar até que o risco seja reduzido, pelo menos, para um nível tolerável. Neste caso, a mitigação e a supervisão dos riscos (Residuais) serão necessárias. A maioria dos eventos das *Bowties* focam nesta categorização.
- **Risco Tolerável ou Médio:** região intermediária das regiões anteriores e geralmente é considerada região de monitoramento para possíveis melhorias e controle para não agravamento do risco. Significa que o risco (Inicial ou Corrente) deve ser mitigado a um nível tão baixo quanto praticável (ALARP). Em tais condições, as operações podem ser mantidas, desde que haja o monitoramento da segurança operacional e o monitoramento dos riscos correntes (zona laranja) ou adoção de medidas para redução do risco (zona amarela).

Considerando as dificuldades de obtenção de dados quantitativos de eventos antecedentes, visto que não se tem ocorrência de evento similar associado ao atual estágio do

desenvolvimento dos transportes e das aglomerações populacionais, a matriz de risco neste estudo não adotará probabilidades quantitativas que permitam cálculos sofisticados. Contudo, permitirá mensurar, avaliar e ordenar os riscos identificados composta por duas escalas ordinais de classificação. Em ambos os eixos há a associação de uma escala verbal a uma escala numérica, semelhante à Escala de Likert (1932), sendo atribuído para a escala de Probabilidade (eixo X, variando linearmente de 1 a 5) e para escala de Consequências (eixo Y, variando exponencialmente de 1 a 12), conforme exemplificado na Figura 28.

Figura 29 - Matriz de risco

Matrix Name: <b>USUÁRIOS</b>		Display assessment codes as: <b>X,Y</b> Sample: 1, 2, 3, 6...					
		1	3	5	7	12	
		Desprezível	Menor	Moderado	Maior	Catastrófico	
1	Raro	1	3	5	7	12	No impact
2	Improvável	2	6	10	14	24	Incorporate Risk Reduction Measures
3	Possível	3	9	15	21	36	Manage for Continuous Improvement
4	Provável	4	12	20	28	48	Intolerable
5	Quase Certo/Inevitável	5	15	25	35	60	

*Right click items to add/delete or edit text*

*Risk category order: Low impact - top, high impact - bottom:*

Fonte: O Autor (2022).

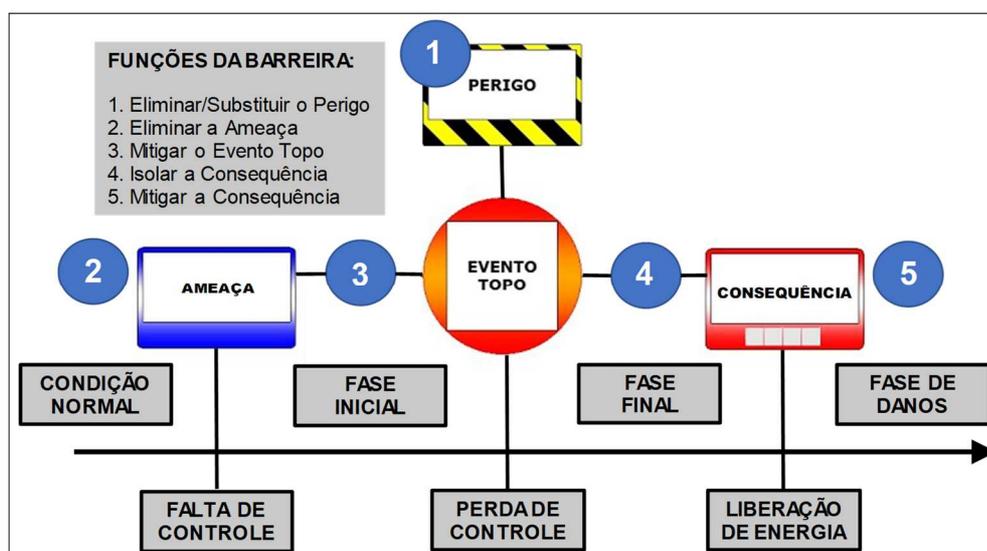
Essa avaliação é determinante no processo de avaliação e análise dos riscos, pois, ao avaliar que o evento topo é uma ameaça às operações, é possível estabelecer uma priorização de medidas a partir dos riscos que apresentam maiores *scores*. No presente estudo, para cada consequência estabelecida (ramificações do tramo direito da *Bowtie*), foram avaliados os riscos sob a ótica dos principais atores do ecossistema regulatório do transporte intermunicipal de passageiros (usuários, ativos das empresas de transporte, órgão regulador e poder concedente).

#### 4.4.9 Identificação e Classificação das Barreiras

Um gerenciamento contínuo da segurança de um processo ou atividade exige que todas as barreiras funcionem no nível desejado de eficácia ao longo da operação e que os controles

de degradação utilizados para reforçar as barreiras estejam realmente ativas. Após a identificação das barreiras que atuarão preventivamente ou para mitigação dos danos, as mesmas foram classificadas de duas maneiras: quanto à função da barreira e quanto ao sistema capaz de acionar essa função. A função da barreira estabelece uma propriedade relativa que justifica a existência da barreira relacionada com o cenário onde está inserida, ou seja, uma barreira pode assumir função diferente dependendo da sua posição no *Bowtie*.

Figura 30 - Funções das barreiras



Fonte: Adaptado de BowtieXP Manual (2015)

Os sistemas que implementam a função da barreira, na grande maioria, são um equipamento, um comportamento humano ou a combinação de ambos, conforme a seguir:

Figura 31 - Tipologia dos sistemas das barreiras

TIPO DE SISTEMA	DETECÇÃO	DECISÃO	AÇÃO
Comportamental	👤	👤	👤
Sociotécnica	👤 ⚙️	👤 ⚙️	👤 ⚙️
Hardware Ativo	⚙️	⚙️	⚙️
Hardware Contínuo			⚙️
Hardware Passivo			

Fonte: Adaptado de BowtieXP Manual (2015)

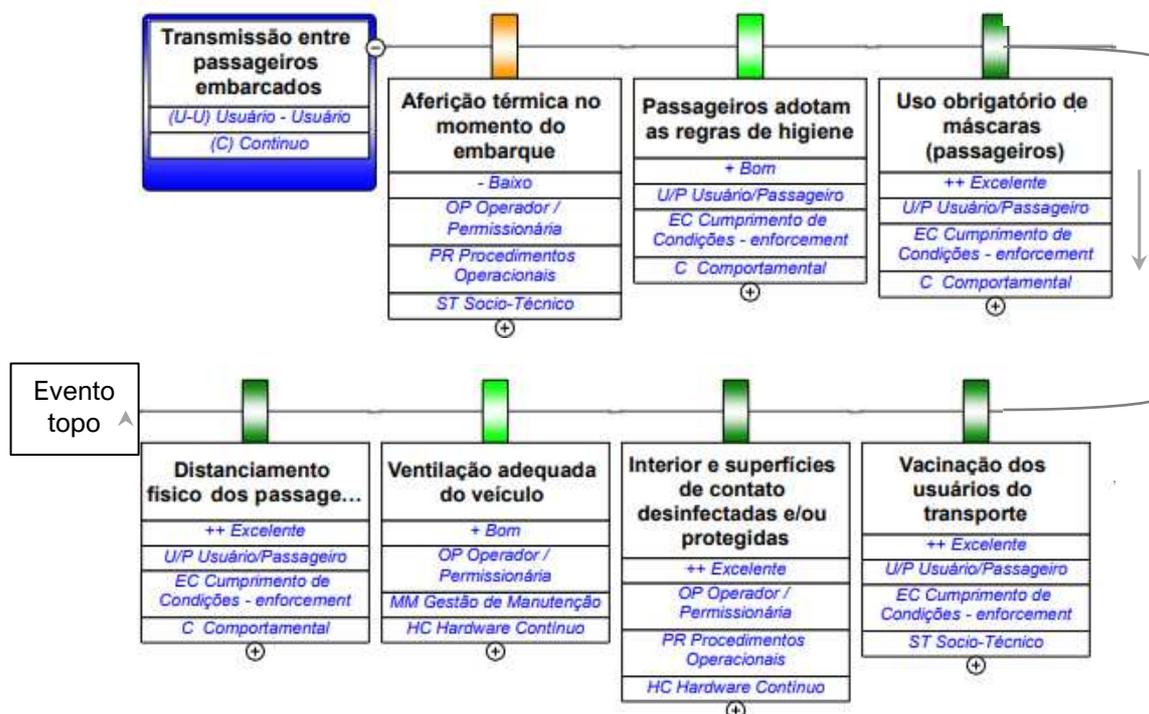
O processo de identificação das barreiras foi desenvolvido a partir de reuniões para discussão das medidas a serem adotadas no âmbito regulatório por meio do núcleo interno de especialistas da Agência Reguladora e do Comitê Interno de Crise instituído para monitorar e

avaliar a implementação das ações e dos representantes das entidades representativas do setor que compõem a Comissão de Transporte Coletivo (CTC).

#### 4.4.10 Barreiras Preventivas

As barreiras preventivas representadas no tramo esquerdo da *Bowtie* têm o papel de evitar a ocorrência do evento topo. Todos os registros de medidas preventivas implantados tomaram como subsídio as reuniões internas com o corpo técnico de especialistas da Agência e também as pesquisas e *benchmarking* de ações que estavam sendo desenvolvidas em órgãos e entidades de outros países que estavam em estágio mais avançado no controle da pandemia, isso contribuiu bastante para a definição e assertividade das medidas preventivas adotadas, pois auxiliou eliminar algumas ações testadas e que não propiciaram resultados satisfatórios ou, ainda, aquelas que trariam riscos secundários ao processo em que foram descartadas pelos especialistas e membros do comitê de crise constituído para discutir as medidas e orientações aos operadores do sistema sendo possível estabelecer uma escala de efetividade, a tipologia e a atribuição de responsabilidade por cada barreira preventiva.

Figura 32 - Barreira preventiva para transmissão de passageiros embarcados



Fonte: O Autor (2022).

Como suporte a este processo, também foram consideradas diretivas de algumas instituições nacionais e internacionais que congregam especialistas e gestores do setor de

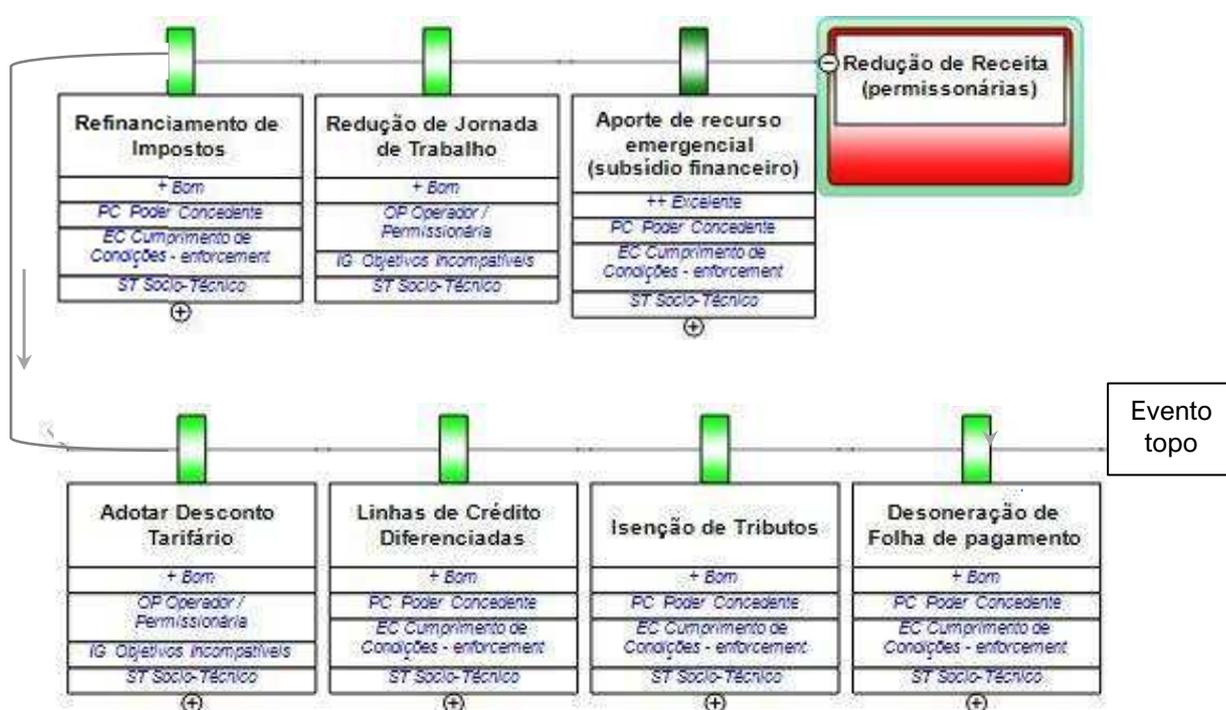
transportes, bem como pesquisas e *benchmarking* de estudos e medidas adotadas em outros países e outros modais de transporte para minimização dos danos decorrentes da pandemia. Todos estes aspectos contribuíram para a assertividade das medidas, uma vez que foi possível descartar ou reavaliar previamente algumas barreiras propostas inicialmente e que demonstraram não ser efetivas.

Além disso, foram tomados subsídios dos membros que compõem a Comissão de Transporte Coletivo (CTC), constituída por representantes das entidades de classe dos sindicatos de transporte regular (SETPESP), fretamento (FRESP) e dos usuários (FUSP).

#### 4.4.11 Barreiras Reativas

As barreiras representadas no tramo direito da *Bowtie* têm o papel de mitigar os danos após a materialização do evento-topo de modo a recuperar ou manter o controle sobre seus efeitos, ou seja, as barreiras mitigantes têm o papel de diminuir a severidade das consequências. Nesta etapa, foi possível estabelecer uma escala de efetividade, atribuição de responsabilidade, Fator de Risco Básico e tipologia de cada barreira reativa.

Figura 33 - Barreira reativa para redução de receitas



Fonte: O Autor (2022).

#### 4.4.12 Identificação dos Fatores de Degradação

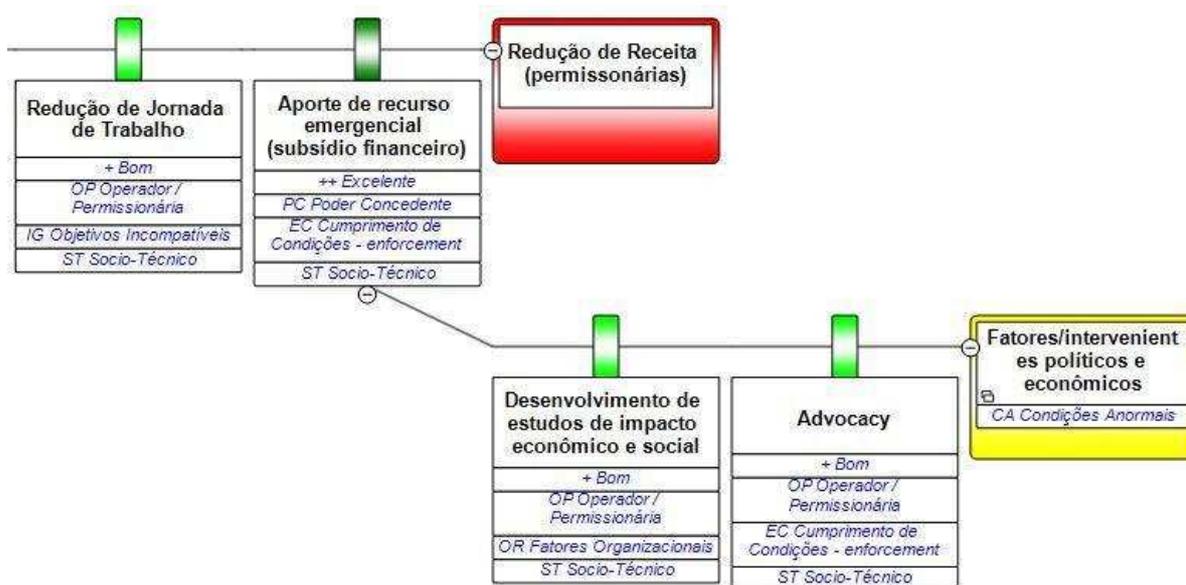
Qualquer situação, condição ou falha que comprometa o funcionamento da barreira, impedindo ou reduzindo sua eficácia é considerado um fator de degradação e foram categorizadas da seguinte forma:

- **Fatores Humanos (FH):** qualquer ação que uma pessoa que reduza a eficácia da barreira.
- **Condições Anormais (CA):** qualquer ação no ambiente que coloque a barreira sob *stress*.
- **Perda de Serviços Críticos (SC):** caso a barreira dependa de um serviço externo, a perda deste serviço pode causar a perda de sua eficácia.
- Combinação de dois fatores (SC+FH).

#### 4.4.13 Identificação das Barreiras aos Fatores de Degradação

A principal característica das barreiras de fatores de degradação é que elas são inerentes, exclusivamente, ao fator de degradação, portanto, não têm qualquer ação de controle sobre as ameaças, evento topo e consequências.

Figura 34 - Fatores de degradação e barreiras



Fonte: O Autor (2022).

Assim sendo, todas as etapas básicas estabelecidas na literatura técnica e científica da metodologia *Bowtie* foram desenvolvidas, de modo que a visão geral do diagrama com todas as ameaças e consequências abordadas neste estudo e respectivas barreiras podem ser visualizadas no Apêndice A.

## 5 RESULTADOS ALCANÇADOS

Com base nas discussões do corpo técnico de especialistas, das referências bibliográficas e *benchmarking* com entidades do setor (nacionais e internacionais), foi elaborado o diagrama *Bowtie* apresentado no Apêndice A, no qual a Agência Reguladora estabeleceu ações de controle por meio de Comunicações Externas e Portarias às permissionárias operadoras do transporte e aos usuários do transporte intermunicipal, quanto às medidas preventivas e mitigadoras a serem adotadas para redução do nível de risco de contaminação no transporte intermunicipal de passageiros, disponibilizados no *site* eletrônico da Agência e publicações em Diário Oficial do Estado, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 - Normativas publicadas, relacionadas com medidas preventivas e mitigadoras do evento topo

<b>Normativa</b>	<b>Data da Publicação</b>	<b>Principais Ações</b>
Comunicado Externo n° 02/2020	20/03/2020	Medidas iniciais: Readequação operacional (até 1/3 dos horários); Regras de cancelamento, remarcação e reembolso de passagens; Orientações às permissionárias;
Comunicado Externo n° 03/2020	28/03/2020	1° Revisão das medidas: Readequação operacional (até 1/3 dos horários); Regras para cancelamento, remarcação e reembolso de passagens; Orientações às permissionárias;
Portaria ARTESP n° 40/2020	02/04/2020	Flexibilizações regulatórias (suspensão e prorrogação de prazos).
Portaria ARTESP n° 47/2020	07/05/2020	Flexibilizações regulatórias (suspensão e prorrogação de prazos)
Comunicado Externo n° 04/2020 (Revoga do Com. Ext. n° 02/2020 e 03/2020).	04/07/2020	2° Revisão das medidas: Readequação operacional (até 1/3 dos horários); Regras para cancelamento, remarcação e reembolso de passagens; Orientações às permissionárias; Orientações aos usuários.
Comunicado Externo n° 07/2020	-	Flexibilizações regulatórias (prorrogações de prazos de registros de empresas – fretamento e estudantes).
Portaria ARTESP n° 61/2020	30/07/2020	Flexibilizações regulatórias (suspensão e prorrogação de prazos)
Comunicado Externo n° 08/2020 (Revoga do Com. Ext. n° 04/2020)	26/11/2020	3° Revisão das medidas: Ampliação da lotação de passageiros em pé (linhas suburbanas).
Comunicado Externo n° 09/2020 (Revoga do Com. Ext. n° 08/2020)	02/12/2020	4° Revisão das medidas: Medida de comunicação do regime operacional aos usuários; Limitação na lotação de passageiros em pé (linhas suburbanas).
Portaria ARTESP n° 23/2021	22/04/2021	Flexibilizações regulatórias (isenções de taxas)
Portaria ARTESP n° 26/2021	28/04/2021	Flexibilizações regulatórias (isenções de taxas)
Comunicado Externo n° 04/2021	24/07/2021	Flexibilizações regulatórias (prorrogações de prazos)
Comunicado Externo n° 05/2021 (Revoga do Com. Ext. n° 09/2020)	20/08/2021	5° Revisão das medidas: Readequação operacional (até 50% dos horários e reestabelecimento da capacidade de ocupação nos veículos); Regras para cancelamento, remarcação e reembolso de passagens; Orientações às permissionárias e aos usuários.

Fonte: O Autor (2022).

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Uma abordagem baseada no risco para a melhoria da regulação reconhece explicitamente que o governo não consegue atuar para remover integralmente os riscos associados à prestação do serviço à sociedade e que a intervenção regulatória, quando adotada, deve ser proporcional, direcionada e baseada em uma avaliação da natureza e magnitude dos riscos e da probabilidade de que a regulação terá sucesso em alcançar seus objetivos.

As respostas regulatórias devem, portanto, ser informadas por uma avaliação da probabilidade de dano que se espera advir, por exemplo, de uma falha de mercado, quando isso puder ser conhecido. Quando a probabilidade de dano não pode ser calculada, uma abordagem baseada no risco exigiria uma consideração racional e transparente de outros fatores relevantes que, por falta de evidência, permanecem incertos.

As abordagens baseadas em risco têm aplicação na formulação de propostas regulatórias e no desenvolvimento de estratégias de conformidade para fazer cumprir a regulação (OCDE).

O poder público enfrenta crescentes demandas para reagir aos eventos de crise e reduzir ou riscos inerentes das relações com prestadores de serviços públicos, sendo exigido cada vez mais pela sociedade para resolver problemas por meio de medidas regulatórias eficazes.

Mas os governos também podem responder com regulamentação reativa, geralmente depois que um problema recebeu atenção significativa da mídia e política, elaborando regulamentações que podem dar ao público a impressão de que as causas do problema foram abordadas, mas na verdade não foram eficazes e eficientes na sua abordagem, causando a percepção de que foram desproporcionais à magnitude problema, trazendo ainda riscos e consequências secundárias. De forma negativa, uma regulamentação mal planejada que não aborda o risco no nível adequado pode, na verdade, aumentar a vulnerabilidade da sociedade, criando situações de risco moral e inibindo a inovação por meio do desenvolvimento de novos e melhores métodos para reduzir os riscos.

As deficiências ou falhas regulatórias trazem custos para a sociedade. Obviamente, há um custo quando os governos deixam de regulamentar quando há necessidade, mas também pode haver custos de oportunidade significativos se os governos regulamentarem quando não há benefício claro para a sociedade.

Os arranjos de boa governança são fundamentais para promover o projeto e a implementação bem-sucedidos de uma regulamentação eficaz e evidenciar as causas da falha regulamentar e mensurar suas consequências. As ferramentas de avaliação e gestão de riscos

têm um lugar importante nestas estruturas de governança regulatória, em particular para orientar os governos na escolha de como regular.

Os governos podem melhorar o bem-estar dos cidadãos e maximizar os benefícios da regulamentação para a sociedade através da alocação eficiente de recursos regulatórios. Isso implica apenas regulamentar onde os benefícios da regulamentação superam os custos e aplicar os limitados recursos regulatórios naquelas áreas em que o benefício máximo para a sociedade pode ser alcançado.

O objetivo de incorporar o gerenciamento de riscos à governança pública é encontrar um equilíbrio entre as oportunidades de maior flexibilidade e inovação na prestação de serviços governamentais e limitar as consequências adversas dos erros. O argumento para uma abordagem da regulamentação baseada em risco pode ser facilmente apresentado com base em eficiência e efetividade. A regulamentação deve ser proporcional ao problema que procura resolver, portanto, uma abordagem baseada em risco seria sustentada por evidências científicas e uma metodologia robusta de decisão. Isso é necessário se os governos equilibrarem a tensão em direção à regulamentação reativa às respostas do público ao risco.

No nível das Agências Reguladoras, os benefícios potenciais de uma abordagem de regulamentação baseada em risco provêm de um uso mais eficiente dos recursos, por meio da aplicação de recursos em questões de maior risco e no tratamento igual de riscos semelhantes. Independentemente de serem ou não transparentes, as decisões sobre riscos estão sempre sendo tomadas pelos reguladores. Mesmo no caso dos julgamentos de risco mais subjetivos, um processo transparente de avaliação de riscos revelará oportunidades para medir e refinar as premissas implícitas mantidas pelos reguladores e inerentes à regulamentação dos riscos.

O vírus da COVID-19 rapidamente alcançou *status* de pandemia. Em resposta mitigatória, muitas atividades econômicas implementaram políticas de trabalho em casa (*home office*), enquanto outras tiveram suas operações reduzidas ou totalmente paralisadas em um esforço global para controlar a crise sanitária. Esses empregadores enfrentam a proposta de equilibrar as necessidades da empresa e da comunidade com a responsabilidade contínua de fornecer um ambiente de trabalho seguro para os funcionários. No entanto, em alguns setores essa abordagem não é viável, seja porque eles fornecem um serviço essencial ou por necessidade econômica, a exemplo do transporte de cargas e insumos essenciais e do transporte de pessoas que atuam para manter atividades ditas essenciais e no combate direto à pandemia, ditos trabalhadores da linha de frente, tais como equipes médicas e prestadores de serviços da cadeia de assistência à saúde.

Algumas perguntas permearam os debates dos especialistas no setor de transporte público e na mídia em geral: O transporte público é um catalisador da propagação da pandemia? Como garantir a saúde dos trabalhadores do setor de transporte de passageiros e dos próprios usuários? Como fazer para que as operações sejam mantidas seguras durante a pandemia global? Como estabelecer uma avaliação e tomada de decisões equilibradas ao sistema de transporte de passageiros entre o viés da prestação de serviço essencial de mobilidade e desserviço da propagação de vírus à população.

É compreensível obter respostas antagônicas ao primeiro questionamento, considerando que foram evidenciados nos Estados e Municípios casos de sucesso nas medidas de controle tornando as operações seguras e estáveis e situações de comprometimento da segurança operacional agravando a crise sanitária. E isso depende fundamentalmente de quatro fatores:

- da característica do modal e do porte e da capacidade de gestão de cada sistema de transporte (regional ou local);
- dos fatores de risco: distanciamento, tempo de viagem, circulação/renovação de ar, etc.;
- das medidas de controle adotadas; e
- da Tempestividade e proporcionalidade das ações.

A metodologia *Bowtie* não exigiu elevado grau de expertise dos analistas e técnicos e sua aplicação em um processo integrado de gerenciamento de riscos operacionais é apenas uma das possibilidades em uma gama de ferramentas e técnicas existentes na literatura técnica e científica que podem auxiliar nas tomadas de decisões por parte do regulador, materializadas nos instrumentos regulatórios e administrativos que a Agência Reguladora emitiu ao longo da evolução da pandemia, seja por medidas de prevenção voltada aos trabalhadores das empresas permissionárias e aos usuários do serviço, seja por medidas mitigadoras que visaram atenuar os impactos aos operadores e toda a cadeia produtiva envolvida na atividade.

Também não há gestão de riscos eficiente se a comunicação não for rápida e eficaz, acessível a todo o ambiente regulatório, portanto, a maneira como a metodologia é concebida apresenta grande diferencial e espectro da sua aplicação, conforme evidências trazidas neste estudo. A sua representação gráfica possibilitou de forma rápida mapear ameaças que afetariam a segurança das operações rodoviárias do sistema de transporte intermunicipal para a garantia da integridade física de funcionários e usuários, permitindo identificar e avaliar as proteções

para prevenir ou mitigar diferentes o cenário estabelecido e indicar medidas regulatórias para a mitigação dos danos causados pela pandemia.

Portanto, buscou-se encontrar evidências de que a metodologia também tem uso compatível nas atividades de regulação, contribuindo na manutenção das operações de sistemas de transporte a partir da análise de eventos críticos, visto a sua capacidade de auxiliar na compreensão, gerenciamento e comunicação dos riscos associados às operações de transporte de passageiros de grandes fluxos de pessoas. Afinal, o sistema de transporte público é verdadeiramente uma infraestrutura crítica para a logística e funcionamento dos centros urbanos e, portanto, essencial para que os demais serviços essenciais sejam continuados em ambientes de crise, alinhados à abordagem de cidades resilientes estabelecida pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres (UNDRR/ONU), definida pela capacidade de resistir, absorver ou se recuperar de forma rápida e eficiente de eventos catastróficos de qualquer espécie.

É compreensível fazer a mesma analogia do uso primário da metodologia por considerar o evento da pandemia COVID-19 como o evento de elevada criticidade capaz de causar perdas de vidas humanas, insolvência irreparável dos negócios e, portanto, desequilíbrio do sistema regulatório pela perda de controle em um dos pilares desse sistema (os operadores). A crise sanitária recente tem o potencial de transformar a forma como a redução do risco de desastres é governada e praticada em diferentes escalas e sistemas.

A pandemia do Coronavírus (2020-2022) afetou diretamente a saúde física e mental, a segurança humana e a economia global de forma significativa. As prioridades e decisões tomadas pelos agentes públicos contribuíram para tornar os sistemas de transportes mais vulneráveis ou mais resilientes, impactando nas políticas e sistemas existentes (saúde, economia e educação). Com mais incertezas inevitáveis, entender a inter-relação entre esses fatores permitirá fornecer direções sobre como potencializar a recuperação das infraestruturas e planejar melhor a mitigação de riscos no futuro. E também demonstrou que a responsabilidade pela gestão de riscos de desastres deve ser compartilhada entre sistemas e setores produtivos para a obtenção de melhores resultados, sobretudo em termos de eficácia e temporalidade.

O transporte público também exerce papel fundamental para o restabelecimento da normalidade e confiança das pessoas ao retomarem suas rotinas após o controle sanitário da COVID-19 e busca da recuperação das economias locais. As Agências Reguladoras exercem um papel importante durante a gestão da crise, mas também pós-crise, à medida que os níveis de demanda por passageiros aumentam e precisa-se auxiliar os passageiros e operadores a confiarem na segurança das operações. Parte desta construção de confiança advém da

assertividade dos protocolos adotados para proteção de toda a cadeia de transporte rodoviário de passageiros.

No combate a esta crise sanitária, garantir a continuidade e sobrevivência dos sistemas de transportes públicos e dos serviços de mobilidade local é essencial para a sociedade e, especialmente, para os muitos profissionais que dependem de uma rede de transporte local em atividade para desempenhar as suas funções diárias essenciais, inclusive dos próprios profissionais de saúde que atuam na linha de frente de combate a pandemia.

Para assegurar esta continuidade das operações em situação críticas como a Pandemia, é fundamental garantir a disponibilização de equipamentos e meios necessários aos operadores de transportes públicos a fim de proteger a saúde e segurança dos seus trabalhadores e dos passageiros, associados à tomada de ações tempestivas e uma comunicação eficaz.

Quando da estabilização da crise sanitária, os transportes públicos de transporte irão desempenhar um papel ainda mais importante no restabelecimento da economia, haja vista que as pessoas precisarão se deslocar para buscar recolocação no mercado de trabalho. Os esforços devem ir além da garantia da sobrevivência do transporte público, mas buscar aproveitar a oportunidade para remodelação dos sistemas de transportes públicos que considerem uma análise razoável dos riscos envolvidos na prestação deste serviço público, eliminando problemas antigos e tornando-os mais resilientes para o futuro de nossas cidades.



O uso de metodologias e ferramentas apropriadas para a gestão de risco auxiliam nesta proteção de infraestruturas críticas em situações de crise, conseqüentemente conferindo atributos de resiliência para estes sistemas vitais das grandes aglomerações urbanas.

Embora possamos afirmar neste momento, com base nas estatísticas dos órgãos de saúde, uma tendência de controle da pandemia no Brasil, é possível destacar alguns fatores que justificam e impulsionam a utilização contínua das ferramentas de gestão de risco das operações de transporte rodoviário, a saber:

- **Mudança comportamental dos usuários:** a redução brusca de demanda e a elevação da percepção de risco do usuário em operações acima da capacidade estimularam o passageiro habitual a buscar outras formas de locomoção. O uso do serviço de mobilidade compartilhada de menor porte ou modos individuais de deslocamento, como

carros, motos, bicicletas e caminhada. Assim, percebe-se a lenta recuperação do transporte público e possivelmente uma perda permanente de um percentual de usuários que não voltarão a utilizar o serviço público de transporte. Esta pesquisa e outros estudos desenvolvidos em diversos países demonstram que, se houver medidas preventivas eficazes e bem estruturadas, o risco de contágio pode ser baixo no sistema de transporte público e ser operado em condições seguras. A segurança operacional é a palavra-chave para atrair os usuários de volta ao sistema público de transporte.

- **Vulnerabilidade dos modelos de custeio e contingenciamento atuais:** em países onde o transporte público depende principalmente da receita para subsistência, o modelo econômico está em jogo. Os planos de resgate financeiro ajudam a indústria de transporte público a superar a crise, no entanto, há um discurso público limitado sobre o suporte necessário para o transporte público. Dado o ambiente de recursos limitados no qual os governos estão operando atualmente, é importante priorizar os investimentos em setores que proporcionam impactos benéficos. Os cidadãos aspiram por cidades mais saudáveis e habitáveis, sendo o transporte público fundamental para esta finalidade.
- **Respostas rápidas e ágeis:** reguladores e operadores em todo o mundo tiveram que responder rapidamente à crise sanitária com soluções eficazes para garantir mobilidade segura, proteção de pessoal e infraestrutura considerando a temporalidade dos impactos. Isso inclui a adaptação dos ativos de e dos serviços de mobilidade de modo a promover a resiliência do sistema de transporte público.

Para tanto, esperamos que este estudo tenha contribuído para promover uma melhor compreensão e mitigação dos riscos que ameaçam as infraestruturas críticas das grandes cidades em eventos desta magnitude, ou ainda, contribuir para o conhecimento e lições aprendidas relacionadas ao gerenciamento de riscos, para sermos mais capazes de prevenir, preparar e responder melhor em eventos futuros.

## 6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Alguns trabalhos poderão ser sugeridos a partir do desenvolvimento desta pesquisa de modo a dar continuidade à abordagem da avaliação de risco no ambiente regulatório:

- Utilizar análise multicritério para a avaliação e seleção das melhores técnicas para avaliação dos riscos na elaboração de Análise de Impacto Regulatório (AIR).

- Pesquisar aplicação prática para avaliar a eficácia da avaliação de risco durante a Avaliação dos Resultados Regulatórios (ARR), portanto, evidenciar a melhoria trazida pela regulação baseada em riscos e os resultados alcançados das intervenções regulatórias adotadas.
- Utilizar a metodologia *Bowtie* associada a outras ferramentas como LOPA (Análise da camada de proteção) através de uma abordagem que analisa um cenário de incidente (par de causa e consequência) por vez, usando valores predefinidos para a frequência do evento inicial, probabilidades de falha da camada de proteção independente e gravidade da consequência, a fim de comparar uma estimativa de risco do cenário com os critérios de risco para determinar onde é necessária uma redução de risco adicional ou uma análise mais detalhada.

## REFERÊNCIAS

ABDI, Z.; RAVAGHI, H.; ABBASI, M.; DELGOSHA EI, B.; ESFANDIARI, S. Application of Bowtie methodology to improve patient safety. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, 2016, v. 29, n. 4, pp. 425-440.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 31000**: Gestão de Riscos: Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 31010**: Gestão de Riscos: Técnicas para o processo de avaliação de risco. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 31022**: Gestão de riscos: Diretrizes para a gestão de riscos legais. Rio de Janeiro, 2020.

ACARBAY, C.; KIYAK, E. Risk mitigation in unstabilized approach with fuzzy Bayesian bow-tie analysis. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, v. 92, p. 1513-1521, 2020. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Risk-mitigation-in-unstabilized-approach-with-fuzzy-Acarbay-Kiyak/1fc2d5c8b6c6b8800efd36c614d4fa92983b7c3b>. Acesso em: 21 abr. 2021.

ALESP (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO). Decreto nº 29.912, de 12 de maio de 1989. Dispõe sobre a aprovação do Regulamento do Serviço Intermunicipal de Transporte Coletivo de passageiros sob fretamento. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Morumbi, SP, 15 maio 1989. Acesso em: 22 abr. 2020.

ALESP (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO). Decreto nº 29.913, de 12 de maio de 1989. Dispõe sobre a aprovação do Regulamento do Serviço Intermunicipal de Transporte Coletivo de passageiros sob fretamento. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Morumbi, SP, 15 maio 1989. Acesso em: 22 abr. 2020.

ALESP (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO). Lei n. 914, de 14 de janeiro de 2002. Cria a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo - ARTESP. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Morumbi, SP, 15 jan. 2002. Acesso em: 22 abr. 2020.

ALESP (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO). Decreto nº 48.073, de 08 de setembro de 2003. Aprova o Regulamento do Serviço Rodoviário Intermunicipal de Transporte Coletivo de Estudantes, criado pela Lei nº 11.258, de 6 de novembro de 2002. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Morumbi, SP, 08 set. 2003. Acesso em: 22 abr. 2020.

ANDREWS, J. D., DUNNETT, S. J. Event-tree analysis using binary decision diagram. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 49, n. 2, pp. 230-238, jun., 2000. DOI: 10.1109 / 24.877343.

ANALOU EI, R.; TAHERIYOUN, M.; SAFAVI, H. R. Risk assessment of an industrial wastewater treatment and reclamation plant using the bow-tie method. **Environmental Monitoring and Assessment**, 192, 2019. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Risk-assessment-of-an-industrial-wastewater-and-the-Analouei-Taheriyoun/decfdcf9227bb9f28188d0c776bd2c2a00272790>. Acesso em: 21 abr. 2021.

ARICI, S. S.; AKYUZ, E.; ARSLAN, O. Application of fuzzy bow-tie risk analysis to maritime transportation: The case of ship collision during the STS operation. **Ocean Engineering**, v. 217, n. 217, p. 107960, 2020.

ARTESP (AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Sobre a ARTESP**, 2021. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/Style%20Library/extranet/artesp/artesp.aspx#>. Acesso em: 22 abr. 2021.

AUST, J.; PONS, D. J. A Systematic Methodology for Developing Bowtie in Risk Assessment: application to Borescope Inspection. **Aerospace**, s/n, s/p, 2020.

BAPTISTA, M. L. P. **Abordagens de Riscos em Barragens de Aterro**. 2008. 570 f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

BASU, S.; DEBNATH, A. K. **Manual de Instrumentação e Controle de Usinas de Energia**: um guia para usinas termelétricas. Imprensa Acadêmica, 2014.

BAZANT, M.; BUSH, J. **A guideline to limit airborne transmission of COVID-19**. 2021. Disponível em: <<https://www.pnas.org/content/118/17/e2018995118>>. Acesso em: 18 maio 2021.

BENSACI, C.; ZENNIR, Y.; POMORSKI, D.; INNAL, F.; LIU, Y.; TOLBA, C. STPA and Bowtie risk analysis study for centralized and hierarchical control architectures comparison. **Alexandria Engineering Journal**, v. 59, p. 3799-3816, 2020. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/STPA-and-Bowtie-risk-analysis-study-for-centralized-Bensaci-Zennir/540c0f48e9cd9a65cf529b8f8d0f896a05e1f698>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BENHAMLAOUI, W.; ROUAINIA, M.; LIU, Y.; MEDJRAM, M. S. Comparative Study of STPA and Bowtie Methods: Case of Hazard Identification for Pipeline Transportation. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 20, p. 2003-2016, 2020. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Comparative-Study-of-STPA-and-Bowtie-Methods%3A-Case-Benhamlaoui-Rouainia/661a8e8d66c38be0a4a311d50d6d0ee4f7218079>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BIALAS, A. Ferramenta de experimentação para gestão de risco de infraestruturas críticas. **Anais da Conferência Federada de 2015 em Ciência da Computação e Sistemas de Informação**. 2015.

BORGHEIPOUR, H.; TEHRANI, G. M.; ESKANDARI, T.; MOHAMMADIEH, O. C.; Mohammadfam, I. Dynamic risk analysis of hydrogen gas leakage using Bow-tie technique and Bayesian network. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 18, p. 3613-3624, 2021.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e

dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8666cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm). Acesso em: 10 abr. 2012.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Guia de Orientação para o Gerenciamento de Riscos. Secretaria de Gestão Pública**. Departamento de Inovação e Melhoria da Gestão. Gerência do Programa GESPÚBLICA. Brasília, 2013. Disponível em <https://www.bibliotecadeseguranca.com.br/livros/guia-de-orientacao-para-o-gerenciamento-de-riscos/>. Acesso em: 13 mar. 2020.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública / Tribunal de Contas da União**. Versão 2 - Brasília: TCU, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2014. 80 p. Disponível em: [https://portal.tcu.gov.br/data/files/FA/B6/EA/85/1CD4671023455957E18818A8/Referencial\\_basico\\_governanca\\_2\\_edicao.PDF](https://portal.tcu.gov.br/data/files/FA/B6/EA/85/1CD4671023455957E18818A8/Referencial_basico_governanca_2_edicao.PDF). Acesso em: 23 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019. Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica; estabelece garantias de livre mercado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.874-de-20-de-setembro-de-2019-217365826>. Acesso em: 10 abr. 2012.

BRASIL. Decreto no 10.411 de 30 de junho 2020. Regulamenta a análise de impacto regulatório, de que tratam o art. 5º da Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019, e o art. 6º da Lei nº 13.848, de 25 de junho de 2019. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 30 jun. 2020.

CASA CIVIL. **Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de Análise de Impacto Regulatório – AIR** / Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais [et al.]. Brasília: Presidência da República, 2018. 108p.:il.

CALDEIRA, L. M. M. S. **Análises de Riscos em Geotecnia: aplicação a barragens de aterro**. 2005. 248 f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005.

CCPS. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**, 3rd Ed. American Institute of Chemical Engineers, John Wiley Sons, New Jersey, 2008.

CICCO, F. F DE. **HAZOP ou Análise BowTie - Qual técnica é mais eficaz?**. Novembro, 2020. Disponível em: <https://www.qsp.net.br/search?q=complexidade+dos+cen%C3%A1rios+de+risco>. Acesso em: 22 abr. 2021.

CHATZIMICHAILIDOU, M. M.; WARD, J.; HORBERRY, T.; CLARKSON, P. J. A Comparison of the Bow-Tie and STAMP Approaches to Reduce the Risk of Surgical Instrument Retention. **Risk Anal**, 38 (5), p. 978-990, May, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29105803/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CHEN, M.; WANG, K. A bow-tie model for analyzing explosion and fire accidents induced by unloading operation in petrochemical enterprises. **Process Safety Progress**, v. 38, 2018. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-bow%E2%80%90tie-model-for-analyzing-explosion-and-fire-by-Chen-Wang/42742864fec6952bbef61235cb4b592d8c711808>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CHIN, A. W. H.; CHU, J. T. S.; PERERA, M. R. A.; HUI, K. P. Y.; YEN, H. L.; CHAN, M. C. W.; PEIRIS, M.; POON, L. L. M. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. **Lancet Microbe**, 1 (1), e10, 2020.

COSO. **Internal Control** – Integrated Framework. USA, 1994.

COSO. **Committee of sponsoring organization of the treadway comission**. Integrated Framework. Executive summary. USA, 2004.

COSO. Gerenciamento de riscos corporativos - estrutura integrada: sumário executivo e estrutura. **Price Watherhouse Coopers**, COSO, Audibra, 2006. Disponível em: <[http://www.coso.org/documents/COSO\\_ERM\\_ExecutiveSummary\\_Portuguese.pdf](http://www.coso.org/documents/COSO_ERM_ExecutiveSummary_Portuguese.pdf)>. Acesso em: maio de 2015.

COSO. **Gerenciamento de Riscos Corporativos: Estrutura Integrada: Sumário Executivo e Estrutura** (COSO GRC, 2004). Tradução: Price Watherhouse Coopers e Instituto dos Auditores Internos do Brasil, São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.coso.org/documents/COSO\\_ERM\\_Executive-Summary\\_Portuguese.pdf](http://www.coso.org/documents/COSO_ERM_Executive-Summary_Portuguese.pdf)>. Acesso em: março, 2020.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO - DCEA. **Manual de Gerenciamento do Risco à Segurança Operacional no SISCEAB**. Ministério da Defesa, 2012. p. 43 - 48.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO - DCEA. **Enterprise Risk Management: Align Risk with Strategy and Performance**. COSO, 2016. Disponível em: <<http://erm.coso.org/Pages/viewexposuredraft.aspx>>. Acesso em: março, 2020.

DRUCKER, P. A. Decisão Eficaz. Rio de Janeiro, **Revista do Setor Público - RSP**, p. 169-180, 2001. Tradução de Olga Ferrini de Faria. Harvard Business Review, Jan.,1967.

EFQM. **The EFQM Excellence Model**. 2012.

ELOGROUP. **Modelo de Implementação das Boas Práticas Regulatórias**. Associação Brasileira de Agências de Regulação: Brasília, DF, 2020.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.

ERICSON, C. Fault Tree Analysis: A history. In: INTERNATIONAL SYSTEM SAFETY CONFERENCE, 17, 1999, Seattle: Boeing Company, 1999. p. 1 - 9.

ESMAEELI, N.; SATTARI, F.; LEFSRUD, L.; MACCIOTTA, R. Critical Analysis of Train Derailments in Canada through Process Safety Techniques and Insights into Enhanced Safety Management Systems. **Transportation Research Record**, v. 2676, n. 4, 2022, p. 603–625. DOI:10.1177/03611981211062893. Acesso em: 30 abr. 2022.

GANGADHARI, R. K.; MURTY, S.; KHANZODE, V. Analysis of accidents involving petroleum tankers and their consequences in India. **Process Safety Progress**, e12154, 2020. Doi:10.1002/prs.12154. Acesso em: 21 abr. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Gestão de pessoas: enfoque nos papéis profissionais**. 12 reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **The Hidden Traps in Decision Making**. Harvard Business School, Sep./Oct., 1998.

HARTFORD, D. N. D.; BAECHER G. B. **Risk and Uncertainty in Dam Safety** – CEA Technologies Dam Safety Interest Group. Londres, Inglaterra: Thomas Telford Publishing, 2004, p. 391. ISBN 0 7277 3270 6,

HIRAYAMA, R. M. Notas de Aula. **Curso de Avaliação de Impacto Ambiental**. Associação Brasileira de Agências de Regulação – ABAR, Brasília, 2020.

HM TREASURY. Management of Risk - Principles and Concepts - The Orange Book. HM Treasury do HM Government, 2004. **Risk management assessment framework: a tool for departments**. London, 2009. Disponível em: <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/191516/Risk\\_management\\_assessment\\_framework.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/191516/Risk_management_assessment_framework.pdf)>. Acesso em: maio de 2020.

HOLLNAGEL, Erik. FRAM: the Functional Resonance Analysis Method. Ashgate, 2012.

HUDSON, P. Accident Causation Models, Management and the Law. **Journal of Risk Research**, 2014.

HUGHES, P.; SHIPP, D.; FIGUERES-ESTEBAN, M.; VAN GULIJK, C. From free-text to structured safety management: introduction of a semi-automated classification method of railway hazard reports to elements on a bow-tie diagram. **Safety Science**, v. 110, Part B, p. 11-19, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753517310160>. Acesso em: 23 abr. 2021.

INERIS (Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques). **Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle**, 2003.

INTOSAI (International Organization of Supreme Audit Institutions). Subcomitê de Normas de Controle Interno. **Diretrizes para Normas de Controle Interno do Setor Público – Informações Adicionais sobre Gestão de Risco nas Entidades**. INTOSAI GOV 9130. Áustria, 2007. Tradução: Antônio Alves de Carvalho Neto. Brasília, 2013.

IOGP. **Process Safety** – Leading key performance indicators Supplement to Report n° 456. Report n° 556. 2016.

IOGP. **Process Safety** - Recommended Practice on Key Performance Indicators. **Report n° 456**. The International Association of Oil and Gas Producers. November, 2011.

ISHIKAWA, K. Diagrama Causa-Efeito. **Recuperado em**, v. 15, 1943.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total**: a maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JAYATILAKE S., BUNKER J. M. Impact of COVID-19 on Waiting Passenger Distribution on a Bus Rapid Transit Station Platform in Brisbane, Australia. **Transportation Research Record**, 2021, p. 1–11. DOI: 10.1177/03611981211030265.

JACOBS, S. H. An overview of regulatory impact analysis in OECD countries. In: **Regulatory impact analysis**: best practices in OECD countries. Paris: OECD, 1997.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Quality control handbook**. New York: McGraw-Hill, 1974.

KAUR, S.; BHERWANI, H.; GULIA, S.; VIJAY, R.; KUMAR, R. Understanding COVID-19 transmission, health impacts and mitigation: timely social distancing is the key. **Environ Dev Sustain**, 2020, 1-17.

KOOP, Christel; LODGE, Martin. What is regulation? An interdisciplinary concept analysis. **Regulation & Governance**, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/280915642\\_What\\_is\\_regulation\\_An\\_interdisciplinary\\_concept\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/280915642_What_is_regulation_An_interdisciplinary_concept_analysis). Acessado em: 24 abr. 2021.

KOVSHOV, S. V.; ALIMHANOVA, T. A.; KITSIS, V. M. Ranking of the Sections of East Siberia–Pacific Ocean Main Pipeline by Accident Probability Using Bow-Tie Method and Checklist Support Tool. **Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice**, v. 11, 2020. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Ranking-of-the-Sections-of-East-Siberia%E2%80%93Pacific-by-Kovshov-Alimhanova/16547b5d8377b996febdc58bb19ccc31adf3c90b>. Acesso em: 21 abr. 2021.

LADEIRA, J. E. R. **Avaliação de segurança em barragem de terra, sob o cenário de erosão tubular regressiva, por métodos probabilísticos**: O Caso UHE-São Simão. 2007. 230 f. Dissertação (Mestre) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LEVESON, N. **Engineering a safer world**: Systems thinking applied to safety. MIT Press, 2011.

LI, Y.; XU, D.; SHUAI, J. Real-time Risk Analysis of Road Tanker Containing Flammable Liquid Based on Fuzzy Bayesian Network. **Process Safety and Environmental Protection**, 2020, DOI: 134. 10.1016/j.psep.2019.11.033. Acesso em: 21 abr. 2021.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 140, 1932, p. 1-55.

LIMA, F. N. **Avaliação das probabilidades de falhas em barragens, associadas a eventos de naturezas hidráulicas e hidrológicas** [manuscrito]: estudo de caso da PCH Cajuru. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

LONGARAY, A. A Teoria da decisão revisitada: análise e perspectivas. **Revista ANGRAD**, 8 (2), p. 137-151, 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/263658393\\_A\\_teor\\_da\\_decisao\\_revisitada\\_analise\\_e\\_perspectivas](https://www.researchgate.net/publication/263658393_A_teor_da_decisao_revisitada_analise_e_perspectivas). Acesso em: 30 dez. 2020.

LONGARAY, A. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Saraiva, 2013.

MARQUÈS, M.; DOMINGO, J. L. Contamination of inert surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, stability and infectivity. A review, **Environmental Research**, v. 193, 2021. ISSN 0013-9351. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110559>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120314560>. Acesso em 24 abr. 2022.

MCLEOD, R. W., BOWIE, P. **Bowtie Analysis as a Prospective Risk Assessment Technique in Primary Healthcare**. (Forthcoming: Policy and Practice in Health and Safety, 2018).

MENDONÇA, J. V. S. de. **Direito constitucional econômico: a intervenção do Estado na economia à luz da razão pública e do pragmatismo**. Belo Horizonte: Fórum, 2014.

MOHAMMADFAM, I.; KALATPOUR, O.; GHOLAMIZADEH, K. Quantitative Assessment of Safety and Health Risks in HAZMAT Road Transport Using a Hybrid Approach: a case study in tehran. **ACS Chemical Health & Safety**. XXXX, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341367777\\_Quantitative\\_Assessment\\_of\\_Safety\\_and\\_Health\\_Risks\\_in\\_HAZMAT\\_Road\\_Transport\\_Using\\_a\\_Hybrid\\_Approach\\_A\\_Case\\_Study\\_in\\_Tehran/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/341367777_Quantitative_Assessment_of_Safety_and_Health_Risks_in_HAZMAT_Road_Transport_Using_a_Hybrid_Approach_A_Case_Study_in_Tehran/citation/download). Acesso em: 21 abr. 2021.

MUNIZ, M.; LIMA, G.; CAIADO, R. G.; QUELHAS, O. L. Bow tie to improve risk management of natural gas pipelines. **Process Safety Progress**, 37, 2018. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Bow-tie-to-improve-risk-management-of-natural-gas-Muniz-Lima/aa61c4d0b9f28e516cbf6e671ec4ce25143db868>. Acesso em: 23 abr. 2021.

MÜTZEL, C. M.; SCHEINER, J. Investigating spatio-temporal mobility patterns and changes in metro usage under the impact of COVID-19 using Taipei Metro smart card data. **Public Transport**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12469-021-00280-2>. Acesso em: 22 abr. 2021.

OCDE (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO). **Relatório sobre a Reforma Regulatória no Brasil: Fortalecendo a governança para o crescimento**. OECD Publishing: Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais/catalogo/lula/ocde-2013-relatorio-sobre-a-reforma-regulatoria-brasil-fortalecendo-a-governanca-para-o-crescimento/view>. Acesso em: 22 abr. 2021.

OCDE (OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development). **Reviews of Regulatory Reform**. Regulatory Impact Analysis: A Tool for Policy Coherence, 2009.

OCDE (OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development). **Avaliações da OCDE Sobre Governança Pública: Avaliação da OCDE sobre o Sistema de Integridade da Administração Pública Federal Brasileira – Gerenciando riscos por uma administração**

pública mais íntegra. OECD Publishing, 2011. Disponível em: <<http://www.cgu.gov.br/assuntos/articulacao-internacional/convencao-da-ocde/arquivos/avaliacaointegridadebrasileiraocde.pdf/view>>. Acesso em: março, 2020.

OCDE (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO). Alternativas regulatórias y no regulatórias menos restrictivas. Divisão de Política Regulatória da OCDE. Apresentado na Oficina de **Elaboração e Manifestação de Análise de Impacto Regulatório com Análise de Concorrência**, Cidade do México, Setembro de 2013. Disponível em: <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Sesi%C3%B3n-3.2-Presentations.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2021.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE ENTIDADES FISCALIZADORAS SUPERIORES DIRETRIZES PARA AS NORMAS DE CONTROLE INTERNO DO SETOR PÚBLICO. **Organización Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores**; Tradução de Cristina Maria Cunha Guerreiro, Delanise Costa e Soraia de Oliveira Ruther. Salvador: Tribunal de Contas do Estado da Bahia, 2007. 99 p.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Regulatory Impact Analysis**. A Tool for Policy Coherence. 2009.

PERROW, C. **Normal Accidents**. Princeton University Press, 1999.

POLETO, T.; SILVA, M. M.; CLEMENTE, T. R. N ; GUSMÃO, A. P. H. ; ARAUJO, A. P. B. ; COSTA, A. P. C. S. A Risk Assessment Framework Proposal Based on Bowtie Analysis for Medical Image Diagnosis Sharing within Telemedicine. **SENSORS**, v. 21, p. 2426, 2021.

RAYNER BROWN, K.; HASTIE, M.; KHAN, F. I.; AMYOTTE, P. Inherently safer design protocol for process hazard analysis. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 149, p. 199-211, 2021.

RISK WORLD. **Nae Danger! Risktec Ventures North**. Issue 7, p. 2, Spring 2005. Disponível em: <https://risktec.tuv.com/wp-content/uploads/2018/10/RISKworld-Spring-2005.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2021.

PSA. Principles for Barrier Management in the Petroleum Industry. Retrieved June 2016, from Norway Petroleum Safety Authority [www.ptil.no](http://www.ptil.no), updated with clarifications in a memorandum available on the same site in 2017.

ROVAI, R. L. **Modelo estruturado para gestão de riscos em projetos**: estudo de múltiplos casos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola Politécnica de São Paulo, 2005.

QIAN, X.; UKKUSURI, S. V. Connecting urban transportation systems with the spread of infectious diseases: a trans-SEIR modeling approach. **Transportation Research, Part B** 145, p. 185–211, 2021.

REASON, J. **Human Error**. Cambridge Cambridge University Press, 1990.

REASON, J. **Managing the Risks of Organizational Accidents**. Ashgate Publishing, 1997.

ROSE-ACKERMAN, S.; PERROUD, T. **Policymaking and Public Law in France: Public Participation, Agency Independence, and Impact Assessment.** Disponível em [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2217716](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2217716). Acesso em 26.05.2020.

SALVI, O.; DEBRAY, B. A global view on ARAMIS, a risk assessment methodology for industries in the framework of the SEVESO II directive. *J Haz Mats*, 2006, p. 187-199.

SEPA (SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY). Control of major accident hazards (COMAH). 2016.

SILVA, D. J. da; RODRIGUES, A. J. da S.; ARAÚJO, A. V.; ALENCAR, M. H.; MOTA, C. M. de M. **Aplicação do método multicritério PROMETHEE para definir estratégias de prevenção de acidentes dos transportes terrestres na região Nordeste.** In: INOVATION FOR SYSTEMS INFORMATION AND DECISION MEETING, 2019, Natal. INSID, 2019, p. 230-238. Disponível em: <http://www.insid.events/insid2019resume/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SUBAGYO, E.; KHOLIL, K.; RAMLI, S. Risk assessment using bowtie analysis: a case study at gas exploration industry PT XYZ Gresik East Java Indonesia. **Process Safety Progress**, p.e12190, 2020. Disponível em: [https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/prs.12190?af=R&utm\\_source=researcher\\_app&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=RESR\\_MRKT\\_Researcher\\_inbound](https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/prs.12190?af=R&utm_source=researcher_app&utm_medium=referral&utm_campaign=RESR_MRKT_Researcher_inbound). Acesso em: 21 abr. 2021.

TRINDADE, E. L. G. DA; LIMA, L. R.; ALENCAR, L. H.; ALENCAR, M. H. Identification of Obstacles to Implementing Sustainability in the Civil Construction Industry Using Bow-Tie Tool. **Buildings**, v. 10, n. 9, 165, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings10090165>. Acesso em: 21 abr. 2021.

UK GOVERNMENT. HM TREASURY. **Risk Management assessment framework: a tool for departments.** July, 2009. Disponível em: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/191516/Risk\\_management\\_assessment\\_framework.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/191516/Risk_management_assessment_framework.pdf). Acesso em: 24 fev. 2021.

UNDRR. **Entendendo e gerenciando riscos em cascata e sistêmicos: lições do COVID-19.** Genebra, UNDRR; Bona, UNU-EHS, 2022.

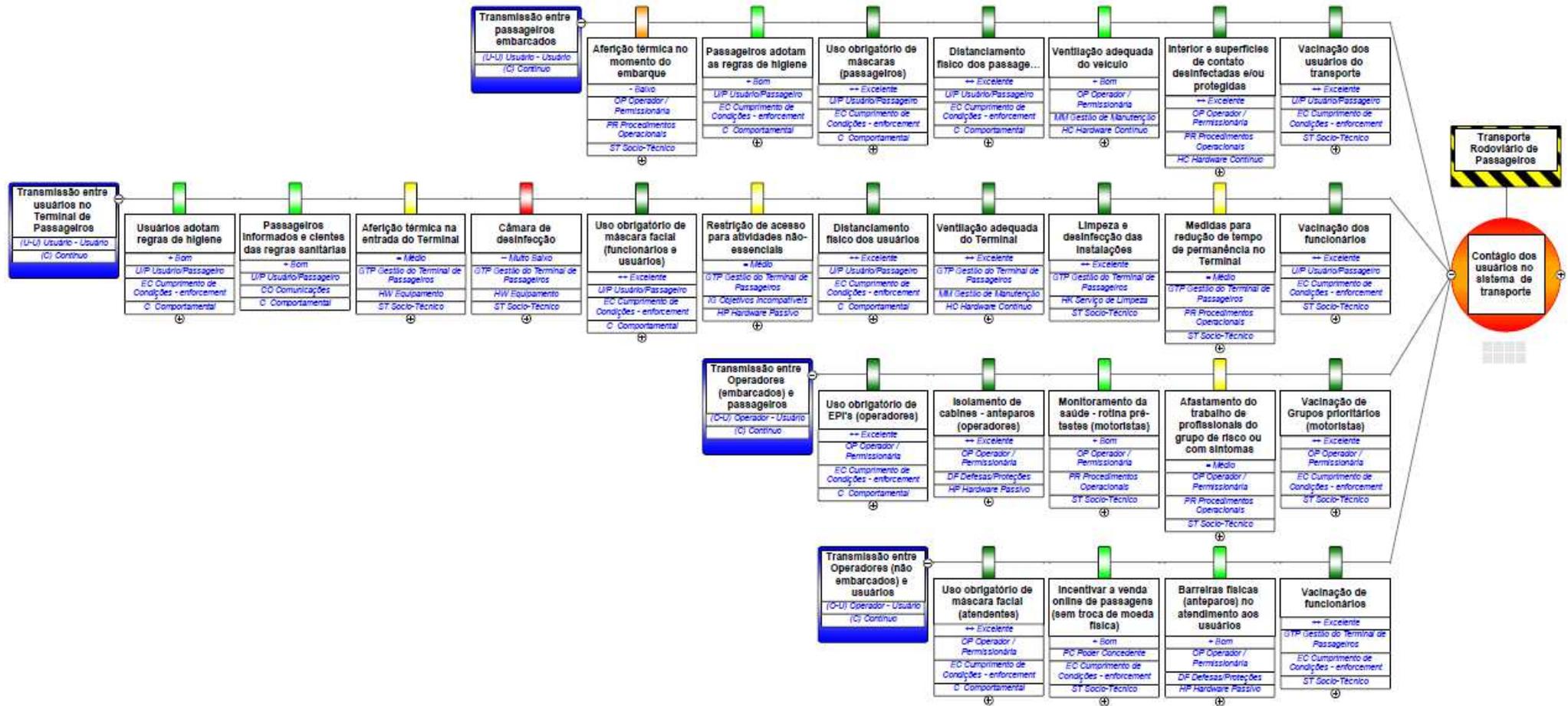
VAN DOREMALEN, N.; BUSHMAKER, T.; MORRIS, D. H.; HOLBROOK, M. G.; GAMBLE, A.; WILLIAMSON, B. N.; TAMIN, A.; HARCOURT, J. L.; THORNBURG, N. J.; GERBER, S. I.; LLOYD-SMITH, J. O.; DE WIT, E.; MUNSTER, V. J. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. **N Engl J Med**, 2020.

XU, Q.; XU, K.; LI, L.; YAO, X. Mine safety assessment based on basic event importance: grey relational analysis and bowtie model. **R. Soc. open sci.**, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.180397>. Acesso em: 25 set. 2021.

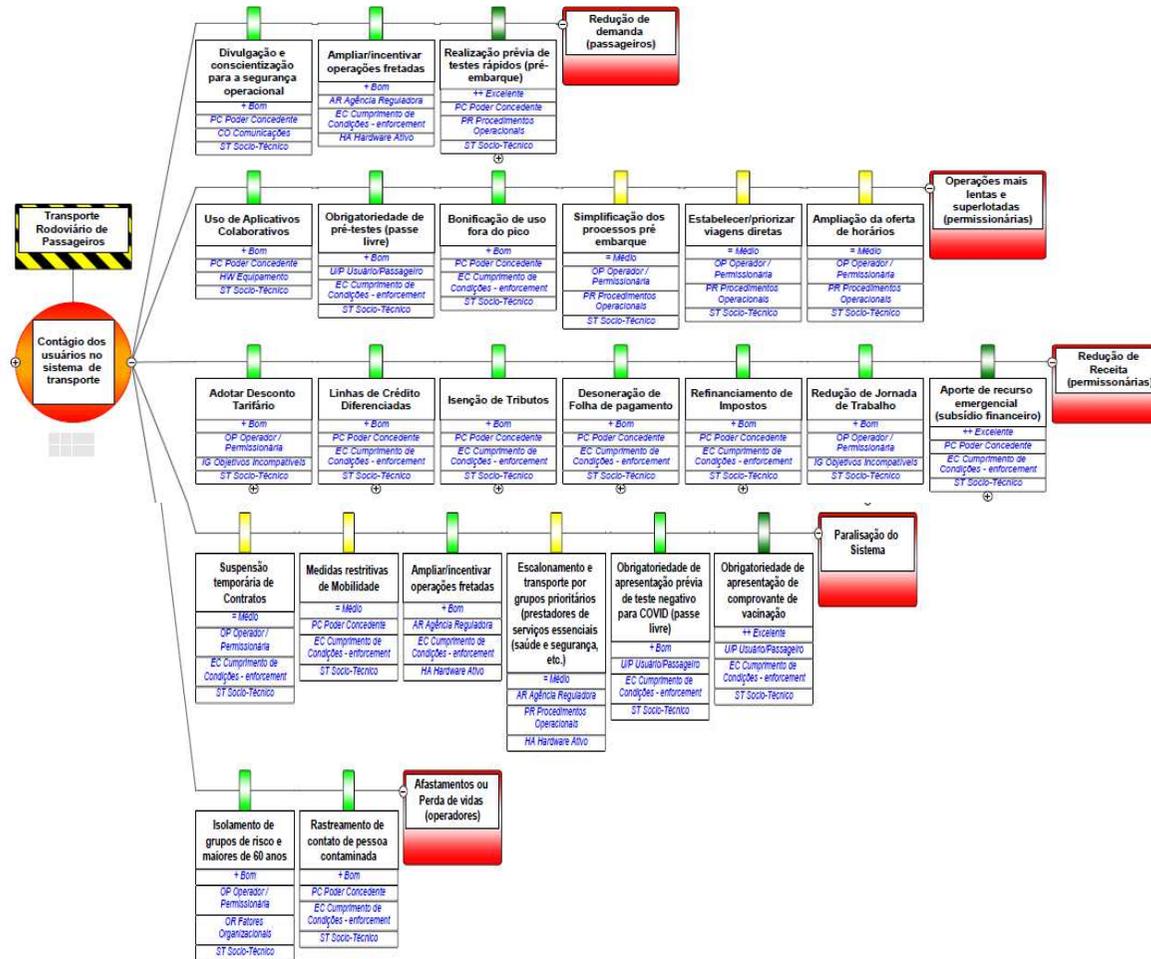
ZHANG, C.; WEI, Y.; LI, Z.; ZHAO, Y. Hazard-Based Design of the Bow-Tie Method to Prevent and Mitigate Mine Accidents. **J Fail. Anal. and Preven.** 18, p. 29-40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11668-017-0367-3>. Acesso em: 21 abr. 2021.

ZHANG, R.; LI, Y.; ZHANG, A. L.; WANG, Y.; MOLINA, M. J. Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. **Proc Natl Acad Sci USA**, n. 117, v. 26, p. 14857–14863, 2020.

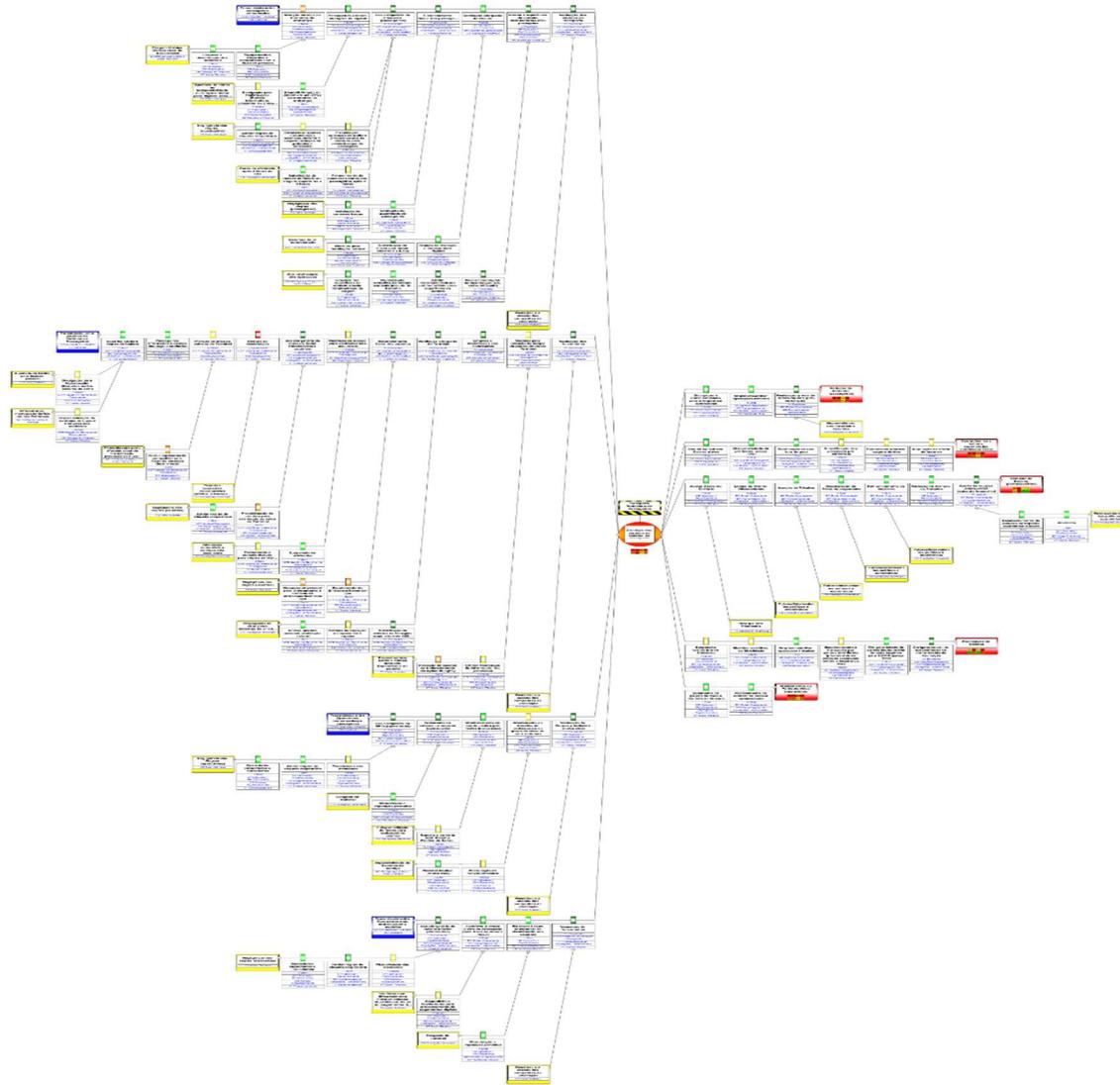
## APÊNDICE A – VISÃO GERAL AMEAÇAS E BARREIRAS PREVENTIVAS



## APÊNDICE B - VISÃO GERAL CONSEQUÊNCIAS E BARREIRAS REATIVAS



### APÊNDICE C - VISÃO GERAL DIAGRAMA BOWTIE



## APÊNDICE D – DETALHAMENTO TOMADA DE DECISÃO NA AIR

