

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MODELO DE ESTIMATIVA DE RISCO OPERACIONAL EM
AEROPORTOS**

DANIEL ALVES DA CUNHA

ORIENTADOR: MICHELLE ANDRADE

TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

**PUBLICAÇÃO: T.TD-001/2021
BRASÍLIA / DF: NOVEMBRO / 2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MODELO DE ESTIMATIVA DE RISCO OPERACIONAL EM
AEROPORTOS**

DANIEL ALVES DA CUNHA

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DE GRAU DE
DOUTOR EM TRANSPORTES.**

APROVADA POR:

**MICHELLE ANDRADE, Doutora (Universidade de Brasília – UnB)
(ORIENTADORA)**

**FABIANA SERRA DE ARRUDA, Doutora (Universidade de Brasília – UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ALEXANDRE GOMES DE BARROS, Doutor (University of Calgary - UCalgary)
(EXAMINADORA EXTERNO)**

**FRANCISCO H. L. DE OLIVEIRA, Doutor (Universidade Federal do Ceará - UFC)
(EXAMINADORA EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 26 de NOVEMBRO de 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

DANIEL, ALVES DA CUNHA

Modelo de estimativa de risco operacional em aeroportos. Brasília, 2021.

ix, 132, 210 x 297 mm (ENC/FT/Unb, Doutorando, Transportes, 2021).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Risco

2. Risco aeroportuário

3. Aeroportos

4. Risco preditivo

5. *State Safety Programme (SSP)*

6. *Acceptable Level of Safety Performance (ALoSP)*

I. ENC/FT/UNB

II. T.TD-001/2021

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CUNHA, D. A. (2021). Modelo de estimativa de risco operacional em aeroportos T.TD-001/2021. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Daniel Alves da Cunha

TÍTULO DA TESE: Modelo de estimativa de risco operacional em aeroportos

GRAU: Doutorando ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Nome: Daniel Alves da Cunha

Email: danielalvescunha@gmail.com

RESUMO

A regulamentação da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) estabelece que o gerenciamento da segurança operacional da aviação civil dos Estados signatários deve ser realizado preferencialmente com base em risco preditivo, devendo haver um nível aceitável de desempenho de segurança operacional, e que se busque a melhoria contínua da segurança com base em ações vinculadas a indicadores de segurança. O Estado Brasileiro ainda não se adequou totalmente a estas orientações.

Sendo assim, este trabalho objetivou desenvolver um modelo de estimativa de risco operacional da infraestrutura aeroportuária que atendesse às diretrizes da OACI, agregando variáveis de diferentes características em um único índice para uso na otimização do *State Safety Programme* (SSP) brasileiro.

Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica que fornecesse subsídios teóricos para o desenvolvimento de um modelo preditivo de risco, considerando variáveis operacionais e regulatórias. Foi inserida uma variável de custos no modelo que trouxe um nível adicional de compreensão acerca do comportamento do risco nos aeroportos, abrindo possibilidade para análises de risco de impacto regulatório mais robustas e precisas.

A abordagem desenvolvida mostrou-se aderente à realidade mensurada do risco nos aeroportos brasileiros, com um alto nível de correlação entre o risco realizado e o risco estimado pelo modelo (0,82).

Após a estimativa de risco de cada aeroporto, estes foram ranqueados e foi proposto o Nível Aceitável de Desempenho de Segurança Operacional (NADSO) dos aeroportos brasileiros (2,51). Adicionalmente, foram sugeridas medidas de gerenciamento de risco e de análise de impacto regulatório buscando a melhoria contínua da segurança operacional, atendendo à demanda existente da OACI desde 2013.

Destaca-se a possibilidade de aplicação do modelo para estimar o risco de outras áreas da operação aeronáutica, como a operação de empresas aéreas, por exemplo, uma vez que as variáveis utilizadas são comuns e presentes nesses contextos. Estudos futuros podem se valer do modelo desenvolvido para aprimorar as técnicas de estimativa e controle de riscos na aviação civil, e com isso garantir o atendimento do objetivo final da regulação setorial, quel seja, operações cada vez mais eficientes e seguras para os usuários.

ABSTRACT

The regulations of the International Civil Aviation Organization (ICAO) establish that the safety management of civil aviation of the signatory States must be carried out preferably based on predictive risk, and that there must be an acceptable level of operational safety performance, and that the continuous improvement of safety based on actions linked to safety indicators. The Brazilian State has not yet fully adapted to these guidelines.

Therefore, this work aimed to develop an operational risk estimation model for airport infrastructure that meets the ICAO guidelines, aggregating variables with different characteristics in a single index for use in the optimization of the Brazilian State Safety Program (SSP).

For this, a literature review was carried out to provide theoretical support for the development of the predictive risk model, considering operational and regulatory variables. A cost variable was included in the model that brought an additional level of understanding about the behavior of risk at airports, opening up the possibility for more robust and accurate regulatory impact risk assessments.

The approach developed proved to be in line with the measured reality of risk in Brazilian airports, with a high level of correlation between the real risk and the risk estimated by the model (0.82).

After estimating the risk of each airport, they were ranked and the Acceptable Level of Safety Performance (ALoSP) for Brazilian airports was proposed (2.51). Additionally, risk management and regulatory impact analysis measures were suggested, seeking the continuous improvement of operational safety, meeting the existing demand of the OACI since 2013.

The possibility of applying the model to estimate the risk of other areas of aeronautical operation is highlighted, such as the operation of airlines, for example, since the variables used are common and present in these contexts. Future studies can make use of the model developed to improve risk estimation and control techniques in civil aviation, and thereby ensure that the final objective of sectorial regulation is met, that is, increasingly efficient and safer operations for users.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	1
1.2	PROBLEMA	6
1.3	OBJETIVOS	6
1.4	ESTRUTURA DA TESE	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	RISCO	8
2.2	PERCEPÇÃO DO RISCO	10
2.3	ABORDAGEM INTEGRADA E COMPARATIVA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS	18
2.4	FERRAMENTA MCDA-C	20
2.5	MODELO DE RISCO	22
2.6	NÍVEL ACEITÁVEL DE RISCO E ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO	29
3	MÉTODO	31
3.1	FASEAMENTO DA PESQUISA	31
3.2	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE RISCO	32
3.3	DEFINIÇÕES DE ESCOPO	34
3.4	PROCEDIMENTOS PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	40
3.5	DISCUSSÃO, RESULTADOS E CONCLUSÕES	47
4	APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
4.1	RESULTADOS DE VATM	50
4.2	RESULTADOS DE S_{REQ}	50
4.3	RESULTADOS DE P_{CONF}	60
4.4	RESULTADOS DE I_e	62
4.5	RESULTADOS DE “ α ”	64
4.6	RESULTADOS DO MODELO DE RISCO	70
4.7	ANÁLISE DE DESEMPENHO E IMPLICAÇÕES	72
5	CONCLUSÕES	80
5.1	PARADIGMA PSICOMÉTRICO	81
5.2	RANQUEAMENTO DE S_{REQ}	82
5.3	DADOS DE P_{CONF}	83
5.4	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA REGULATÓRIA I_e	84
5.5	ÍNDICE “ α ”	84
5.6	RESULTADOS DO MODELO E ANÁLISE DE DESEMPENHO	85
6	LIMITAÇÕES DA PESQUISA E OPORTUNIDADES DE ESTUDOS FUTUROS	88
6.1	VIESES HEURÍSTICOS	88
6.2	RANQUEAMENTO S_{REQ}	88

6.3	VALIDAÇÃO DO MODELO	89
6.4	DADOS DE “ α ”	91
6.5	DADOS DE P_{conf}	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		93
APÊNDICE A: PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PROSPECTIVA (RBP) E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)		106
APÊNDICE B: RANQUEAMENTO S_{REQ} DAS SEÇÕES DE REGULAMENTO SEGUNDO OS <i>EXPERTS</i>		112
APÊNDICE C: VALORES DE INFLUÊNCIA DOS VIESES HEURÍSTICOS SEGUNDO OS <i>EXPERTS</i>		115
APÊNDICE D: ORGANIZAÇÃO DOS VALORES DE S_{REQ} NA FERRAMENTA MCDA-C		116
APÊNDICE E: DADOS GERAIS DOS AEROPORTOS		125
APÊNDICE F: <i>RANKING</i> DOS AEROPORTOS E NADSO		129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Modelos de gerenciamento de risco utilizados na aviação civil

Figura 1.2: Estrutura da Tese

Figura 2.1: Regulação de risco em aeroportos

Figura 2.2: Ganho de escala em *compliance* dos maiores aeroportos

Figura 2.3: Reduções de NPCE e SESCINC U/S (2006 a 2015)

Figura 2.4: Economia e deseconomia de escala

Figura 3.1: Faseamento da pesquisa

Figura 3.2: Aplicação do modelo de risco

Figura 3.3: Organização hierárquica dos requisitos na pesquisa

Figura 3.4: Fontes de informação para os dados empregados no modelo

Figura 3.5: Metodologia MCDA-C adaptada para a pesquisa

Figura 3.6: Procedimento MCDA-C para obtenção de S_{req} e P_{conf}

Figura 4.1: Potencial de extração de dados para geração de informação de tomada de decisão do modelo

Figura 4.2: Gráfico *boxplot* scores dos vieses heurísticos segundo os *experts*

Figura 4.3: Frequência dos scores dos vieses heurísticos segundo os *experts*

Figura 4.4: Resultados de S_{req} - Importância relativa das 124 seções de regulamento

Figura 4.5: Valor nominal de S_{req} por requisito em cada regulamento

Figura 4.6: Valores nominais de P_{conf} por aeroporto

Figura 4.7: Valores nominais de P_{conf} por seção de regulamento

Figura 4.8: Valores nominais de P_{conf} por requisito

Figura 4.9: Valores comparativos de I_e

Figura 4.10: Curvas acumuladas de VATM *versus* Risco realizado e custo

Figura 4.11: Diferença entre a quantidade de VATM, custo e risco realizado de cada aeroporto

Figura 4.12: Visualização dos efeitos de escala nos aeroportos

Figura 4.13: Curvas comparativas de custo, risco realizado e risco estimado pelo modelo

Figura 4.14: Valores nominais de risco estimado pelo modelo, organizados em ordem crescente

Figura 4.15: Valores nominais de risco organizados por VATM

Figura 4.16: Valores de risco estimado e NADSOs (Brasil e por grupo)

Figura 4.17: Escalonamento conceitual das ações regulatórias, segundo o grupo de risco

Figura 4.18: Análise custo/risco-benefício e custo/risco-efetividade

Figura A.1: Revisão Bibliográfica Sistemática da Tese

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Lista de vieses heurísticos que afetam o julgamento de risco

Tabela 3.1: Organização dos requisitos na pesquisa

Tabela 3.2: Perfil dos *experts* da pesquisa

Tabela 3.3: Ação *vs.* efeito esperado para o julgamento dos *experts*

Tabela 3.4: Matriz de severidade

Tabela 4.1: Valores finais agregados de S_{req} por área temática e nível

Tabela 4.2: Análise par a par S_{req}

Tabela 4.3: Análise de Pareto S_{req}

Tabela 4.4: Top 20% valores finais de S_{req}

Tabela 4.5: Conformidade comparativa entre grupos de aeroportos

Tabela 4.6: Valor médio de I_e por grupo de aeroporto

Tabela 4.7: Custo estimado de manutenção de pavimentos de RWY e TWY dos aeroportos brasileiros (2021)

Tabela 4.8: Relação entre VATM e custo e VATM e risco realizado dos aeroporto

Tabela A.1: Revisão conceitual na RBS

Tabela A.2: Varredura de semelhança na RBS

Tabela A.3: Índice bibliográfico teórico

1. INTRODUÇÃO

A Organização de Aviação Civil (OACI) é a agência especializada da Organização das Nações Unidas responsável pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial. Sua regulamentação descreve as linhas gerais e princípios norteadores do gerenciamento de segurança operacional a ser implementado pelos países signatários da Convenção Internacional de Aviação Civil. O conjunto dessas estratégias foi denominado *State Safety Programme* (SSP), cujo foco é o tratamento sistemático dos riscos na busca pelo maior nível praticável de segurança operacional dos operadores e, conseqüentemente, do Estado.

Há duas formas de se buscar o controle dos riscos na aviação civil: a abordagem reativa e a abordagem preditiva. A primeira (reativa) refere-se ao risco já concretizado, com o monitoramento da recorrência, ou da frequência estatística de eventos indesejados, o chamado risco fático. A segunda forma (preditiva) é a estimativa do risco *a priori*, ou seja, com base na percepção de indivíduos ou em previsões via modelos estruturados para a análise de condições latentes em um sistema antes da realização real do risco. Um SSP efetivo controla seus riscos com ações de mitigação preferencialmente preditivas (JANIC, 2000; OACI, 2016).

1.1 justificativa

A utilização da abordagem reativa tem sido a principal fonte de evolução dos índices de segurança operacional desde o início da aviação. Este método busca entender e explicar fenômenos após sua realização; por isso é altamente dependente da disponibilidade e qualidade de dados de eventos. E este é um dos principais aspectos negativos desta abordagem, pois embora os eventos de maior severidade sejam raros, de maneira geral, a realização do risco na aviação civil representa altos custos (ASHFORD *et al.*, 2012; KETBADARI *et al.*, 2018; AYHAN & TOKDEMIR, 2020).

São utilizados dois pilares fundamentais para esta abordagem: (1) a investigação de causas de eventos de segurança operacional e (2) o monitoramento estatístico para localização dos eventos no espaço e no tempo. Ambos objetivando reagir *a posteriori* via atualização de práticas, procedimentos e regulamentos.

A técnica da investigação de acidentes foi a primeira a ser utilizada. É tão disseminada que a maioria dos países no mundo possui organismos de investigação de acidentes aeronáuticos.

Segundo a OACI (2020), 205 países no mundo mantêm autoridades de investigação de acidentes aeronáuticos em 2020.

Já o monitoramento dos índices de segurança praticado pelos principais organismos do mercado mundial de aviação civil se baseia fundamentalmente na medição de risco fático. Por esse motivo desenvolveu-se ao longo do tempo, com o acúmulo de eventos ao passar dos anos. A tendência geral dessa abordagem é a observação de elementos relativos à dimensão probabilidade do risco.

Por exemplo, a OACI (2019) sugere o monitoramento das frequências relativas dos eventos *Controlled Flight into Terrain (CFIT)*, *Loss of control in-flight (LOC-I)*, *Mid Air collision (MAC)*, *Runway Excursion (RE)* e *Runway Incursion (RI)*. Essa lógica de monitoramento das frequências relativas de modo isolado é replicada internamente pelas autoridades signatárias da Convenção Internacional de Aviação Civil, incluindo o Brasil. O Plano de Supervisão da Segurança Operacional (PSSO) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2019), se alinha estrategicamente à OACI e elege variáveis de monitoramento de frequência de eventos de mesma natureza. O plano da Agência propõe o monitoramento de 5 eventos principais na aviação brasileira, sendo dois deles eventos propostos pela OACI. São eles: Falha de Motor em Voo (SCF-PP), Perda de Controle em Solo (LOC-G), Perda de Controle em Voo (LOC-I), Excursão de Pista (RE) e Colisão com Obstáculos Durante a Decolagem e Pouso (CTOL). São propostas também métricas de monitoramento e metas de desempenho de acidentes e acidentes fatais por milhão de decolagens na aviação de grande porte.

Um outro exemplo, ainda mais específico ao mercado de aviação brasileiro, é o ANAC (2018) que propõe, para análises de risco em aeroportos, índices probabilísticos referenciais baseados também em frequências relativas de eventos de segurança operacional. Além disso, todos os anos as principais agências regulamentadoras de segurança do mundo e os principais fabricantes de jatos comerciais, como a Boeing e Airbus, publicam relatórios sobre acidentes aéreos, que se concentram em analisar as estatísticas descritivas de acidentes, como a taxa de acidentes fatais e fatalidades por ano, natureza do voo, idade da aeronave e grupo de peso e etc.

Embora contribua para a segurança operacional, essa abordagem focada somente na dimensão probabilidade do risco pouco informa sobre o valor do risco em si. Outro elemento problemático do monitoramento reativo em uso é que não se usa uma abordagem integrada, que ofereça o monitoramento do risco global no mercado, que identifique a parcela de contribuição de cada

segmento e de cada tipo de evento no risco total do sistema. Um exemplo disso é o relatório IATA (2020), que descreve as ocorrências, colocando-as de maneira segregada, uma a uma, em valores absolutos e em frequências de eventos ponderados por um fator de produção.

Como são monitorados apenas a frequência de alguns eventos em determinados segmentos do mercado, como visto em Das & Dey (2016), isso dificulta o processo de tomada de decisão do órgão regulador, que se torna incapaz de posicionar adequadamente o risco para planejamento de ações futuras. Uma alternativa recentemente proposta é o computo dos custos dos acidentes como *proxy* global para medir eficiência nas ações de segurança da aviação civil. Contudo, essa métrica tem sofrido variações estatisticamente menos significantes do que os dados isolados, além de falhar em considerar o valor da vida estatística (DAY, 1999; VISCUSI & ALDY, 2003), que varia de país a país e conforme o dano relativo causado.

Esta sistemática também é disseminada no Brasil. O risco é comunicado de maneira descritiva não integrada, como se pode observar nos anuários estatísticos brasileiros para aeroportos por exemplo (CENIPA, 2018). Nele, sequer os eventos são ponderados pela movimentação operacional dos aeroportos.

Já o modelo preditivo, ao contrário do modelo reativo, refere-se à habilidade em se gerar previsões testáveis sobre eventos desconhecidos (SCHMUELI, 2010). Como descrito anteriormente, trata-se de uma abordagem que visa sanar a problemática inerente ao método reativo. Eles tiveram seu início de desenvolvimento a partir da década de 1960. Desde então, foram publicados apenas em periódicos mais de 32 mil estudos utilizando essa metodologia nos mais diversos campos da ciência (SCOPUS, 2020). Trata-se, portanto, de uma ferramenta consolidada para este tipo de aplicação, principalmente nos campos da Medicina, Engenharias e Ciências Sociais.

A literatura explica que a utilização de métodos preditivos possui melhor relação custo *versus* benefício, pois permite ações prévias à ocorrência do evento indesejado (FAA, 2000; KYSELOVÁ, 2012; ASHFORD *et al.*, 2012; DAS & DEY, 2016; YILMAZ, 2019). Os autores afirmam que previsões de segurança devem ser encaradas como pilares centrais em programas proativos de gerenciamento de segurança, como o SSP. Nessa abordagem, os riscos devem ser preditos, não com estatísticas históricas, mas utilizando técnicas analíticas mais complexas, que geralmente requerem julgamentos subjetivos ou intuitivos por parte dos especialistas que as realizam. Outros autores defendem que um sistema de gerenciamento de segurança operacional

eficiente deve se valer de técnicas que previnam acidentes antes de sua ocorrência, baseado em identificação de perigos. Reason (1990; 1997), por exemplo, recomenda o uso das falhas latentes em sistemas complexos como *proxy* para a predição de riscos envolvidos em tais processos. O uso do termo predição nesse caso não faz referência à previsão de eventos futuros ou performance de segurança futura de um sistema, mas sim à estimativa de um risco no momento atual, antes que este risco se concretize, e com isso evitá-lo. Dekay *et al.* (2001), definem isso como princípio da precaução, alegando que a formulação de políticas públicas envolvendo riscos deve priorizar este tipo de abordagem, dado seu alto impacto (social, econômico, de saúde, etc.) na vida dos indivíduos.

Pode-se citar aqui seu uso mais disseminado na certificação e manutenção de condições de aeronavegabilidade de produtos aeronáuticos e no gerenciamento de riscos na indústria aeroespacial, nos quais um acidente representa uma perda não somente de um bem material, mas de um projeto de anos de desenvolvimento e recursos financeiros investidos (NASA, 2014). Outro exemplo de uso desta metodologia é o monitoramento de condições de manutenção de pavimentos de pistas de pouso e decolagens em aeroportos. Mas, ainda assim, medida isolada no espectro das ações necessárias para o monitoramento global de riscos nesses equipamentos.

Apesar de seu amplo espectro de utilização, descrição teórica e importância, o uso relacionado à aplicação do método preditivo em segurança operacional em aeroportos é ainda limitado (KETBDARI *et al.*, 2018; AYHAN & TOKDEMIR, 2020). Isso ocorre porque há escassez de dados em quantidade e diversificação para possibilitar o desenvolvimento de estratégias prospectivas para o gerenciamento de riscos nestes ambientes. Os trabalhos publicados abordam principalmente os modelos teóricos de inferência estatística probabilística, baseados na análise morfológica de eventos significantes, e concentrados em aspectos específicos da operação aeroportuária, como visto em Kirkland *et al.* (2003), Valdés *et al.* (2011), Ayres *et al.* (2013), Wagner & Barker (2014), Roelen & Blom (2013), Trucco *et al.* (2015), Lopez-Lago *et al.* (2017), Moretti *et al.* (2018) e outros tantos.

É possível estruturar os modelos teóricos e práticos discutidos para análise e gerenciamento de risco (Figura 1.1), com a demonstração da lógica de funcionamento do modelo reativo, baseado na investigação do risco concretizado, e do modelo preditivo, baseado em análise de condições latentes *ex ante* a ocorrência de eventos indesejados.

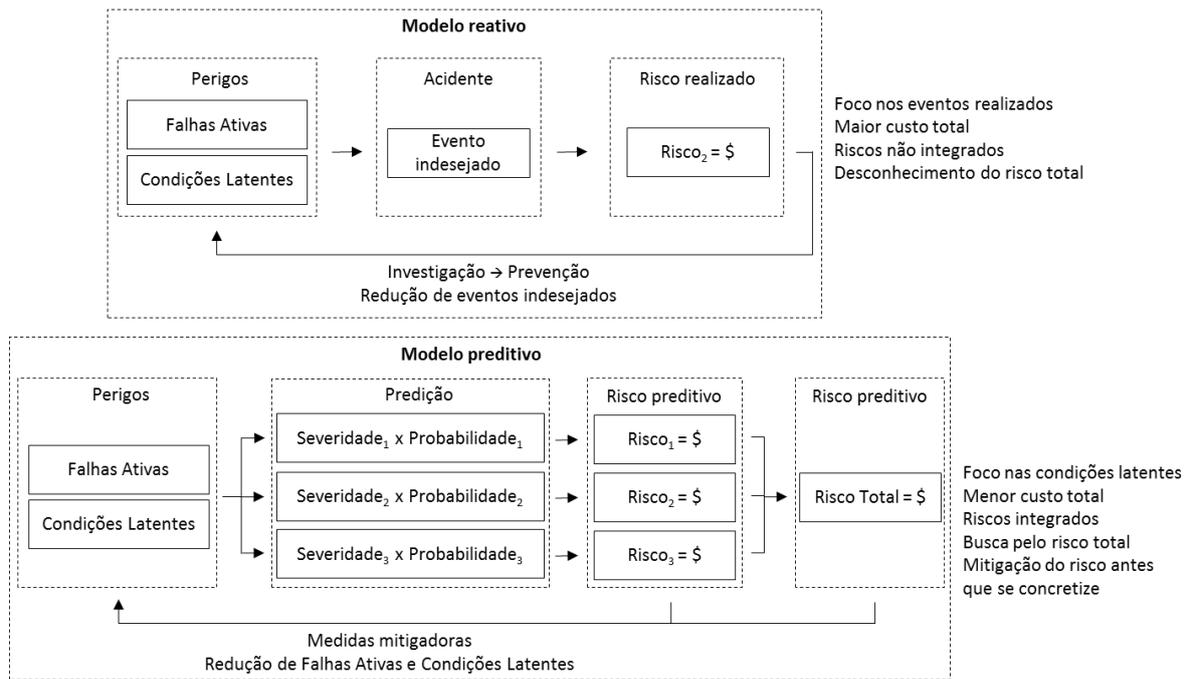


Figura 1.1: Modelos de gerenciamento de risco utilizados na aviação civil

O método reativo, tradicionalmente em uso por ser mais simples, captura valores parciais de risco no final da cadeia de eventos. Já o método preditivo, embora seja focado prioritariamente na identificação de condições latentes antes da ocorrência dos eventos indesejados, deve ser um processo mais complexo pois carece de informação do processo que identifique suas condições latentes.

Se por um lado o modelo tradicional falha em permitir a realização do risco e não identifica seu valor de maneira holística, o método preditivo, que seria o mais adequado ao contexto, também não foi aplicado de maneira a identificar o risco operacional global de aeroportos. Além disso, autores como Altenbach (1995), Suh & Han (2003), Bergman, *et al.* (2006), Kazda & Caves (2010) e Diedenhofen & Musch (2019) advogam que, a bem da melhor prática, nenhuma das duas técnicas deve ser utilizada exclusivamente, mas sim complementarmente, aproveitando-se as melhores características de cada uma para aumentar o grau de certeza dos resultados obtidos e construir um sistema de gerenciamento de riscos mais eficiente.

Finalmente, destaca-se a necessidade do Estado em estabelecer um sistema regulatório eficiente e balanceado que permita otimizar os benefícios advindos da regulamentação publicada. Como afirma Gowda (1999), a regulação de riscos é alegadamente ineficiente, porque é muito impulsionada por demandas públicas irracionais e pouco por considerações científicas e econômicas. Se as agências reguladoras utilizam gerenciamento de risco para sua tomada de decisão, esse procedimento deve se valer de técnicas validadas metodologicamente. Quanto a

isto, Brasil (2017) determina que os agentes reguladores da economia devem orientar suas decisões pela qualidade e eficiência regulatória, primando sempre pelas abordagens que gerem o maior benefício à sociedade com um menor custo.

Em suma no gerenciamento de riscos em aeroportos realizado pelo Estado brasileiro verifica-se (1) predominância do uso do método reativo e os seus altos custos associados e (2) a abordagem de monitoramento segregado dos eventos de segurança operacional. É neste ambiente que este trabalho se insere. Propõe um modelo de estimativa de risco operacional em aeroportos brasileiros, de maneira a elevar a qualidade do monitoramento de riscos nos SSP.

1.2 Problema

O problema desta pesquisa é o fato de não haver um modelo de estimativa de risco global para o gerenciamento de risco operacional nos aeroportos e realização de análise de impacto regulatório para a elevar a eficiência do SSP brasileiro.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta tese é desenvolver um modelo de estimativa de risco operacional da infraestrutura aeroportuária, agregando variáveis de diferentes características em um único índice, tornando possível a relativização, hierarquização dos aeroportos, a melhoria contínua e análise de impacto regulatório para a otimização do SSP brasileiro.

Subsidiariamente objetiva-se fazer também:

- a) Identificar os principais requisitos de segurança operacional e sua significância em termos de severidade na operação aeroportuária, segundo a percepção de experts;
- b) Identificar as variáveis que compõem o risco dentro do modelo proposto;
- c) Testar o modelo no cenário real, a fim de que seja proposto como uma prática regulatória contínua no SSP brasileiro; e
- d) Estabelecer um NADSO (Nível Aceitável de Desempenho de Segurança Operacional) para o setor.

1.4 Estrutura da Tese

Esta tese de doutorado está estruturada em cinco capítulos, os quais estão esquematicamente apresentados na Figura 1.2. O Capítulo 1 é introdutório e destaca o contexto da pesquisa, caracterização da justificativa, do problema, dos objetivos e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 está apresentada a revisão da literatura que aborda a percepção subjetiva de riscos e da ferramenta utilizada para sua obtenção, cruciais para o desenvolvimento da modelagem proposta. Foi realizada também uma discussão sobre atributos do risco e sua caracterização, com a apresentação teórica da sua concepção para esta pesquisa.

O Capítulo 3 detalha os procedimentos metodológicos da pesquisa. São descritos a bibliometria e protocolos de obtenção de material científico para revisão bibliográfica, os procedimentos para a obtenção dos dados de cada variável da modelagem de risco proposta (S_{req} , P_{conf} e VATM) e o escopo de aplicação do modelo ao cenário real.

O Capítulo 4 descreve para cada uma das 3 variáveis de risco utilizadas no modelo proposto (S_{req} , P_{conf} e VATM) quais foram os dados obtidos. No Capítulo 5 estes dados são agregados ao modelo para obtenção do resultado do mapeamento e ranqueamento final de risco dos aeroportos. São realizadas as análises conjecturais pertinentes.

Por fim, o Capítulo 6 se presta a apresentar as principais conclusões do trabalho, bem como limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos posteriores.

Objetivo da pesquisa			
Modelo preditivo de risco operacional em aeroportos no SSP			
Etapa	Conteúdo		Capítulo
Etapa 1	Introdução	1.1 Introdução	Capítulo 1
		1.2 Problema de pesquisa	
		1.3 Objetivos	
		1.4 Estrutura da Tese	
Etapa 2	Revisão da literatura	2. Referencial Teórico	Capítulo 2
		Revisão prospectiva	
		Revisão sistemática	
		2.4 Ferramenta MCDA-C	
Etapa 3	Metodologia	3.1 Faseamento da pesquisa	Capítulo 3
		3.2 Desenvolvimento do modelo de Risco	
		3.3 Definições de escopo	
		3.4 Aquisição e análise de dados	
		3.5 Discussão, resultados finais e conclusão	
Etapa 4	Descrição dos dados	4.1 Requisitos avaliados	Capítulo 4
		4.2 Aeroportos utilizados	
		4.3 <i>Experts</i>	
Etapa 5	Resultados	4.4 Resultados	Capítulo 4
		Fase de Estruturação do modelo	
		Fase de Avaliação dos resultados	
Etapa 6	Conclusões e recomendações para trabalhos futuros	Fase de Análise dos resultados	Capítulo 5
		5.1 Conclusões	
		5.2 Limitações do Estudo	
		5.3 Recomendações para pesquisas futuras	

Figura 1.2: Estrutura da Tese

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa se baseia em 4 pilares elementares para a proposição do tratamento do problema proposto: (1) concepção elementar do risco (teórica e aplicada), (2) a percepção de risco como uma fonte válida para a métrica, (3) integração de fatores para gerenciamento mais eficiente do risco, e (4) o uso da ferramenta MCDA-C como adequada para captura destas percepções.

2.1 Risco

2.1.1 Modelo geral de risco

Atualmente o conceito de risco penetra praticamente todas as atividades humanas (SLOVIC, 1987; ČOKORILO *et al.*, 2010). A problemática do risco tem origem em sua própria definição. Dada a grande variedade de conceitos científicos e empregos em diversas áreas, como psicologia, antropologia, economia, ciências médicas, engenharia e estatística, o termo é largamente empregado no discurso com vários significados diferentes, muitos deles conflitantes (NARDOCCI, 1999; RENN, 1998).

Uma revisão mais positivista do risco demonstra que não há um consenso comum quanto à sua definição formal (MAKOWSKI, 2005). Entretanto, a literatura e autores que são referência no tema convergem para o conceito de risco como sendo a quantificação das consequências de um perigo ou evento indesejado, expresso em termos de probabilidade e severidade (*e.g.* FISCHHOFF *et al.*, 1984; REASON, 1997; CANALE *et al.*, 2005; NASA, 2007; INCOSE, 2010; STOLZER *et al.*, 2012; OACI, 2018; FAA, 2014; ACRP, 2015; LOPEZ-LAGO *et al.*, 2017; YILMAZ, 2019), agregados uma fórmula para combinar esses dois elementos (RENN, 1998), conforme a Equação 1.

$$R = P \times S \quad [1]$$

As referências técnicas apresentam este conceito, deixando ao critério dos autores e usuários a tarefa de adaptá-lo conforme suas necessidades. Yilmaz (2019) em sua proposta de mapeamento de risco para organizações de manutenção aeronáutica se vale desta liberdade para apresentar sua equação para o risco de um sistema (Equação 2).

$$R(t) = p(t) \times N(t) \quad [2]$$

Nesta proposta Yilmaz (2019) descreve **R** como o risco final, **p** a probabilidade da ativação de uma fonte de perigo, **N** o impacto do evento indesejado (fator severidade). Estas variáveis dependem de um terceiro fator, que é o tempo de exposição (**t**), que é mais um elemento de probabilidade do risco.

Na mesma linha Das & Dey (2016) apresentam o risco de mortes na aviação como sendo uma função da ocorrência de acidentes extremos em termos de volume de eventos (probabilidade) e de fatalidades ocorridas (severidade), que, embora sejam diferentes das variáveis comumente empregadas nesse tipo de modelagem, ainda mantém a essência dos fatores probabilidade e severidade

Como o risco é um conceito multi-atributos, cabe ao usuário definir qual variável melhor se ajusta para medir os fatores severidade e probabilidade num dado cenário (FISCHHOFF *et al.*, 1984; MORGAN, *et al.*, 2000). Da mesma forma, este modelo geral foi utilizado como base para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1.2 Falhas latentes como fonte para predição (estimação) de risco

O levantamento dos perigos presentes em um sistema é importante, pois representa o levantamento de evidências de que o mesmo está em constante exposição a situações que podem levar à concretização de um acidente (REASON, 1990; OACI 2018; STOLZER *et al.*, 2012).

A existência de perigos é um pré-requisito para a ocorrência de um acidente (ACRP, 2015). Perigos são situações, condições ou ações com potencial para produzir perdas em um sistema.

O modelo de Reason (1990) analisa os perigos classificando-os em um sistema complexo como falhas ativas e falhas latentes. Falhas ativas são atos inseguros, geralmente cometidos por humanos e que têm um impacto imediato na segurança do sistema. Já as falhas latentes são atos, situações ou condições cuja existência pode contribuir para a ocorrência de um acidente, mas não o inicia por si só.

Elas podem existir em um sistema por um período de tempo significativo sem nenhum efeito adverso antes que sejam reconhecidas e removidas, ou combinadas com falhas ativas para causar um acidente (SALMON *et al.*, 2005).

O estudo detalhado das causas de acidentes demonstra que falhas latentes representam as maiores ameaças para sistemas complexos. Para Wiegmann & Shapell (1997) elas estão presentes em até 80% dos eventos indesejados.

Por este motivo, a utilização de métodos que privilegiem a identificação prévia de causas latentes para estimar risco é um dos fatores primordiais para a otimização de qualquer sistema de gerenciamento de segurança operacional (FAA, 2000; KIRKLAND *et al.*, 2004; CANALE *et al.*, 2005; WONG *et al.*, 2009_{a,b}; KYSELOVÁ, 2012; ASHFORD *et al.*, 2012; AYRES *et al.*, 2013; ESMAEILI *et al.*, 2015; DAS & DEY, 2016; DI MASCIO & LOPRENCIPE, 2016; MORETTI *et al.*, 2018; YIMAZ, 2019).

2.2 Percepção do risco

2.2.1 Fundamento

Para compreender o porquê da escolha pelo modelo adotado nessa pesquisa é preciso percorrer os fundamentos da percepção de risco. Entender os fatores específicos que influenciam os julgamentos pode ajudar a entender e aprimorar o poder de predição (MORENO-MARCOS *et al.*, 2020).

O tema encontra grande apelo na nas áreas medicina e ciências sociais, demonstrando o alto interesse da comunidade científica na compreensão e aplicação do método na pesquisa clínica e comportamental nos últimos anos.

A revisão bibliográfica pode ser dividida em dois momentos bem distintos: uma fase inicial, onde o conceito foi descoberto e estudos preliminares foram desenvolvidos, e um momento mais recente, onde essas características continuam a ser estudadas, mas de uma maneira mais aplicada.

Apesar de variar em função da área de aplicação, a definição conceitual do risco gravita em torno de um consenso científico de que risco é função da probabilidade e da severidade de um evento. Esta sentença se mantém verdadeira, seja para o caso do risco objetivamente medido, seja para o caso do risco subjetivo, ou cognitivamente percebido (SLOVIC & PETERS, 2006).

Conforme trazido no capítulo introdutório desta pesquisa, o risco social (SAGE & WHITE, 1980) pode ser visto de maneira fática ou preditiva (JANIC, 2000). O risco fático refere-se ao risco real ou estatístico, com o monitoramento da recorrência estatística de eventos indesejados.

Já o risco preditivo à estimativa do risco com base na percepção de indivíduos ou em previsões via modelos estruturados para a análise de condições latentes em um determinado sistema antes da realização do risco.

Yilmaz (2019) afirma que são utilizados dois tipos de abordagem em análise preditiva de risco: os métodos quantitativos e os qualitativos. No método quantitativo o nível de risco é medido objetivamente. Trata-se de uma técnica descritiva, mais usada quando há informação disponível. Já no qualitativo, o autor defende que é subjetivo e faz uso de técnicas que tem por objetivo capturar a percepção dos envolvidos quanto a um risco específico num ambiente com escassez de dados.

O estudo quantitativo do risco remonta a meados do século XVII com os matemáticos Blaise Pascal e Pierre de Fermat. A partir daí grande quantidade de material foi publicado nesta linha (BERNSTEIN, 1997). Apesar de seus benefícios intrínsecos, alguns autores levantam pontos de questionamento quanto à sua precisão. Eles sustentam que muitos elementos numa análise de risco carecem de respostas científicas mais robustas, e que o grau de consenso científico sobre a melhor resposta varia.

Para NRC (1994), estimativas quantitativas de risco nem sempre são viáveis, e a solução perpassa pelo uso da inferência qualitativa via percepção subjetiva para permitir que as incertezas sejam controladas e que o processo de avaliação continue.

Neufville & Odoni (2003) documentaram largamente exemplos de imprecisão em modelos preditivos puramente numéricos. Defendem que estes se mostram imprecisos especialmente no longo prazo, e que calibrações baseadas em julgamento interpretativo são sempre necessárias.

Como Lowrance (1980) afirma, todas as etapas do processo de análise de risco envolvem em alguma medida a subjetividade, em alguns casos em uma extensão considerável. Para Kontio (2001), o gerenciamento de riscos se refere a aspectos especulativos ou incertos dos resultados de decisões humanas. Fischhoff *et al.* (1984) complementam que pesquisas complexas, como na área da análise de risco, o julgamento subjetivo sempre estará presente.

Em geral, as escolhas encontradas na avaliação de riscos se baseiam em uma mistura de fato e julgamentos científicos informados e na forte presença de determinações que dependem do contexto em que as análises se dão (NAS, 2017).

Por este motivo, Garner & Gould (1989) afirmam que o risco pode ser estimado, mas nunca medido com total de precisão, e que os valores de risco não podem ser assumidos como totalmente corretos. Defendem que sempre haverá um nível de incerteza quando se gerencia riscos, apesar da proposição de abordagens puramente numéricas.

Quanto a isso, Kazda & Caves (2010) mostram que modelos de previsão puramente numéricos podem carecer de consistência e precisão quando não suportados por um julgamento fundamentado. Complementam que os modelos devem ser capazes de estabelecer um conjunto de condições de contorno que satisfaçam a resolução dos problemas propostos, e para tanto, a interpretação subjetiva é condição “indubitavelmente necessária”.

Na mesma linha, Diedenhofen & Musch (2019) explicam que, há desvantagens em ponderações e análises puramente empíricas por serem necessariamente dependentes da amostra analisada, e em um ambiente de escassez de dados, a abordagem quantitativa pode vir carregada de erro estatístico originado em vieses de representatividade e disponibilidade.

Embora Altenbach (1995) aponte que o método qualitativo apresente algumas vantagens em relação à técnica quantitativa, como a menor demanda de recursos humanos e materiais, a redução nos custos de execução, maior simplicidade e maior velocidade na identificação dos principais riscos afetos a um processo, Suh & Han (2003) defendem que nenhum dos dois métodos poderia ser utilizado isoladamente, tampouco um poderia dominar o outro.

Por este motivo Bergman, *et al.* (2006) colocam que para a melhoria do poder preditivo neste caso, o uso de uma abordagem híbrida (*hybridized scoring*) deve ser preferida, ou seja, com a presença de análises qualitativas subjetivas de *experts* e, quando possível e disponível, ser ajustada por avaliações empíricas quantitativas. Trata-se de um ajuste que garante a redução da dispersão dos resultados, e com isso aumento da certeza nas análises de risco.

Neste contexto, onde decisões envolvendo risco são ao mesmo tempo necessárias, porém altamente sensíveis, como por exemplo o gerenciamento de crises sanitárias ou de segurança pública, o uso da captura da percepção de risco de *experts* tem sido empregada em um ambiente de busca por consenso de grupo, atualmente denominada *multi-criteria group decision making* (MCGDM) (XUE, *et al.*, 2020).

Portanto, por mais quantitativa que seja uma análise de risco, ela envolve necessariamente uma fase qualitativa de julgamento subjetivo, que depende inerentemente da percepção e dos valores

próprios de cada indivíduo ou organização. Para aumentar a validade e confiabilidade desta avaliação, ela deveria ser calibrada com dados empíricos (sempre que possível) e tomada de maneira colegiada.

2.2.2 Paradigma psicométrico

Várias décadas de trabalho têm sido dedicadas à compreensão do risco percebido. Neste período desenvolveu-se o chamado "paradigma psicométrico", ou "modelo psicométrico", onde pressupõe-se que o risco é inerentemente subjetivo e a compreensão do comportamento humano é fundamental (FISCHHOFF *et al.*, 1978; SJOBERG *et al.*, 2004; SLOVIC & PETERS, 2006).

Trata-se de uma abordagem mais alinhada conceitualmente à escola austríaca de economia, cujo foco é a compreensão das escolhas subjetivas dos indivíduos e seus impactos em fenômenos sociais e econômicos. Neste contexto a percepção do risco seria subjetivamente definida por indivíduos que podem ser influenciados por uma ampla gama de fatores psicológicos, sociais, institucionais e culturais, e que com o desenho adequado de instrumentos de pesquisa, muitos desses fatores poderiam ser quantificados (SLOVIC, 1992).

Como afirma Bernstein (1997), as evidências indicam que os indivíduos tomam decisões de acordo com uma estrutura subjacente que permite prever, na maioria dos casos, sistematicamente seu comportamento, tornando estes julgamentos confiáveis.

Nardocci (1999) indica que o risco deve ser estimado matematicamente dentro de uma perspectiva que consideraria as suas características em si, porém definidas em um contexto social. Métodos estatísticos formais bayesianos são utilizados para realizar a avaliação das preferências dos *experts* e distribuí-las numa curva subjetiva de probabilidades (NRC, 1994).

São utilizadas previsões baseadas em julgamento de forma controlada, percebidas como consistentes com técnicas estatísticas. Slovic (1987) chamou isso de "preferências expressadas". Deste modo os dados utilizados são as experiências cognitivas de especialistas em determinado tema que formam uma curva intuitiva de probabilidades (BROWN, 1968).

Wolff *et al.* (2019) explica que há uma ampla gama de formas desenvolvidas para capturar a percepção do risco dos indivíduos. Podem ser usadas técnicas de consulta direta, análise de cenários, métricas difusas, ranqueamento de risco comparativo, questionários, escalas de percepção e pontuação de Likert, dentre outros (SUH & HAN, 2003).

2.2.3 Vieses e Heurísticas

Trabalhos desenvolvidos a partir da década de 1960 se dedicaram a entender os mecanismos que influenciavam a percepção de risco das pessoas, como por exemplo Starr (1969), Slovic *et al.* (1980); Slovic (1987; 1996), Fischhoff *et al.* (1978), Tversky & Kahneman (1974), Hoegberg (1998), Cohen (1998), Okrent & Pidgeon (1998) e Rohrmann & Renn (2000), dentre outros.

A percepção do risco surge a partir daí como uma importante ferramenta na formulação de políticas regulatórias, principalmente em função da crescente preocupação do público em geral com as questões nucleares (MAZUR, 1985).

Os estudos avançaram no sentido de entender por que diferentes grupos de pessoas tendiam a perceber o risco de maneira diferente. Então, Starr (1969) descobriu que a sociedade parecia aceitar riscos na medida em que eles estavam associados com seus benefícios, e os assumiam voluntariamente ou não. Este estudo deu início à compreensão de como as pessoas percebem, toleram e aceitam riscos.

Os psicólogos cognitivos passaram a pesquisar como as pessoas reagiam perante os riscos (LANGER, 1975). Foram feitas as primeiras tentativas para definir um conceito abstrato de risco e mensurá-lo por meio de escalas subjetivas comparativas (LOPES, 1983).

Outra contribuição de grande alcance na comunidade científica veio dos trabalhos desenvolvidos por Tversky & Kahneman (1974; 1981), que identificaram que a tomada de decisão era fortemente influenciada por vieses e construtos mentais, definidos como heurísticas. Os autores encontraram também que há grandes diferenças entre a probabilidade percebida pelos indivíduos e a probabilidade calculada de um risco (Teoria do Prospecto). Uma vez que uma das duas dimensões do risco é a sua probabilidade, estes trabalhos explicavam uma parte da percepção do risco em si.

Posteriormente, comprovou-se que o fator dominante na percepção de risco pelas pessoas seria justamente o fator “severidade”, representado predominantemente pelo pânico (OKRENT & PIDGEON, 1998; RENN, 1998; SJOBERG, 1999).

Tversky & Kahneman (1974) também identificaram que a formulação de um problema afetava as escolhas dos indivíduos (efeito *framing*). Trata-se de um viés cognitivo onde as pessoas tendem a decidir diferentemente conforme as opções de escolha são apresentadas. Os mesmos

fatos apresentados de duas maneiras diferentes podem levar as pessoas a tomar julgamentos ou decisões diferentes.

A pesquisa evoluiu demonstrando que a tolerância ao risco aumenta quando o indivíduo acredita ter controle da situação em questão (LANGER,1975; MCKENNA, 1993). Outros trabalhos demonstraram que indivíduos percebem o chamado otimismo irreal (WEINSTEIN, 1980) e que isso seria originado num forte senso de imunidade, quase sempre injustificado.

Outras linhas de estudo identificaram que pode haver diferenças entre a percepção de riscos entre individuais e grupos (PRICE, 2001), indicando que o chamado “otimismo irreal” seria influenciado por este fator, ou seja, indivíduos tendem a perceber que os riscos afetam menos a si próprios do que afetariam a um grupo maior de indivíduos, convencionado “efeito de tamanho de grupo”, como demonstrado no trabalho de Ronzani *et al.* (2018).

Descobriu-se também, que na prática a probabilidade e severidade são negativamente correlacionadas (WOLFF *et al.*, 2019) e que as pessoas tendem a subestimar a probabilidade e superestimar da gravidade do resultado ao julgar o risco. Este é um viés conhecido como “negligência de probabilidade” (SLOVIC & PETERS, 2006; ROBINSON & BOTZEN, 2019). Este efeito é conhecido por levar as pessoas a dar importância diferenciada a eventos com resultados similares, como por exemplo considerar mais arriscado um acidente com uma aeronave com 200 mortes (baixa probabilidade x alta severidade) do que 200 mortes no trânsito envolvendo múltiplos acidentes (alta probabilidade x baixa severidade), como evidenciado por Slovic (1987) e confirmado em estudos posteriores, como por exemplo Gaissmaier & Gigerenzer (2012).

Outro efeito bem conhecido é o da homeostase do risco, conceito introduzido por Wilde (1982), onde cada indivíduo tolera uma quantidade constante de risco. Se o nível de risco percebido em um determinado aspecto da vida deste indivíduo for alterado, ele compensará reduzindo ou aumentando a quantidade de risco em outros aspectos, mantendo assim o equilíbrio de seus níveis totais de risco.

Em alguma medida, todos os vieses podem afetar de alguma maneira os tomadores de decisão, a depender do contexto. Knetsch (1995) explica que uma decisão se afasta de sua máxima utilidade quando os indivíduos usam atalhos para as suas decisões (heurísticas) e que estes atalhos se baseiam em preferências pré-existentes (vieses).

Tabela 2.1: Lista de vieses heurísticos que afetam o julgamento de risco

Viés heurístico	Descrição Conceitual	Fonte
Disponibilidade de informação	A probabilidade de um evento é diretamente proporcional à facilidade com que uma determinada pessoa se lembra de casos semelhantes.	Tversky & Kahneman (1974)
Representatividade	Ocorre quando a semelhança de objetos ou eventos confunde o pensamento das pessoas quanto à probabilidade de um resultado. Há a projeção das características de um em outro. Cria estereótipos que não são necessariamente verdadeiros, distorcendo a realidade do julgamento.	Tversky & Kahneman (1974)
Ancoragem	O julgamento é afetado de acordo com um ponto de referência previamente reconhecido. Os indivíduos usam a referência para fazer uma estimativa ou tomar uma decisão que pode não ser a mais precisa.	Tversky & Kahneman (1974)
<i>Hindsight</i>	As pessoas mudam suas estimativas de risco depois de saber o resultado final. Quando se afirma que previu o resultado de um evento e o curso de ação perfeito somente depois que o evento ocorreu.	Fischhoff <i>et al.</i> (1978; 1984)
<i>Framing</i>	O julgamento é alterado em função de como o problema é apresentado.	Tversky & Kahneman (1981)
Aversão à perda	O julgamento é afetado quando as pessoas estão em uma situação de perda. É a tendência de preferir evitar perdas à aquisição de ganhos equivalentes. O avaliador percebe o risco em maior grau quando apresentado em termos de perdas que o envolvido sofrerá.	Tversky & Kahneman (1981) Kahneman <i>et al.</i> (1990)
Risco zero	É a preferência por opções que eliminam completamente algum risco, mesmo quando opções alternativas, muitas vezes mais baratas, reduzirão proporcionalmente mais o risco geral.	Baron (1994) Plous (1993)
Negligência de probabilidade	É a tendência no julgamento de risco de superestimar a severidade e subestimar a probabilidade de um evento.	Slovic & Peters (2006) Sunstein (2002)
Impacto futuro	Há uma tendência consistente no julgamento de superestimar a intensidade e durabilidade de eventos futuros, sejam eles negativos ou positivos.	Kahneman & Thaler (2006) Loewenstein & Lerner (2003) Wilson & Gilbert (2003, 2005) Wilson <i>et al.</i> (2000)
Retrospectiva idillica	Tendência a julgar o passado de uma forma mais branda do que o presente.	Mitchell <i>et al.</i> (1997) Sutton (1992)
Otimismo	Tendência de um indivíduo a acreditar que é menos suscetível aos riscos.	Weinstein (1980)
<i>Unpacking</i>	Tendência a considerar a probabilidade de um evento descrito de forma genérica menor do que a probabilidade do mesmo evento descrito com maior detalhamento.	Fischhoff <i>et al.</i> (1978) Rottenstreich & Tversky (1997) Tversky & Koehler (1994) Van Boven & Epley (2003)

Alguns trabalhos publicados reúnem o conhecimento quanto ao grupo de vieses que influenciam especificamente a análise de risco, tais como Renn (1998), Gowda (1999), Wolff *et al.* (2019). A Tabela 2.1 traz o detalhamento destes vieses.

Sem arguição de mérito quanto aos benefícios advindos do julgamento heurístico em decisões imediatistas e simples, o fato é que esta pesquisa não se enquadra nesta regra. Razão pela qual seus efeitos no julgamento humano devem ser identificados e minimizados tomando-se cuidados especiais na formulação dos questionários de risco (WOLFF *et al.*, 2019).

Os estudos do tema a partir da década de 1970 identificaram que o risco percebido subjetivamente pelo público em geral era sensivelmente diferente daquele percebido por *experts* (ROCCA, 2002).

Os pesquisadores evidenciaram discrepâncias entre a percepção de riscos entre *experts* e leigos, onde estes últimos sistematicamente percebiam riscos onde não havia nenhum. Os conflitos de percepção entre ambos os grupos passaram a ser investigados de forma mais criteriosa quando assumidos como sendo a base do dilema social da gestão de riscos (SJÖBERG, 1999).

Foram desenvolvidas, então, duas linhas para o melhor entendimento e aplicação prática do tema: a percepção racional e a percepção emocional dos riscos (XIA *et al.*, 2017).

Estudos seminais, como Fischhoff *et al.* (1978), Slovic (1987) e Garner & Gould (1989) demonstraram que a primeira (racional), geralmente mais precisa, foi mais condizente com avaliações feitas por *experts*, enquanto que a segunda (emocional), em geral mais carregada de erros de viés (WOLFF *et al.*, 2019), foi mais frequentemente verificada em grupos de leigos.

Foi identificado que a percepção de risco de grupos de leigos tendia a sofrer com maior intensidade a influência de fatores sociais dando maior importância apenas aos efeitos de um evento (viés de negligência da probabilidade). Já as avaliações de grupos de *experts* eram mais consistentes com as avaliações técnicas formais e consideravam o risco como uma combinação entre os efeitos e a probabilidade da ocorrência de um evento (SLOVIC, 2010; ROBSON *et al.*, 2020).

Os estudos demonstraram também que, em geral, o risco percebido por *experts*, quando adequadamente mensurado e com os devidos controles de vieses, eram capazes de solucionar aspectos da incerteza na análise de riscos (YIMAZ, 2019).

Nesta linha, o ACRP (2015) admite como viável para estes casos o uso de comparações regulamentares e de *experts* versados em termos de experiência para julgamentos subjetivos (TORBAGHAN *et al.*, 2017).

Contudo, a necessidade de julgamento por *experts* ainda é sujeita a vieses e, portanto, incerteza e a probabilidade de imprecisão, ainda que de forma reduzida (NRC, 1994; YIMAZ, 2019). Para minimizar essa falha, a metodologia de coleta dos julgamentos deve ser padronizada e codificada. Além disso, Okrent & Pidgeon (1998) diz que analistas de risco mais experientes entendem melhor a influência dos vieses e são capazes de compensar seu efeito no julgamento subjetivo.

Outro ponto de atenção é o fato de que nenhum indivíduo é capaz de identificar todos os perigos possíveis. Desta forma, deve-se considerar o uso de vários pontos de vista como medida de correção estatística (SACKMAN, 1974), e o uso de técnicas que buscam o consenso entre *experts* na tomada de decisões.

A prática demonstra ser fundamental que o processo de julgamento por *experts* ocorra com um número suficiente de reuniões de estudo, a presença dos membros apropriados na equipe, ao invés de empregar os membros disponíveis e, que a liderança do estudo seja realizada por um moderador treinado e competente. Como Morgan *et al.* (2001) afirmam, esta técnica, quando bem controlada, é capaz de capturar satisfatoriamente o construto subjacente de risco das pessoas.

Em suma, a consulta de *experts* numa decisão de risco tende a ter uma maior precisão, especialmente em julgamentos técnicos, onde é crucial o conhecimento de características específicas do elemento analisado, não disponíveis para o público em geral.

O conhecimento sistematizado por Renn (1998) sobre as várias abordagens para tratativas de risco demonstra quais delas melhor se adaptam às diferentes aplicações no caso real. De acordo com o autor, para o caso de formulações de políticas regulatórias complexas e com escassez de dados, a abordagem percebida do risco pode ser utilizada com sucesso.

2.3 Abordagem integrada e comparativa de gerenciamento de riscos

Conforme verificado na introdução deste trabalho, um dos problemas existentes no monitoramento de riscos do SSP em aeroportos brasileiros é a falta de integração dos diferentes riscos do setor, prática trazida como de vanguarda na atualização do SMM (OACI, 2018).

A análise integrada de riscos se propõe a solucionar este problema (NASA, 2014). Numa perspectiva mais ampla, a análise integrada de riscos consiste em avaliar os riscos do sistema. Ao invés de focar em um conjunto de análises separadas, a análise integrada é capaz de preencher lacunas que permanecem após o estudo compartimentado, e que influenciam na performance final de segurança de um sistema.

Este método consolida as análises separadas para produzir um conjunto único e abrangente de medidas de desempenho de segurança quantificadas. Sua principal função é avaliar a posição de um sistema em relação ao atendimento de requisitos de desempenho de segurança cobrados.

É, portanto, uma ferramenta utilizada para dar suporte em três aspectos: (1) determinar quais requisitos são mais críticos no sistema, (2) informar o risco deste sistema e (3) otimizar a tomada de decisões operacionais (NASA, 2014).

Kontogiannis *et al.* (2017) utiliza essa técnica em seu modelo de riscos para tráfego aéreo, ressaltando que sistemas de gerenciamento de riscos modernos necessitam de um sistema integrado, que permita não somente o relacionamento de riscos entre si, mas também a integração destes com dados operacionais disponíveis no dia-a-dia das organizações.

A esse respeito, como afirma Wong *et al.* (2009_b), uma abordagem integrada de gerenciamento de riscos em aeroportos cruza as fronteiras regulatórias existentes, pois reflete a natureza conceitualmente contínua do risco. O autor complementa que isso facilita políticas globais mais eficientes em vez das atuais medidas fragmentadas e compartimentadas de controle de riscos.

Watson (2005) explica em seu trabalho que a Autoridade de Aviação Civil da Nova Zelândia, em consulta pública com *experts* de um grupo técnico, identificou que havia a necessidade da avaliação de requisitos de segurança operacional em aeroportos de maneira integrada, em um único estudo coerente, considerando inclusive sua relação custo-benefício.

Um dos problemas identificados neste tipo de abordagem é a dificuldade em se integrar riscos de diferentes naturezas e escalas numéricas. Empregar técnicas estatísticas para a normalização de dados é uma alternativa adequada para propostas voltadas ao uso de dados de modo integrado. Nesse sentido Rocca (2002) defende que a comparação semântica de riscos é mais aceita e intuitivamente mais significativa do que valores absolutos ou isolados. Esta metodologia possui bases bem fundamentadas, sendo proposta inicialmente no gerenciamento de riscos ainda na década de 60 (SJOBORG *et al.*, 2004).

Para Fischhoff (1994), os riscos nunca são percebidos num sentido absoluto, mas sempre quando contextualizados em relação a outros riscos. Para Slovic (1987) este conceito é nomeado de “risco em perspectiva”.

Fiedler (1996) afirma que muitos tipos de julgamento, incluindo o julgamento de risco, referem-se a entidades distais, ou seja, que não podem ser percebidas diretamente, mas devem ser inferidas a partir de probabilidades relativas.

Curtis & Carry (2012) e Slovic & Peters, (2006) acrescentam que, além da comparação de valores de risco entre si, uma boa prática é relativizá-los frente a níveis de desempenho previamente estabelecidos, medindo suas distâncias para alcance dos níveis aceitáveis para um determinado sistema, de maneira análoga ao conceito de *ALoSP* em OACI, 2006; 2011; 2016; 2018). Os autores defendem o uso de diferentes mapas de risco, tais como mapas de interação, *heat maps*, mapas risco-oportunidade, mapas hierárquicos, como solução visual para os usuários.

Outra medida considerada efetiva para análise e comunicação de riscos é o ranqueamento segundo sua representatividade no sistema (NAS, 2017). Mapas e listas hierarquizadas com impactos isolados e cumulativos facilitam a visualização para uma tomada de decisões mais acertada. Essencialista, ou construtivista, a depender da perspectiva do estudo, classificações e ranqueamentos são necessários para melhor gerenciar os riscos mais relevantes (MORGAN, *et al.*, 2000; 2001; FLORIG *et al.*, 2001; JOHNSON, 2004).

Johnson (2004) em seu estudo sobre comparações, conflitos e aceitabilidade de riscos, reputa fundamental a comparação e ranqueamento no trabalho de gerenciamento e comunicação de riscos.

Por fim, conhecer valor do risco total do sistema e sua composição, identificando, mapeando e priorizando seus principais elementos, é um importante passo para direcionar a aplicação otimizada de recursos em formulação de políticas regulatórias (WATSON, 2005; WONG *et al.*, 2009_a; YILMAZ, 2019), como é o caso do SSP.

2.4 Ferramenta MCDA-C

O rápido desenvolvimento das relações econômicas e da tecnologia gera um contexto complexo de tomada de decisões. Neste cenário, ferramentas como a MCGDM (*Multi-Criteria Group*

Decision Management), que se baseiam em percepções de grupos de especialistas, têm sido as utilizadas para otimizar as decisões sobre um determinado problema (XUE *et al.*, 2020).

Muitas são as ferramentas disponíveis para operacionalizar a captura da percepção de risco de *experts*. Os modelos racionais de tomada de decisão multicritérios mais usados são o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto por Saaty (1980), *Multicriteria Decision Making* (MCDM) e *Multicriteria Decision Aid* (MCDA).

O AHP é caracterizado por organizar hierarquicamente problemas complexos, compreendendo vários critérios e tomadores de decisão em um processo flexível e intuitivo, utilizando escalas comparativas de atratividade entre as opções disponíveis para depois hierarquizá-las (CEOLIM, 2005).

As metodologias MCDM e MCDA, derivadas da pesquisa operacional, diferem fundamentalmente em suas premissas. Enquanto o MCDM busca uma solução ótima por meio de um modelo puramente matemático, independente dos indivíduos envolvidos, o MCDA utiliza considera as convicções e valores dos indivíduos envolvidos (LYRIO *et al.*, 2007).

Uma ramificação do MCDA é a metodologia MCDA-C, que experimentou sua consolidação como ferramenta de gerenciamento científico a partir da década de 1980, com os trabalhos de Skinner (1986), Roy 1990, Bana e Costa (1992), Bana e Costa *et al.* (1999), Keeney (1992), Landry (1995) e Roy & Vanderpooten (1996). Esses trabalhos definiram seus limites de objetividade, critérios, atributos dos decisores e procedimentos para as avaliações.

As metodologias do MCDA-C e MCDA tradicional diferem, em particular, por sua lógica construtiva dos modelos. Enquanto o MCDA é racionalista-dedutivo, o MCDA-C usa uma lógica de pesquisa construtiva mista: indutiva e dedutiva (ROY & BOUYSSOU, 1993).

O MCDA-C baseia-se nas crenças básicas da Escola Francesa (ROY & VANDERPOOTEN, 1996), que são onipresença da subjetividade do processo de tomada de decisão e participação e aprendizagem com o uso da abordagem construtivista (ENSSLIN *et al.*, 2013).

A metodologia provou seu uso como ferramenta de avaliação preditiva para tomada de decisão com o uso de *experts* em diversos campos da indústria, como na construção civil (HALLOWELL & GAMBATESE, 2009), indústria aeroespacial (STOLT, 2008), operação de portos (LONGARAY, *et al.*, 2019), no mercado de ações (LYRIO, *et al.*, 2015), em sistemas municipais de abastecimento de água (KUSTERKO, *et al.*, 2018), em sistemas de auditoria

interna (MATOS *et al.*, 2018), desenvolvimento de produtos (MACHADO *et al.*, 2015), avaliação de performance de empresas aéreas (MIRANDA *et al.*, 2016), entre outros.

O estudo comparativo de metodologias de Neuenfeldt Júnior *et al.* (2015), que utilizou cinco critérios: (1) subjetividade, (2) simplicidade, (3) adaptabilidade, (4) aceitação e (5) gerenciamento, demonstrou as vantagens da metodologia MCDA-C sobre a AHP, especialmente em termos de simplicidade, aceitação e gerenciamento do modelo.

Para ele, o aspecto matemático da metodologia AHP e o processo de construção de modelo mais participativo, ajudando a identificar o impacto de uma ação no desempenho geral da organização, fazem com que o MCDA-C se destaque sobre AHP.

Outro aspecto considerado positivo por Roy & Bouyssou (1993) é que a abordagem MCDA-C busca estruturar o contexto de tomada de decisão em que os envolvidos acreditam ser o mais apropriado, gerando uma alta aceitação e capacidade de adaptação do modelo.

A abordagem permite que os tomadores de decisão construam o conhecimento de maneira a entender as consequências de suas decisões nos aspectos que consideram relevantes (seus valores e preferências) no contexto específico (ZAMCOPÉ, 2012).

Além disso, a metodologia internaliza as percepções dos usuários quanto à diferença de atratividade entre cada elemento de avaliação, gerando escalas e pesos numéricos adequados para eles (FLORIG *et al.*, 2001; ENSSLIN *et al.*, 2009).

Finalmente, o MCDA-C permite a atribuição direta de pesos aos elementos avaliados (ENSSLIN *et al.*, 2013), adequando-se ao contexto em análise para evitar erros e vieses de avaliação por parte dos *experts* consultados.

2.5 Modelo de risco

2.5.1 Variável de Severidade

A severidade refere-se à intensidade, tamanho, extensão, escopo e outras medidas potenciais de magnitude de um evento. Perdas e ganhos, por exemplo, expressos por dinheiro ou pelo número de fatalidades, são formas de definir a gravidade das consequências (AVEN & RENN, 2009). A avaliação de severidade do risco aeroportuário leva em consideração as consequências

potenciais relacionadas às falhas ou perigos. Considera o impacto no sistema, organização ou sociedade, levando em conta a pior situação previsível possível (OACI, 2018).

De acordo com Reason (1990), falhas latentes adicionam risco a um sistema. Elas representam um fator que influencia diretamente o valor do risco final, que será tão maior quanto maior for a sua severidade. Por outro lado, os requisitos regulamentares são defesas do sistema, e as não-conformidades a esses requisitos estão entre as falhas ou erros latentes mais comuns (REASON, 1997; KIRWAN, 1998).

Quando um requisito não é atendido, o risco naquele ambiente é elevado em algum grau. Por exemplo, uma sinalização horizontal de pista de pouso e decolagem que não esteja atendendo aos parâmetros de cor e conspicuidade estabelecidos em regulamento, não necessariamente ocasionará um acidente aeronáutico, mas esta falha eleva o risco da operação neste ambiente. O mesmo ocorre com um pavimento que esteja com suas características de aderência abaixo dos parâmetros mínimos requeridos.

Então, compreender o fator severidade do risco representado por cada requisito de segurança operacional implica, em última análise, conhecer a severidade de cada falha latente. Capturar estes valores previamente à ocorrência do evento indesejado permite gerar previsões de que devem resultar em benefícios na segurança do sistema (REASON, 1990).

Em alinhamento, porém na esfera técnica, o ACRP (2015) considera em sua definição de risco, que a variável severidade será sempre obtida via métodos preditivos, inclusive assumindo como válida a obtenção destes valores via observação, experiência e julgamento subjetivo técnico (CANALE *et al.*, 2005).

2.5.1 Variáveis de Probabilidade

O fator probabilidade de um evento é dado pela chance de falha, ou de ocorrência de não-conformidades em um determinado elemento. É uma variável que incorpora na análise de risco o volume produtivo de um sistema (REASON, 1997). A probabilidade de um requisito aeroportuário não ser atendido varia em função de fatores como custo, tempo de execução, complexidade técnica, impacto nas operações, dentre outros. Estimar estes valores isoladamente pode elevar de maneira considerável a imprecisão do modelo, dada a sua complexidade e a quantidade de premissas requeridas (MAKOWSKI, 2005).

Um outro fator de probabilidade empregado em modelos de risco é o volume operacional do sistema, que neste contexto utiliza-se o volume de movimentos de aeronaves do aeroporto (VATM). Ele atua como um índice de priorização, ponderando os valores encontrados de maneira que tornem-se comparáveis entre si. O VATM é uma das três principais variáveis independentes utilizadas para estudos de modelagem e dimensionamento em aeroportos. A primeira delas é a movimentação de passageiros, que direciona os trabalhos para eficiência de terminais de passageiros, qualidade, nível de serviço e etc. A segunda é a demanda de cargas, que basicamente orienta o desenvolvimento dos terminais e áreas adjacentes para transbordo e tratamento da carga aérea. Por fim, o volume de aeronaves é utilizado para especificar e modelar toda a estrutura do lado ar dos aeroportos, direcionando o desenvolvimento das dimensões e características físicas dos pavimentos, manutenção, procedimentos de operações e etc. Seu dinamismo o qualifica como uma boa variável independente, pois ele varia praticamente junto com as oscilações econômicas, fator crucial de previsão de demanda.

Por exemplo, se o VATM em um determinado aeródromo vem crescendo ao longo dos anos, é natural que seu operador se planeje para incrementar a quantidade e posições de suas *taxiways*, incrementar a quantidade de posições de estacionamento, preveja novos padrões de sinalização vertical e horizontal, se prepare para mais intervenções de manutenção, incremente a quantidade de funcionários e recursos, e adeque toda a sua operação com novos e mais sofisticados procedimentos operacionais.

Como prevê a teoria clássica de Reason (1990), a variação do risco (neste caso em aeroportos), se dá pelo acúmulo de falhas no seu sistema operacional, que fica mais complexo conforme o tamanho do aeroporto. Ou seja, cada movimento em um aeroporto possui uma probabilidade de ocorrência de falhas, que aumenta com a complexidade de cada movimento. Então, a probabilidade total de acidentes em um sistema complexo como o aeroportuário é dada pela soma da quantidade de movimento, ponderada pela complexidade de cada movimento.

Desta forma, o racional adotado em geral pelos órgãos reguladores no mundo é o que a probabilidade total e a recorrência de eventos indesejados em um aeroporto é diretamente proporcional ao seu volume e sua complexidade operacional (Curva A - Figura 2.1).

É por esse motivo que a grande maioria dos requisitos aplicáveis ao lado ar fazem referência direta ao VATM como uma *proxy* de probabilidade do risco. Este racional que guia atualmente

a carga regulatória aplicada aos aeroportos, que é tão maior quanto maior for sua movimentação de aeronaves (Curva B - Figura 2.1).

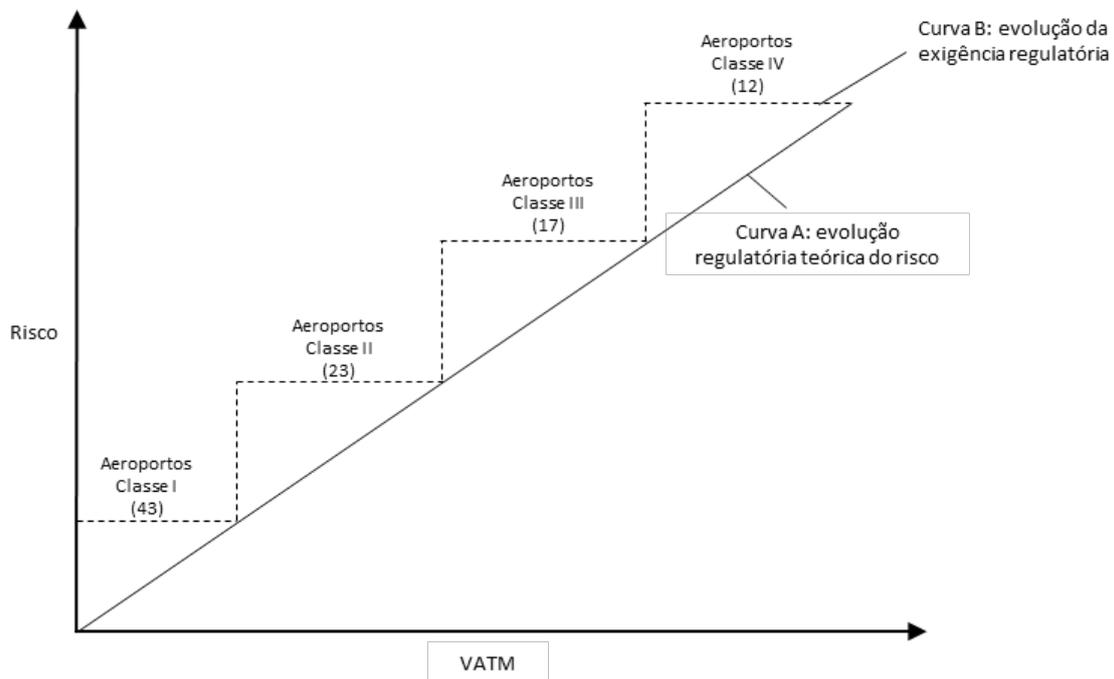


Figura 2.1: Regulação de risco em aeroportos

Contudo, um fator adicional pode não estar sendo considerado na aplicação regulatória do Estado. Todo processo produtivo possui suas defesas, como manuais de padronização de procedimentos, treinamentos, regulamentação, certificações, tecnologias. Estas barreiras conferem confiabilidade ao sistema (HOLLANGEL, 2014), pois controlam as chances e as consequências dos eventos indesejados (CAA, 2010).

Em um sistema aeroportuário esta dinâmica não é diferente. As barreiras previstas na própria regulamentação reduzem a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e suas consequências (*e.g.* orientação e controle da movimentação no solo, controle de tráfego aéreo, gerenciamento do pátio de aeronaves, manutenção das pistas de pouso e decolagem, áreas de segurança de fim de pista e etc.). Quanto mais efetivas forem essas barreiras, menores serão as probabilidades de falha em cada movimento em um aeroporto, suas consequências, e com isso, seu risco.

Ocorre que, nos aeroportos mais movimentados a capacidade de investir em segurança e atenuar seu risco tende a ser maior do que a dos aeroportos menos movimentados, onde ocorreria o inverso (Oliveira & Salgado, 2008). Isso porque, haveriam elementos na administração de

maior porte capazes de conferir maior qualidade às ações e decisões tomadas por essas organizações.

Graças à maior disponibilidade de recursos, há um ganho de escala que faz com que a efetividade do gerenciamento de risco nos aeroportos de maior porte tenda a ser maior. É esperado que maiores níveis de qualificação técnica, estruturas organizacionais mais bem definidas e organizadas, maior experiência de seus profissionais, maior remuneração, e outras características administrativas que superam as exigências regulamentares resultem em ganhos de qualidade, que serão convertidos em ganhos de segurança operacional.

Ou seja, devido à sua alta demanda e consequente maior capacidade de aplicação de recursos, os aeroportos de maior porte teriam um nível de risco ponderado pelos movimentos (VATM) menor do que nos aeroportos de menor porte. Este fenômeno pode ser observado conceitualmente na Figura 2.2, onde a evolução do risco sofreria uma deriva prática representada pelos ganhos de escala em *compliance* dos aeroportos de maior porte (Curva C - Figura 2.2).

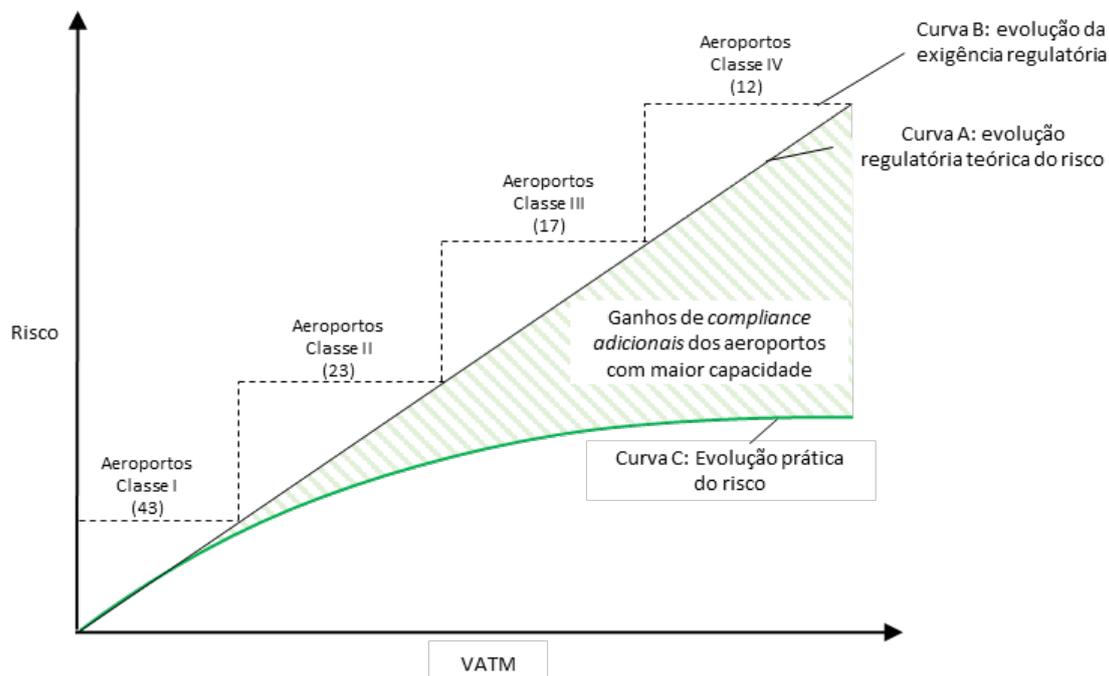


Figura 2.2: Ganho de escala em *compliance* dos maiores aeroportos

Como o ganho na capacidade de proteção dos aeroportos de grande porte (Classe IV e Classe III, conforme definição de ANAC (2021)) - aproximadamente 30 aeroportos no sistema brasileiro) tende a ser maior do que o avanço da exigência de proteção regulatória, o crescimento das taxas de risco destas estruturas tende a ser atenuado. Por outro lado, aeroportos

de menor movimentação (Classe II e Classe I) possuem menor capacidade econômica, resultando em maior dificuldade para que cumpram plenamente as exigências regulatórias.

O trabalho publicado pela FAA (2000) para gerenciamento de riscos em aeroportos fornece elementos teóricos acerca desta possibilidade. Nele está previsto que o custo sempre será um dos fatores limitantes em um sistema de gerenciamento de riscos. Um sistema efetivo deve fornecer equilíbrio entre custo com segurança e custo com insegurança (acidentes) (NASA, 2007).

Exemplificando com dados reais, entre 2006 e 2015 nos 100 aeroportos de maior movimentação do país, 83% das reduções de capacidade de prestação de serviços de combate a incêndios (reduções de NPCE) e 100% das indisponibilidades totais (SESCINC U/S) ocorreram nos 80 aeroportos menos movimentados, que responderam por 18% das decolagens do período. Já os 20 aeroportos de maior porte, que representaram 82% das decolagens, não tiveram no período de 10 anos nenhuma indisponibilidade total e apenas 17% das reduções de NPCE (CUNHA & ANDRADE, 2021) (Figura 2.3).

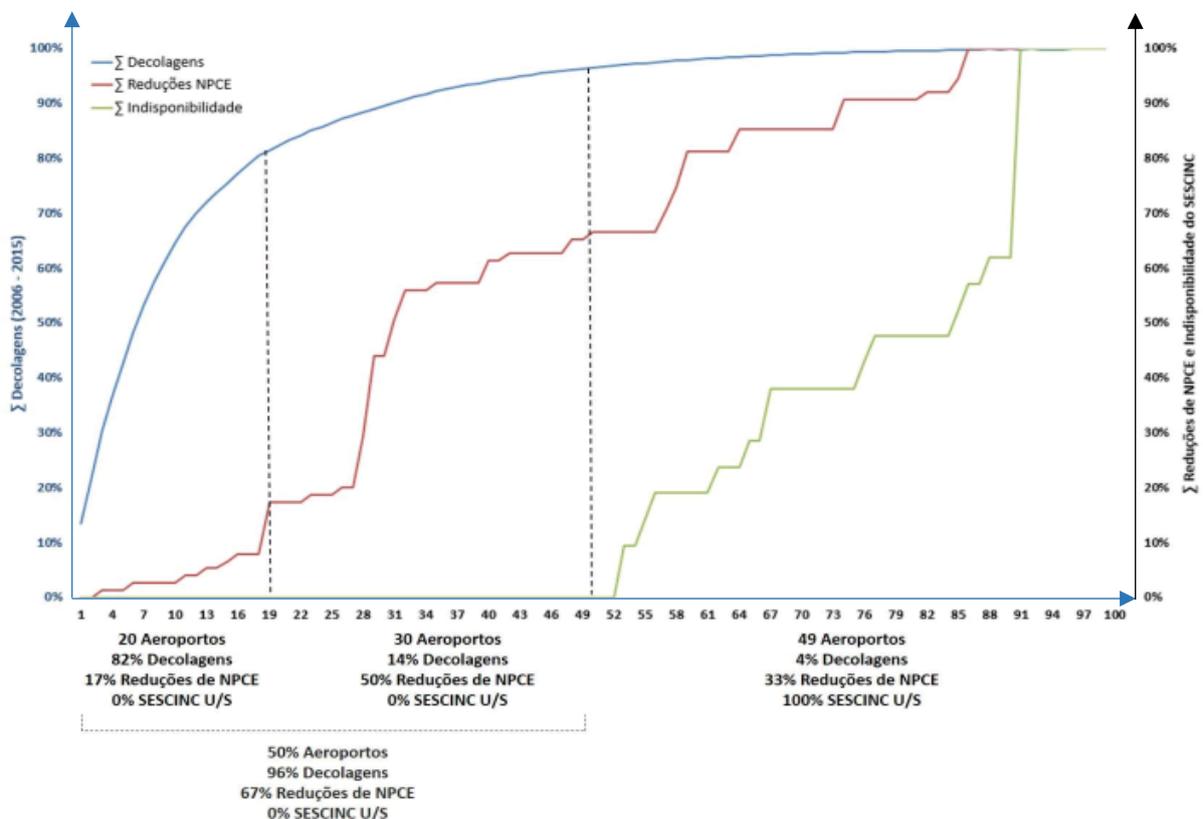


Figura 2.3: Reduções de NPCE e SESCINC U/S (2006 a 2015)

Essa constatação reflete a maior capacidade dos aeroportos de maior porte em manter os recursos de resposta a emergência demandados pela legislação vigente, reconhecidamente

intensivos em aplicação de recursos financeiros. Apesar do custo unitário de manutenção dos serviços de resposta a emergência ser maior para os aeroportos mais movimentados, Cunha & Andrade (2021) constataram que esta relação era invertida quando este custo era ponderado pelas decolagens dos aeroportos. O custo por decolagem nos 20 aeroportos mais movimentados do país, concentrando 82% das decolagens nos 10 anos analisados, foi 45 vezes menor do que o custo dos 20 menos movimentados.

Desta maneira, observa-se que o incremento em custos em aeroportos de grande porte não segue linearmente o incremento de movimentos. Por consequência, a eficiência em prover manutenção, ou seja, segurança, nesses casos é maior devido ao ganho de escala.

Em linhas gerais, a economia de escala ocorre sempre que a relação entre produção e custo de uma firma é maior do que “1”, ou seja, um incremento em *output* resulta em um incremento menor em custos do que o de produção, comparativamente. O oposto também é válido (deseconomia de escala), ou seja, um incremento em produção resulta num incremento maior proporcionalmente em custo de produção (PINDYCK & RUBINFELD, 1997) (Figura 2.4).

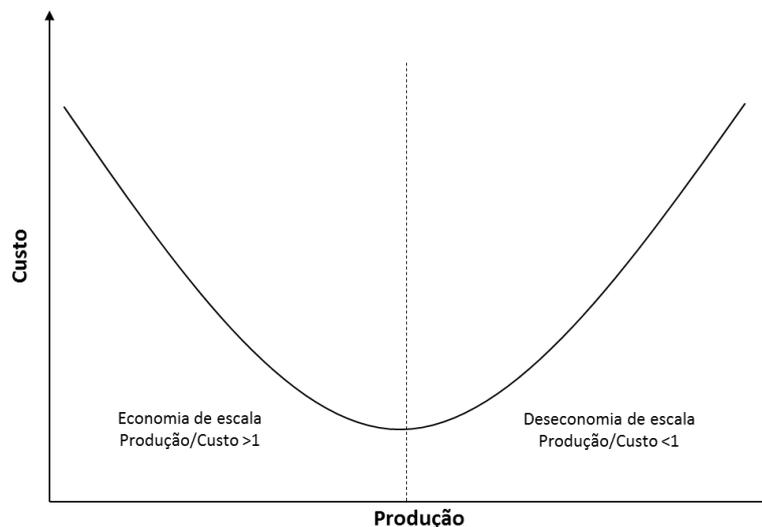


Figura 2.4: Economia e deseconomia de escala

Por esse motivo, foi inserido um índice empírico “ α ” na equação do modelo de risco deste trabalho, que representa a taxa corrigida de evolução do risco dos aeroportos em função do custo operacional, nesse caso manutenção de pavimentos. O objetivo é inserir no modelo um ajuste empírico que represente a relação entre o porte do aeroporto (VATM) e seus custos regulatórios, refletindo os efeitos de escala, positivos, ou negativos, no risco.

Desta forma, o modelo passa a capturar não somente o incremento do risco pelo volume operacional, mas também os ganhos de escala benéficos para a segurança operacional em função da estrutura de custos regulatórios do setor. Solvoll & Mathisen (2017) reconhecem em sua pesquisa sobre precificação em aeroportos americanos, que o VATM é a variável mais relevante quando se analisa estrutura de custos em aeroportos, corroborando a técnica introduzida neste trabalho.

2.6 Nível aceitável de risco e análise de impacto regulatório

Kirkpatrick & Parker (2007; 2012) colocam que uma boa regulação deve ser tanto efetiva, como eficiente. Efetiva no sentido de alcançar seus objetivos propostos e eficiente quanto ao alcance desses objetivos ao menor custo total possível, incluindo os custos governamentais e os custos impostos à economia.

Isso significa que o Estado deve balancear suas exigências regulatórias, levando em consideração a relação custos *versus* benefícios. Para tanto são utilizadas técnicas *ex ante* e *ex post* conhecidas como Análise de Impacto Regulatório (AIR), tornando transparentes as vantagens e desvantagens inerentes à regulação, a identificação de quem se beneficia e quem arcará com os custos regulatórios (OCDE, 2012).

Uma análise de impacto regulatório é em um método de auxílio de tomada de decisão de políticas públicas que se destina a ajudar os legisladores na concepção, execução e acompanhamento das melhorias nos sistemas de regulamentação, fornecendo uma metodologia para avaliar as prováveis consequências da regulamentação proposta ou em vigor (KIRKPATRICK & PARKER, 2007).

Nesse sentido torna-se crucial a compreensão dos riscos operacionais em ambientes aeroportuários para que sejam adequadamente gerenciados, e com isso, o objetivo primordial da regulamentação seja atendido ao menor custo possível.

O pensamento corrente sobre o tema sustenta que a eliminação de 100% dos acidentes é desejável, porém um objetivo inalcançável. Falhas e erros irão ocorrer, e nenhum sistema projetado ou operado por humanos pode garantir segurança absoluta, ou seja, livre de risco (OACI, 2018).

Por esse motivo, no âmbito da aviação civil, a segurança operacional é definida como sendo uma noção relativa na qual riscos inerentes à execução de uma atividade são aceitáveis. Neste

sentido, ela deve sempre ser relativizada a um nível aceitável de desempenho, que deve ser gerenciado visando a melhoria contínua (ACRP, 2015; OACI, 2016). No modelo dessa pesquisa, o desempenho de segurança de cada aeroporto será relativizado individualmente em função desse valor (CUNHA *et al.*, 2021_b), conforme detalhamento metodológico.

A melhoria contínua deve ser plenamente alcançada com a utilização do princípio da regulação direta por incentivos positivos (BALDWIN *et al.*, 2012), tanto para os aeroportos posicionados na região de menor risco, quanto para os posicionados na região de maior risco em relação ao referencial calculado. A premissa é que ambos os grupos buscarão melhorar seus desempenhos. Logo, o valor referencial monitorado no tempo tenderá a evoluir, e com isso a segurança operacional de todo o sistema.

3. MÉTODO

Este capítulo descreve o método proposto para a criação do modelo de gerenciamento de risco de infraestrutura aeroportuária. A estrutura da pesquisa está apresentada na Figura 3.1, e suas cinco etapas são detalhadas nos subitens que seguem.

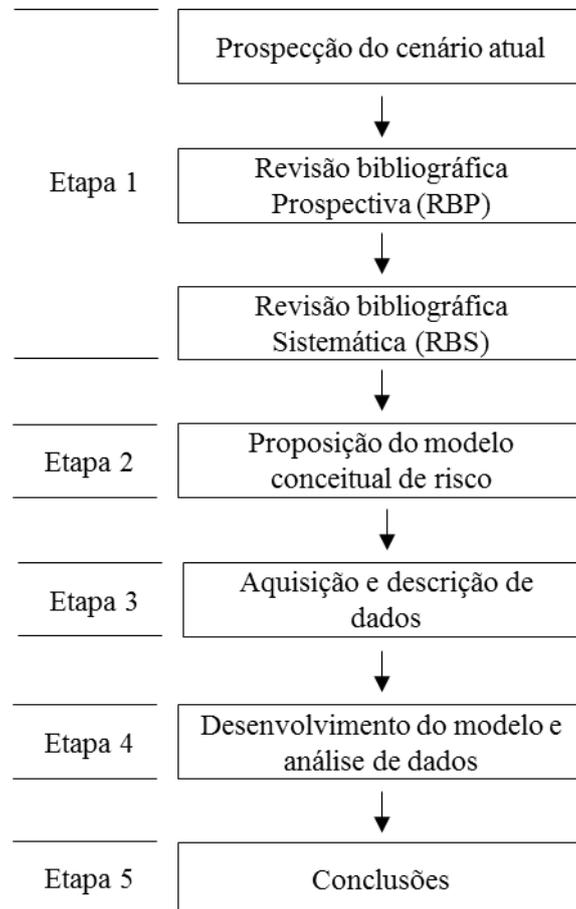


Figura 3.1: Estrutura da pesquisa

3.1 Faseamento da pesquisa

Como a pesquisa objetiva implementar um monitoramento de riscos operacionais em aeroportos brasileiros, é necessário que sejam estabelecidos procedimentos para levantar e analisar os dados das variáveis empregadas no modelo proposto.

Além disso, deve-se realizar um trabalho de aquisição de conhecimento prévio, necessário para o desenvolvimento do modelo. Dessa forma, a metodologia proposta utiliza uma abordagem analítica investigativa, além de uma abordagem indutiva para adaptar os modelos de risco revisados e, com base nos dados integrados, buscar a solução do problema proposto (LAKATOS & MARCONI, 1992; GIL, 1999).

O levantamento teórico dividido em 2 fases, sendo elas, a revisão bibliográfica prospectiva (RBP), de característica investigativa randômica, e a revisão bibliográfica sistemática (RBS), com metodologia de busca estruturada (SOUSA & RIBEIRO, 2009; LOPES & FRACOLLI, 2008), ambas descritas no **Apêndice A**.

3.2 Desenvolvimento do modelo de risco

3.2.1 Determinação do valor final do risco (R)

Então, adaptando-se os modelos verificados aos fins desta pesquisa, tem-se o valor estimado do risco total do sistema aeroportuário brasileiro dado pela Equação 3.

$$R_t = \sum R_a \quad [3]$$

Nessa equação R_t é o risco total do sistema aeroportuário e R_a o risco representado por cada aeroporto. Os componentes desta fórmula são desenvolvidos nas Equações 4 e 5.

$$R_a = \alpha \cdot I_e / V_{ATM} \quad [4]$$

$$I_e = \left(\sum_{i=1}^n (S_{req\ n}) \cdot (P_{conf\ n}) \right) \quad [5]$$

Nessas equações, I_e refere-se ao Índice de Eficiência Regulatória, que mede o quão eficiente é o Estado no SSP nas ações de regulamentação e fiscalização das atividades operacionais de infraestrutura aeroportuária. Representa também, no caso dos aeroportos, sua capacidade operacional, resultado de seu esforço para o cumprimento das exigências impostas. Trata-se da componente regulatória e comportamental do modelo, corrigida empiricamente por “ α ”, cujas especificações para inclusão no modelo encontram-se detalhadas em 3.4.3 e 3.4.4.

A variável S_{req} é a severidade da não-conformidade de um dado requisito no aeroporto, obtida via percepção subjetiva dos *experts*. O detalhamento dos critérios e a organização adotada para sua obtenção está descrito em 3.3.1, 3.3.2 e 3.4.1. Já P_{conf} representa a chance deste requisito não ser atendido. Os parâmetros para sua inclusão no modelo estão descritos em 3.4.2. Por fim, V_{ATM} é o volume movimentação de aeronaves do aeroporto. Para possibilitar a integração de todos os elementos em um único índice adimensional, todas escalas das variáveis serão normalizadas (KONTOGIANNIS *et al.*, 2017).

Dessa forma, um dado aeroporto que tenha seu nível de risco consideravelmente maior do que o praticado devido ao elevado número de não-conformidades (P_{conf}) poderia reduzir seu risco

aplicando recursos com utilidade otimizada no atendimento ao grupo de requisitos de maior significância S_{req} (MAZUR, 1985). Em última análise, esgotadas as possibilidades, o movimento de um dado aeroporto poderia ser reduzido para a manutenção e um nível aceitável de risco, como já praticado atualmente.

3.2.2 Validação do modelo

O modelo de risco proposto é dinâmico e contém uma componente perceptiva e uma componente empírica, ambas ajustadas de maneira a se obter uma estimativa da carga total de risco para cada um dos aeroportos do grupo estudado (SUH & HAN, 2003; BERGMAN, *et al.*, 2006).

Sua validação geral deve ser feita via a metodologia proposta por Cunha *et al.* (2021_b), na qual foi calculado o risco realizado nos aeroportos brasileiros no período de 2010 a 2019. Estes dados foram confrontados com o estimado pelo modelo. A calibração futura pode se valer desta ferramenta também, sempre confrontando os níveis estimados com os medidos.

Para o cálculo do α , os dados de custo de manutenção são obtidos anualmente pelo órgão regulador (via pesquisa direta ou estimação), e sua atualização não deve consumir grande quantidade de trabalho. Como a aviação civil é um ambiente com altos índices de controle regulatório, sua estabilidade de processos faz com que as oscilações comportamentais dos entes regulados sejam baixas. Contudo, como o modelo também é baseado em cálculos de preço de mercado, e estes podem variar rapidamente, a atualização deste conjunto de dados deve ser feita anualmente para que se tenha uma razoável atualização do modelo ao ambiente regulatório.

Além disso, há a necessidade de reanálise periódica dos valores de S_{req} para os requisitos de segurança operacional em vigor. Eles representam a percepção dos especialistas acerca do risco relativo dos requisitos de segurança operacional em vigor. Esta avaliação de risco contém um contorno muito bem definido, que deve ser respeitado. Ela se refere ao intervalo de tempo em que o conjunto de requisitos avaliados estiver em vigor. Como é natural que a regulação evolua em função da própria evolução do mercado de aviação civil, é também natural que estas avaliações sejam renovadas.

Em primeiro lugar por conta da quantidade de requisitos em vigor. Requisitos podem ser criados ou revogados ao longo do tempo. Atualmente o órgão regulador de aviação civil brasileiro tem atuado no sentido de desregulamentar o setor. Então, a tendência é que ao longo do tempo haja menos requisitos em vigor do que atualmente, logo, a inter-relação entre os requisitos é alterada.

Em segundo lugar, porque alguns requisitos podem ser mantidos em vigor, mas terem sua importância alterada, com a evolução do mercado de aviação civil e novas tecnologias e técnicas sendo incorporadas à operação.

A atualização do conjunto de regulamentos constantes deste estudo tradicionalmente tem se dado em média a cada 3 anos. Da mesma forma, estes mesmos regulamentos exigem um reenquadramento de categorização dos aeroportos considerando sua média móvel dos últimos 3 anos. Sendo assim, a periodicidade recomendada para a atualização das percepções S_{req} dos *experts* seria de aproximadamente 3 anos, considerando-se um cenário estável de dinâmica regulatória.

Além disso, é necessária também a validação das percepções acerca da presença dos vieses heurísticos. Nesse caso utiliza-se o *alfa de Cronbach*. Conhecido como o teste mais comum para avaliar a confiabilidade e validade de pesquisas psicométricas, valores do teste acima de 0,7 podem ser considerados altamente confiáveis e válidos quando os dados não são manipulados (CHO & KIM, 2015).

3.3 Definições de escopo

3.3.1 Requisitos avaliados (S_{req})

O modelo proposto mede o risco representado pela infraestrutura aeroportuária às operações aéreas (Figura 3.2). A definição dos requisitos a serem avaliados deve ser feita a partir da revisão dos regulamentos em vigor. Essa ação deve ser realizada com auxílio dos *experts*, via interações prospectivas não estruturadas.

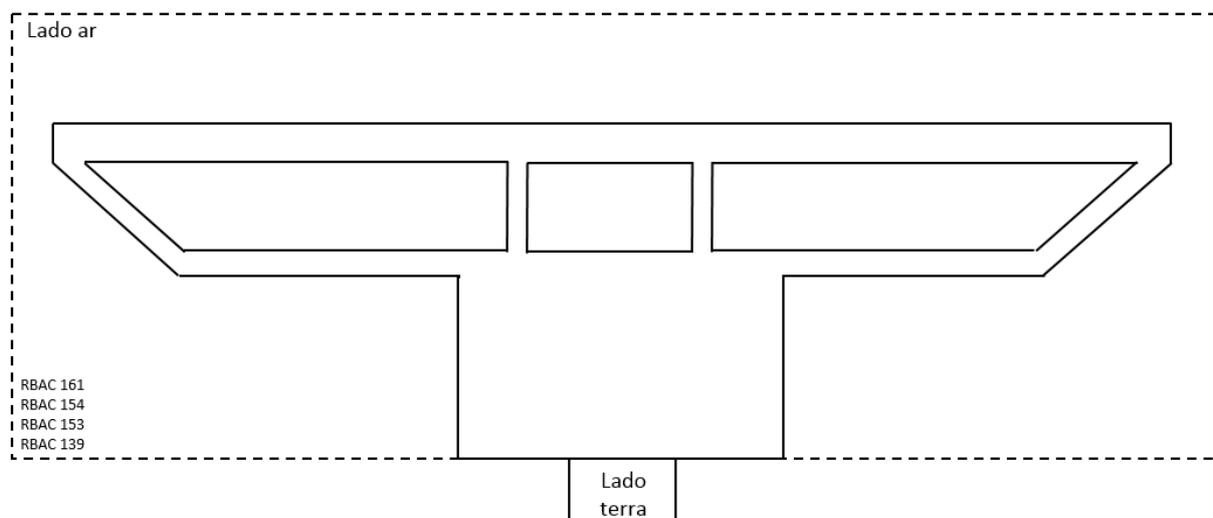


Figura 3.2: Aplicação do modelo de risco

Nessa tarefa é necessário um trabalho minucioso de filtragem dos requisitos a fim de se limitar a granularidade do trabalho, viabilizando as análises semânticas pelos *experts* (SLOVIC, 1987; MORGAN *et al.*, 2000; DEKAY *et al.*, 2001; VIDAL *et al.*, 2011), sem comprometer seu poder analítico com limitação demasiada de atributos (SIRIYASATIEN *et al.*, 2016).

Esta seleção permite amplificar a confiabilidade da avaliação, pois as opções de inferência disponíveis ficam razoavelmente limitadas a um conjunto finito de alternativas identificáveis, plausíveis e muitas vezes mutuamente exclusivas NRC (1994). Para tanto deve ser utilizada uma técnica de avaliação meritória inicial, identificando a natureza dos requisitos e se estes determinam medidas que influenciam a segurança operacional ou não. A partir daí os requisitos devem ser distribuídos em uma árvore de decisão criada segundo a classificação morfológica sugerida nos regulamentos, de similaridade temática (BEN-GAL *et al.*, 2014) auxiliando os avaliadores na realização dos julgamentos semânticos.

Após realizados os julgamentos, os resultados de S_{req} foram organizados e analisados. A fim de viabilizar a aplicação da metodologia proposta e também garantir o anonimato dos aeroportos na pesquisa, os dados serão descaracterizados, e utilizados para busca de conformidade dos requisitos (P_{conf}) o equivalente a 20% do risco acumulado estimado pelos *experts*.

3.3.2 Organização dos requisitos avaliados (S_{req})

Vários estudos sobre risco consultaram especialistas como forma de aquisição de dados destacando sua adequação e relevância, sendo que muitos deles utilizaram arvores de decisão para estruturação dos problemas avaliados. Xue *et al.* (2020) é um exemplo do emprego de consultas especializadas e de Tomada de Decisão em Grupo Multi-Critérios (MCGDM) em estudos de risco.

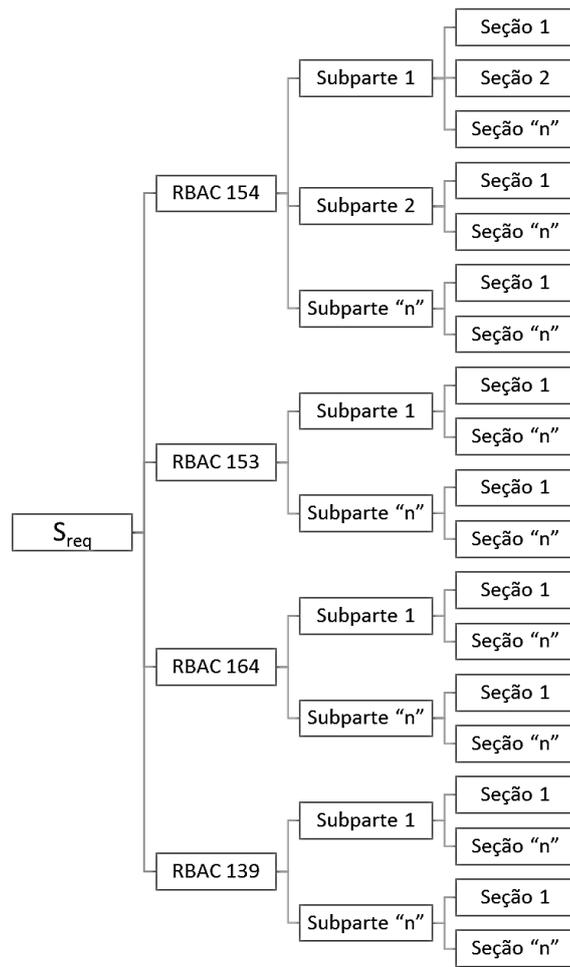
Árvores de decisão, geralmente, são usadas para organizar problemas de escolha com vários atributos. Höppner *et al.* (2020) argumentam que elas auxiliam no enfrentamento de problemas complexos, pois possuem a capacidade natural de categorizá-los de forma que os torne fáceis de operar, visualizar e interpretar. Além disso, elas têm a capacidade de adquirir e incorporar a experiência e o conhecimento das pessoas envolvidas no processo (HEISING & MOYLE, 2004).

Para a geração da árvore de decisão, foram realizadas entrevistas não estruturadas, com uso de *brainstorming* com os *experts*. Esta técnica permite captar conhecimentos e organizar morfologicamente o contexto de decisão.

Uma técnica exploratória bibliográfica foi utilizada com a varredura inicial dos requisitos relacionados ao problema proposto. Diedenhofen & Musch (2019) explicam que especialistas quando envolvidos no processo de estruturação desse tipo de avaliação desde os estágios iniciais costumam fornecer informações úteis para gerar e selecionar itens que cobrem efetivamente o domínio do problema abordado. Essa técnica permite obter o máximo de informações possível sobre o tema, bem como detalhar melhor o assunto, reduzindo vieses, tanto dos entrevistados quanto dos entrevistadores (QUARESMA, 2005).

A regulamentação brasileira de segurança operacional em aeroportos é distribuída em quatro regulamentos principais, denominados Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC): RBAC 139 (Certificação de Aeroporto), RBAC 153 (Operação e Segurança de Aeroportos), RBAC 154 (Projeto Aeroporto) e RBAC 164 (Risco de Fauna). Os requisitos de segurança foram selecionados a partir desses regulamentos, filtrados e classificados de acordo com as cinco áreas técnicas previamente definidas, Manutenção (MNT), Operações (OPS), Sistemas de Gestão de Segurança (SMS), Resposta a Emergências (REA) e Risco de Fauna (FAU).

Em seguida, foi criada uma árvore de decisão com três níveis de forma a organizar hierarquicamente todos os requisitos refletindo suas subdivisões nos regulamentos (CUNHA & ANDRADE, 2022). Importante ressaltar que em partes da estrutura regulamentar analisada há quatro níveis hierárquicos, contudo, como o quarto nível não existe em toda a extensão dos regulamentos, o ranqueamento se deu até o terceiro nível, de forma a permitir uma avaliação uniforme e evitar a introdução de alta granularidade no modelo (Figura 3.3).



Julgamentos de risco pelos *experts*: Nível 1 = 120 Nível 2 = 360 Nível 3 = 744

Figura 3.3: Organização hierárquica dos requisitos na pesquisa

Uma vez que os requisitos foram organizados, eles foram distribuídos aos *experts* para fazer seus julgamentos. A distribuição ocorreu de acordo com o seu nível na árvore e a especialização dos profissionais, de acordo com a seguinte lógica: todos os trinta especialistas votaram no valor de S_{req} de cada um dos quatro regulamentos, pois o assunto de cada um deles é amplamente conhecido por todos.

Ao avançar para o segundo nível da árvore de requisitos (subpartes), os seis especialistas em risco de fauna fizeram seus julgamentos apenas para as subpartes neste assunto e foram impedidos de fazer julgamentos para as outras subpartes. No terceiro nível (seções), a segregação foi maior e cada seção recebeu julgamentos de risco apenas de seis especialistas especializados em cada uma das cinco áreas (MNT, OPS, SMS, REA e FAU), totalizando 1.224 julgamentos ao final da tarefa (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Organização dos requisitos na pesquisa

Nível 1				Nível 2			Nível 3		
Regulamento	<i>Experts</i>	Julgamentos de severidade		Subparte	<i>Experts</i>	Julgamentos de severidade	Seção	<i>Experts</i>	Julgamentos de severidade
RBAC 139	1	30	30	5	24	120	22	6	132
RBAC 153	1	30	30	5	24	120	66	6	396
RBAC 154	1	30	30	4	24	96	25	6	150
RBAC 164	1	30	30	4	6	24	11	6	66
Total	4		120	18		360	124		744

Então, o valor de S_{req} de cada uma das 124 seções avaliadas pode ser assumido como na Equação 6.

$$S_{req} = S_{req_reg} \times S_{req_sub} \times S_{req_sec} \quad [6]$$

Em que:

S_{req} : é o valor de severidade total avaliado pelos *experts*.

S_{req_reg} : é o valor de severidade média de cada RBAC avaliado pelos *experts*, dentre os 4 RBAC.

S_{req_sub} : é o valor de severidade média de cada subparte avaliada pelos *experts*, dentre as 18 subpartes.

S_{req_sec} : é o valor de severidade média de cada seção avaliada pelos *experts*, dentre as 124 seções.

3.3.3 Aeroportos utilizados

A aplicação prática do método também envolve a definição do escopo de aeroportos, que deve ser estatisticamente representativo para validar o modelo e permitir sua implementação no SSP brasileiro. Para o desenvolvimento do modelo desta pesquisa, esta amostra é representada pelos 100 aeroportos mais movimentados do país, uma vez que são responsáveis por 98% do movimento operacioanl brasileiro.

3.3.4 Corpo de especialistas consultados (*Experts*)

A seleção de especialistas para julgamentos de sensibilidade tem sido estudada ao longo dos anos. A seleção correta de *experts* tem forte potencial para gerar dados precisos, e as principais características buscadas para este tipo de trabalho são a experiência profissional e sólida formação acadêmica relacionada ao tema sobre o qual são solicitados a fazer seu julgamento. (VIAPPIANI *et. al.*, 2011).

Em relação à experiência profissional, foram priorizados especialistas que atua em aeroportos de grande porte. O objetivo é garantir o uso de profissionais que tenham expertise em análise de risco (1) envolvendo uma ampla variedade temática de problemas no ambiente operacional de um aeroporto, (2) considerando desde riscos insignificantes até aqueles com o maior potencial disruptivo para essas organizações, e (3) exercendo esta atividade por um período preferencialmente acima de 5 anos.

Quanto à formação acadêmica, todos os especialistas consultados devem preferencialmente possuir o título de bacharel em área relacionada à engenharia, manutenção, segurança e operações. Como a agência reguladora do setor realiza uma análise curricular prévia ao cadastramento e aceitação desses profissionais como gestores técnicos nas organizações em que atuam, essa avaliação deve ser considerada adequada para a sua qualificação como especialistas no setor.

Além disso, devem integrar o grupo de especialistas igual número de profissionais do próprio órgão regulador, igualmente capacitados, porém, atuando em atividades de regularização e fiscalização do cumprimento dos parâmetros de segurança estabelecidos para o setor aéreo.

Assim, um grupo de trinta especialistas experientes em operações aeroportuárias (quinze reguladores e quinze operadores) foi selecionado a partir do banco de dados da agência de aviação, que reúne dados acadêmicos e profissionais de gestores operacionais de aproximadamente 120 aeroportos no Brasil com voos regulares. Atualmente são empregados, ou pelos 10 maiores operadores de aeroportuários brasileiros, ou pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), atuando como gestores de operações aeroportuárias e agentes de segurança operacional.

A média de idade do grupo é de 44 anos, sendo que 83% deles possuem formação acadêmica relacionada ao tema desta pesquisa e 70% deles atuam com segurança e operações aeroportuárias há pelo menos 10 anos (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Perfil dos *experts* da pesquisa

	Formação acadêmica	Experiência em operações aeroportuárias
Menor que 5 anos	0%	7%
De 6 a 10 anos	17%	23%
De 1 a 15 anos	17%	27%
Mais que 15 anos	66%	43%

Poderia-se argumentar que o fato de ambos grupos de *experts* terem origens distintas pode fazer com que suas percepções sofram influências de maneira distinta dos viesés heurísticos. No entanto, apesar de trabalharem em organizações diferentes, muitas vezes eles participam de treinamentos em conjunto, compartilham e usam a mesma documentação técnica, fazem reuniões e trabalham constantemente juntos.

Além disso, trabalhar com o todo o grupo de maneira coesa contribui como medida de correção da representatividade, onde ambas as formas de percepção de risco e viés são capturadas, gerando um valor médio representativo de ambos os grupos, conforme proposto por Diedenhofen & Musch (2019).

Por fim, trabalhar com grupos de reguladores e operadores separadamente pode ter um impacto negativo na confiabilidade estatística das respostas, tanto na análise de risco quanto na captura da percepção de vieses, pois restringiria a quantidade de respostas de cada grupo.

Os requisitos de segurança avaliados pelos *experts* estão relacionados às 5 áreas técnicas relacionadas ao estudo: Manutenção (MNT), Operações (OPS), Sistemas de Gestão de Segurança (SMS), Resposta a Emergências (REA) e Risco de Fauna (FAU). Portanto, os 30 especialistas participantes foram divididos nessas áreas (6 para cada), cobrindo todos os requisitos publicados e aumentando o nível de certeza dos julgamentos de risco feitos.

3.4 Procedimentos para aquisição e análise de dados

Dentre as técnicas comumente empregadas na literatura para tomada de decisão com base em opinião de especialistas, destacam-se o método AHP e MCDA. O trabalho de Neuenfeldt Júnior *et al.* (2015) é um dos elementos que motivaram a escolha da metodologia MCDA-C para subsidiar a elaboração do modelo desta pesquisa.

Dessa forma, a aquisição de dados para o modelo de risco proposto foi realizada por meio de levantamento de dados (sistema HORUS e sistema de vigilância ou auto declaração) e a partir de consulta a especialistas segundo a metodologia MCDA-C (Figura 3.4).

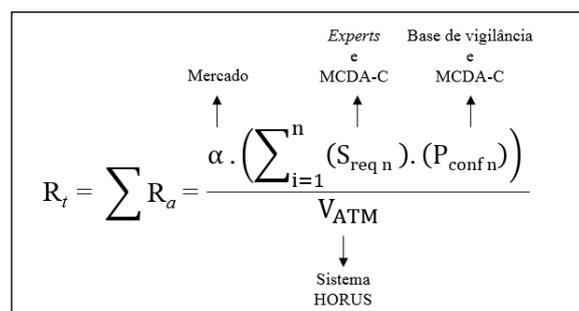


Figura 3.4: Fontes de informação para os dados empregados no modelo

O MCDA-C é a ferramenta utilizada nesta tese para adquirir e integrar os dados de percepção de severidade S_{req} e as escalas de conformidade dos valores de P_{conf} , para estas últimas, quando não definidas explicitamente em regulamento.

A metodologia MCDA-C é composta basicamente por três fases que são: (a) Estruturação, (b) Avaliação e (c) Recomendações (BANA E COSTA *et al.*, 1999; ENSSLIN *et al.*, 2013) e foram adaptadas para uso nesta pesquisa (Figura 3.5).

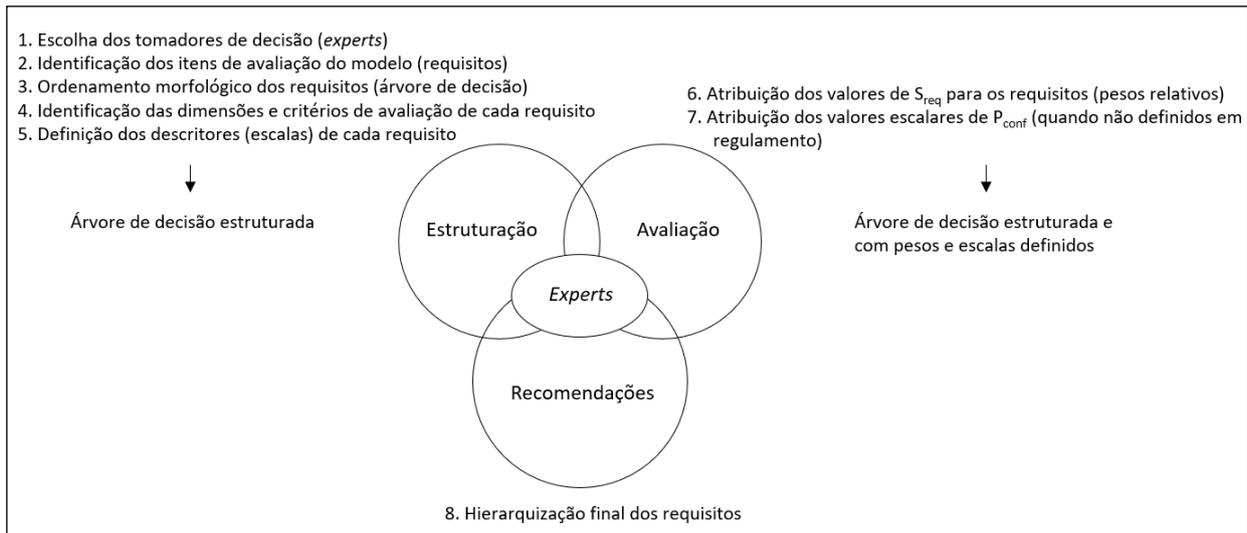


Figura 3.5: Metodologia MCDA-C adaptada para a pesquisa

Para a geração da árvore de decisão devem ser realizadas entrevistas não estruturadas, com o uso de *brainstorming*. Esta técnica serve para capturar o conhecimento, além de organizar morfológicamente o contexto de decisão. São conhecidas as dimensões de avaliação de cada requisito e estabelecidos os descritores das escalas de avaliação, indicando os níveis máximos, mínimos e aceitáveis de conformidade (CUNHA *et al.*, 2021_a).

Árvores de decisão são usualmente utilizadas para organizar problemas de escolha com múltiplos atributos. Hopner *et al.* (2020) defendem que elas auxiliam a lidar com problemas complexos, pois possuem a capacidade natural de categorizá-los de maneira a tornarem-se fáceis de operar, visualizar e interpretar. Além disso, elas possuem a habilidade de adquirir e incorporar *background* e conhecimento dos envolvidos no processo de construção do modelo (HEISING & MOYLE, 2004), atributo essencial para esta abordagem.

A escala escolhida de P_{conf} para os requisitos varia de acordo com (1) os mínimos claramente definidos na regulação ou (2) o ponto de vista dos especialistas, quando os níveis aceitáveis não são definidos.

Uma normalização escalar deve ser introduzida de modo que as comparações entre os requisitos possam ser feitas em uma mesma base. Trata-se de uma das técnicas numéricas mais utilizadas e é considerada essencial para tornar o modelo operacional, mais objetivo e intuitivo, portanto mais aceitável, para os *experts* (FISHBURN, 1967; WINTERFELDT & EDWARDS, 1986; GOODWIN & WRIGHT, 1991; BEINAT, 1995).

Posteriormente devem ser definidos os pesos relativos de S_{req} para cada nível hierárquico da árvore. Nesse momento todos os especialistas devem votar individualmente. Os valores atribuídos a cada item devem ser os valores médios de modo para aumentar a chance de obter valores representativos do pensamento do grupo.

Dada a natureza e especificidades desta tarefa na pesquisa, a opção deve ser o método de atribuição direta de valores. Isso permite que os *experts* sejam capazes de expressar seus julgamentos de maneira comparativa semântica com uma escala de conhecimento prévio, respeitando a metodologia MCDA-C, mas evitando a ocorrência de vieses, considerado um dos principais ganhos metodológicos na proposta desse trabalho.

Os procedimentos específicos para a atribuição dos valores de S_{req} e P_{conf} estão descritos nos itens 3.4.1.a) e 3.4.1.b).

Em seguida deve ser realizada uma avaliação da sensibilidade dos dados obtidos para revelar a representatividade relativa de cada requisito dentro do modelo proposto. Deve-se também avaliar a consistência dos dados obtidos para possibilitar a execução dos cálculos e a tomada de decisão precisa. Essa avaliação deve, sempre que possível, ser realizada considerando os sete princípios de qualidade de dados previstos em OACI (2018): validade, plenitude, consistência, acessibilidade, temporalidade, segurança e acurácia.

3.4.1 Julgamentos de severidade pelos *experts* (S_{req})

Conforme explicitado anteriormente, o valor de severidade S_{req} deve ser obtido mediante consulta junto a especialistas. A aderência científica demonstrada essa abordagem é potencializada a partir do adequado emprego de ações focadas à melhoria da qualidade dos resultados obtidos. A Tabela 3.2 sumariza as principais ações voltadas à potencialização de técnicas que empregam o uso de especialistas.

Tabela 3.2: Ação vs. efeito esperado para o julgamento dos *experts*

Ação	Definição	Efeito esperado
Uso de <i>experts</i>	Utilização de indivíduos capacitados tecnicamente para avaliações com vieses reduzidos acerca do problema de pesquisa	Aumento da acurácia e precisão dos julgamentos
Avaliação em grupo	Utilização de uma quantidade adequada de <i>experts</i>	Aumento na acurácia das avaliações, ou seja, maior a proximidade dos valores atribuídos nos julgamentos dos valores corretos
Demonstração de vieses e heurísticas	Nivelamento conceitual dos julgadores acerca dos possíveis erros de julgamento envolvidos no processo	Diminuir a dispersão dos valores obtidos
Escala conceitual familiarizada	Utilização de uma escala de avaliação de severidade de conceitos previamente conhecidos pelos <i>experts</i> , com atribuição direta de valores comparativos	Normaliza conceitualmente o julgamento dos <i>experts</i> e amplia a certeza no valor atribuído
Escala numérica racional positiva	Atribuição de valores no julgamento dentro de uma escala positiva, uma vez que um requisito possui sempre efeito positivo na segurança	Evita erros de julgamento por incoerência conceitual
Método comparativo adimensional	Implementação de um método comparativo semântico, uma vez que não há parâmetros normalizados para comparação dos requisitos entre si	Possibilita a identificação semântica de severidade dos requisitos, e com isso o gerenciamento dos riscos de maneira global
Média dos valores atribuídos pelos <i>experts</i>	Cálculo dos valores médios identificados nos julgamentos entre os <i>experts</i>	Aumento na acurácia das avaliações
Rodada de revisão final dos julgamentos	Medida comparativa a fim de que os avaliadores efetuem uma autocrítica de seus julgamentos	Elevação da certeza final

Inicialmente foi utilizada uma técnica exploratória bibliográfica com o levantamento inicial dos requisitos relacionados ao problema proposto. Para coleta de subsídios de pesquisa com os *experts*, foram realizadas entrevistas não estruturadas para definição e organização do tratamento dos requisitos, e posteriormente entrevistas estruturadas para a atribuição semântica de pesos a estes requisitos (BAUER & GASKELL, 2002; LAKATOS & MARCONI, 1996; JOHNSON, 2004) (Figura 3.6).

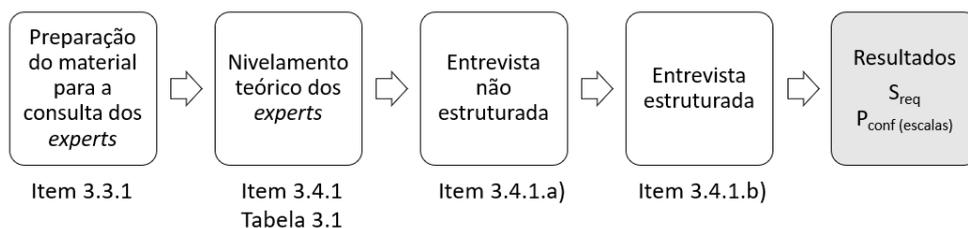


Figura 3.6: Procedimento MCDA-C para obtenção de S_{req} e P_{conf}

Essa técnica permite a obtenção do maior número possível de informações sobre o tema, bem como, maior detalhamento do assunto, além de vieses potenciais, tanto dos entrevistados, quanto dos entrevistadores (QUARESMA, 2005).

a) Pesquisa não estruturada

A filtragem inicial de requisitos, descrita em 3.3.1, organizada a partir das subdivisões morfológicas do regulamento, foi apresentada aos *experts* para que avaliassem e validassem, tanto a estrutura, quanto a quantidade de níveis hierárquicos identificados.

Posteriormente foi solicitado aos julgadores que avaliassem os descritores das escalas previamente identificadas nos regulamentos, bem como sugerissem pontos subjetivos máximos de conformidade e desconformidade, e mínimos aceitáveis para os requisitos que os regulamentos não estabelecem critérios numéricos de performance.

A partir desta tarefa foi executada a transformação escalar normalizada, tendo os limites +1 para conformidade máxima, -1 para desconformidade máxima e o ponto 0 (neutro) para a ancoragem de valores minimamente aceitáveis.

b) Pesquisa estruturada

Nessa tarefa a árvore de decisão gerada foi apresentada aos *experts* para que fizessem os julgamentos cognitivos acerca da importância relativa dos requisitos selecionados em termos de severidade para o risco do modelo (S_{req}).

Para ampliar a confiabilidade em seus julgamentos, foram demonstrados aos *experts* os possíveis erros de viés em análises de risco levantados nesta pesquisa (ver Tabela 2.1), assim como a modelagem de risco proposta nessa pesquisa e onde seu julgamento impactaria os valores calculados.

Os julgamentos consistiram em atribuir importância relativa direta (ENSSLIN *et al.*, 2013; XUE, *et al.*, 2020) entre os requisitos organizados na árvore de decisão definida. Como a organização conceitual dos requisitos nos regulamentos é de amplo conhecimento e familiaridade de todos, isso facilitou o trabalho dos avaliadores.

Para cada família de requisitos (grupo ou subgrupo identificado) foi realizado o ranqueamento direto, identificando a importância relativa de cada um dentro do conjunto a que pertence (FLORIG *et al.*, 2001).

Os pesos relativos foram atribuídos pelos *experts* livremente, variando de 0 a 100, considerando que, em um dado grupo de requisitos avaliados, o total de pesos atribuídos deve ser sempre igual a 100.

Para normalizar o conhecimento para a atribuição de severidade de um dado requisito, foi desenvolvida uma escala sensorial, conceitual e numérica de 5 pontos distribuídos linearmente, com base na proposta de OACI (2018) e praticada pelos *experts* no seu dia-a-dia (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Matriz de severidade

Severidade	Significado	Valor
Insignificante	Baixíssimas interferências/limitações no movimento operacional Eventos e ocorrências de baixíssimo potencial danoso Baixíssimos danos físicos a pessoas Baixíssimos danos a aeronaves, veículos ou equipamentos Baixíssimos custos associados	[0 - 19]
Pequeno	Pequenas interferências/limitações no movimento operacional Eventos e ocorrências de menor potencial danoso Pequenos danos físicos a pessoas Pequenos danos a aeronaves, veículos ou equipamentos Baixos custos associados	[20 - 39]
Significativo	Médias/consideráveis interferências/limitações no movimento operacional Eventos e ocorrências de potencial danoso médio Consideráveis danos físicos a pessoas Consideráveis danos a aeronaves, veículos ou equipamentos Médias/Consideráveis custos associados	[40 - 59]
Crítico	Grandes interferências/limitações no movimento operacional Eventos e ocorrências de potencial danoso alto Sérios danos físicos a pessoas Grandes danos a aeronaves, veículos ou equipamentos Grandes custos associados	[60 - 79]
Catastrófico	Interrupção total no movimento operacional Eventos e ocorrências de potencial danoso catastrófico Mortes Destruição de aeronaves, veículos ou equipamentos Custos associados proibitivos	[80 - 100]

Como esta avaliação específica possui uma natureza unidimensional, ou seja, não necessita agregar diferentes critérios com escalas de naturezas “não miscíveis” entre si, não houve a necessidade de transformações escalares na fase de atribuição da severidade dos requisitos.

Assumindo-se que o objetivo de um requisito é contribuir sempre positivamente para a segurança operacional, a opção nesta tarefa foi pelo uso de atribuição apenas de pesos nulos ou positivos para os elementos avaliados.

Esta medida objetivou evitar erros de interpretação dos julgadores, uma vez que seus mapas mentais de risco (REZAEI & YOUSEF, 2018) já atribuem naturalmente um valor preventivo a cada requisito vigente, ou seja, um valor positivo quanto à segurança que geram. Atribuir

valores numa escala negativa para requisitos menos representativos poderia induzir à percepção que um dado requisito estaria ampliando o risco.

Além disso, St-Sauveur *et al.* (2014) demonstraram que a atribuição de pesos em escalas positivas por *experts* apresenta baixos índices de desvio padrão, sendo a distribuição dos dados compatível com uma distribuição normal, que é ideal para análises onde é esperada certa convergência de conhecimento técnico.

Os valores finais, foram calculados para representar a média dos pesos atribuídos pelos *experts* para cada grupo de requisitos (DIEDENHOFEN & MUSCH, 2019) dentro da árvore de decisão criada. Esses dados serviram para hierarquizar os requisitos em função de sua contribuição de severidade para o risco do modelo. Esta ação que deve servir de guia para obtenção dos dados de P_{conf} .

3.4.2 Valores de conformidade dos requisitos (P_{conf})

Os dados de probabilidade de conformidade (P_{conf}) foram adquiridos para (1) o estabelecimento das escalas de avaliação dos requisitos e (2) a verificação de conformidade destes requisitos.

Os limites de cada escala de avaliação (+1 e -1) foram definidos para normalizar e atribuir comparabilidade a elementos de diferentes características. Quando definidos em regulamento, esses pontos foram atribuídos diretamente. Quando não, para manter a coerência da pesquisa, foi criada uma escala transformada, considerando-se, respectivamente, os piores e melhores valores verificados para um determinado requisito, bem como a ancoragem no ponto 0 (neutro) como mínimo aceitável.

Para a obtenção dos dados de conformidade, foi considerada a hierarquização inicial de S_{req} e realizada uma avaliação de representatividade e de disponibilidade destes dados nos bancos de dados selecionados. A quantidade de dados de conformidade buscou maximizar a relação custo *versus* benefício regulatório (KIRKPATRICK *et al.*, 2003).

Uma vez realizada a seleção, os valores obtidos na base de dados de vigilância selecionada foram atribuídos nas escalas desenvolvidas. Quando ausente esse dado deve ser atribuído via auto avaliação informada pelos aeroportos.

3.4.3 Valores de movimentação de aeronaves (VATM)

Nessa fase a pesquisa foram utilizados dados de 2019 do cenário de operações aeroportuárias, sendo aplicada a ponderação de exposição (VATM) dos 100 maiores aeroportos do país. Os valores de volume de passageiros (VATM) foram obtidos via sistema HORUS da Secretaria

Nacional de Aviação Civil (SNAC/PR) em parceria com o LABTRANS da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Os dados são atualizados mensalmente, aferidos pela Secretaria e pelos usuários (Empresas Aéreas e Aeroportos), que têm interesse na sua qualidade, pois são fonte primária para cobrança de tarifas de embarque, bem como monitoramentos diversos de desempenho por parte do Governo Federal.

3.4.4 Cálculo do índice “ α ”

Conforme demonstrado na revisão teórica e justificativa dos lementos contidos nesta pesquisa, o custo é o principal fator limitante de desempenho de segurança em aeroportos. Por este motivo, a correção empírica proposta no modelo, representada por “ α ”, será dada em função desta variável. Ele representa a taxa corrigida de evolução do risco dos aeroportos em função do seu custo regulatório. Sua obtenção será a partir dos dados de custo de manutenção corretiva e preventiva de pavimentos em lado ar nos aeroportos brasileiros (MINFRA, 2021).

Este dado foi utilizado devido a dois fatores: em primeiro lugar, porque trata-se do dado mais atualizado disponível, sendo utilizado para cálculos de modelagem das concessões de aeroportos, com levantamentos e estimativas englobando aeroportos de portes grande, médio e pequeno. E em segundo lugar, devido à falta de disponibilidade de dados mais abrangentes de custo de aeroportos no mercado de aviação civil brasileiro. Trata-se do único dado disponível.

A *Airports Council International* estima que o custo operacional dos aeroportos gira em torno de 62% dos seus custos totais (ACI , 2014), e a suposição deste trabalho, baseada em observações empíricas, é de que o custo de manutenção de pavimentos em aeroportos pode representar uma grande parcela destes custos. Por este motivo, a variável proposta possui grande potencial de calibrar adequadamente o modelo proposto, pois ela pode representar grande parte dos custos operacionais dos aeroportos.

3.5 Discussão, resultados e conclusões

Nessa etapa são apresentados os resultados dos julgamentos semânticos, as definições de critérios de avaliação de cada requisito e os resultados no cenário real.

O ajuste do modelo será realizado com o uso do logaritmo da variável VATM. As evidências demonstram que o risco pode ser melhor estimado ou descrito via distribuições não lineares. Pãuna (2019) utiliza a distribuição logarítmica para o desenvolvimento de seu modelo de risco, afirmando sua aplicabilidade a qualquer área da economia que necessite desta ferramenta.

Suddle (2003) também desenvolve um índice de segurança baseado em distribuição logarítmica do risco operacional em infraestrutura, afirmando que esta ser útil para formadores de políticas públicas. Já Levine (2012) e Calman & Royston (1997) demonstram que o risco quando apresentado e trabalhado em escalas não lineares é mais bem enquadrado em diferentes categorias de tolerabilidade (OACI, 2018).

A aplicação do modelo viabiliza a obtenção do risco segundo os critérios estabelecidos, resultando em uma ordenação segundo sua prioridade (LIU *et al.*, 2020) e um mapeamento (YILMAZ, 2019) de quais aeroportos contém maiores e menores cargas de risco comparativo, segundo o valor referencial calculado para o mercado.

4. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como proposto por Cunha *et al.*, (2021b), o gerenciamento de desempenho de segurança operacional nesses casos pode ser realizada em 5 passos:

Passo 1: Medição ou estimacão do risco;

Passo 2: Ranqueamento dos aeroportos, segundo seu risco;

Passo 3: Estabelecimento do Nível Aceitável de Segurança Operacional (NADSO);

Passo 4: Relativizacão do desempenho de segurança operacional dos aeroportos;

Passo 5: Melhoria contínua dos desempenhos.

Dessa maneira, após a descriçã e modelagem de risco, o método para captura e aplicacão dos dados foi executado. A Figura 4.1 demonstra que o modelo possibilita a extraçã de dados e geraçã de informacão para tomada de decisã sob diferentes perspectivas, de acordo com a necessidade do usuáριο.

$$R_t = \sum R_a = \frac{\alpha \cdot \left(\sum_{i=1}^n (S_{req n}) \cdot (P_{conf n}) \right)}{V_{ATM}}$$

O diagrama ilustra a estrutura de dados do modelo. A equação central é $R_t = \sum R_a = \frac{\alpha \cdot \left(\sum_{i=1}^n (S_{req n}) \cdot (P_{conf n}) \right)}{V_{ATM}}$. Arrows apontam para cima e para baixo, conectando os termos da equação a 'Requisitos e Aeroportos' e 'Aeroportos'.

Figura 4.1: Potencial de extraçã de dados para geraçã de informacão de tomada de decisã do modelo

Os valores finais de risco dos aeroportos foram calculados segundo o modelo, o ranqueamento foi realizado, NADSO estabelecido, a relativizacão dos aeroportos e açõs para melhoria contínua propostos neste capítulo.

Os resultados gerados referentes aos 5 passos acima sã descritos em seguida, segregados inicialmente para cada uma das variáveis propostas. Entretanto, ainda mais importante do que os resultados em si é a abertura de novas possibilidades de abordagens setoriais que o modelo proposto oferece, com foco principalmente no impacto regulatório e no ranqueamento de desempenho de segurança dos aeroportos.

4.1 Resultados de VATM

Os dados de movimentação de aeronaves (VATM) foram reunidos para os 100 maiores aeroportos do país, referentes a 2019, encontram-se descaracterizados para fins de segurança e proteção de dados no **Apêndice E**.

4.2 Resultados de S_{req}

a) Vieses heurísticos presentes na pesquisa

Uma parte importante da pesquisa em questão foi justamente identificar quais vieses heurísticos influenciam as análises propostas para minimizá-las e tentar extrair o máximo da capacidade técnica dos *experts*.

Para captura destes vieses, após a apresentação da Tabela 2.1 para elevação do nível de alerta dos envolvidos e posterior execução dos julgamentos de risco, os 30 participantes foram solicitados a informar em uma escala de 0 a 10 qual teria sido a influência de cada um dos 12 vieses em seu julgamento, com 0 representando “nenhuma influência” e 10 representando “influência muito alta”. Os escores foram calculados com base no total de pontos que cada viés poderia receber, ou seja, um intervalo de 0 a 300 pontos, e os resultados são apresentados em relação ao valor médio obtido no gráfico *boxplot* contido na Figura 4.2.

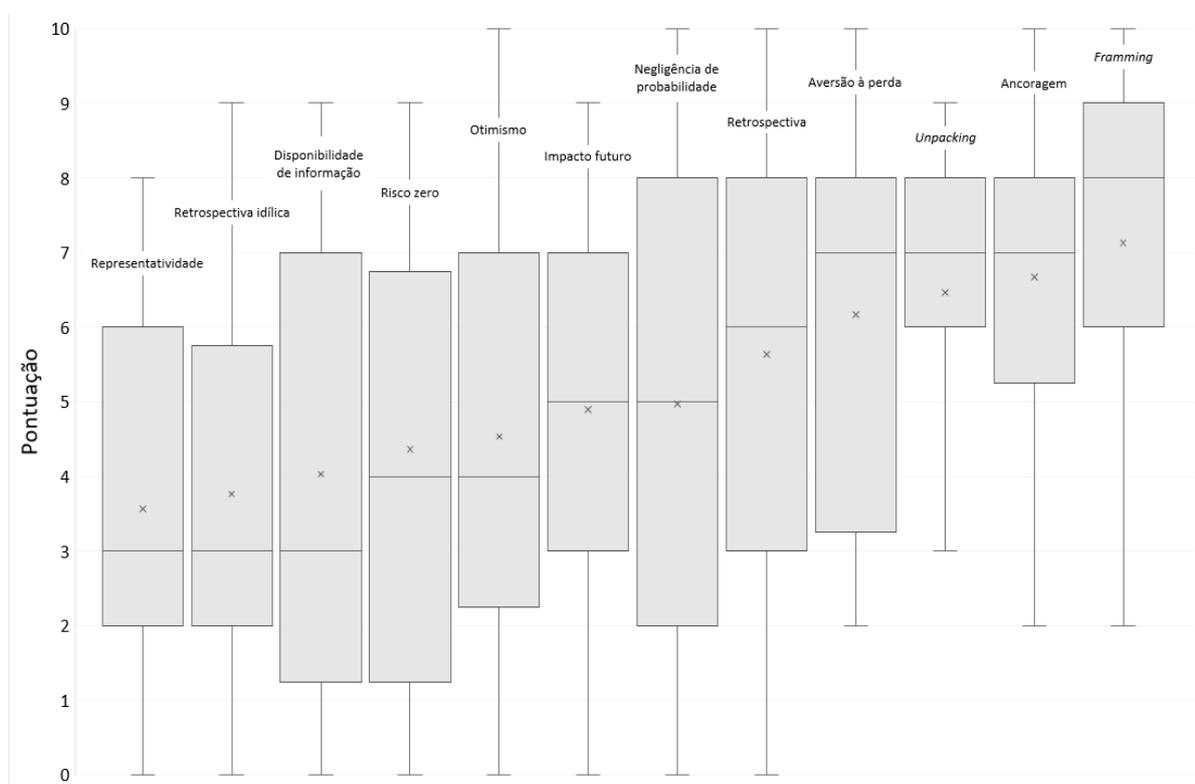


Figura 4.2: Gráfico *boxplot* scores dos vieses heurísticos segundo os *experts*

Ao todo foram realizadas 360 atribuições de influência de vieses pelos *experts*. O **Apêndice C** traz os dados brutos da pesquisa, com um *alfa* calculado de 0,89, validando, portanto, os dados obtidos da pesquisa.

O valor médio de influência de todos os 12 vieses foi 5,18, com 5 acima e 7 abaixo desse valor. O viés que obteve o menor valor médio de influência foi o viés “Representatividade” com pontuação 3,57 e o que obteve maior valor foi “*Framming*” com pontuação 7,13.

Constatação #1: Com base no valor médio de influência de 5,18, pode-se tender a concluir inicialmente que os especialistas pontuaram influenciados por um erro de tendência central. Porém, analisando as pontuações uma a uma, pode-se verificar que os especialistas fizeram 41% dos julgamentos nas pontuações "7", "8" ou "9" e 30% nas pontuações "1", "2" ou "3", enquanto as pontuações centrais "4", "5" e "6" obtiveram apenas 19% dos votos (Figura 4.3).

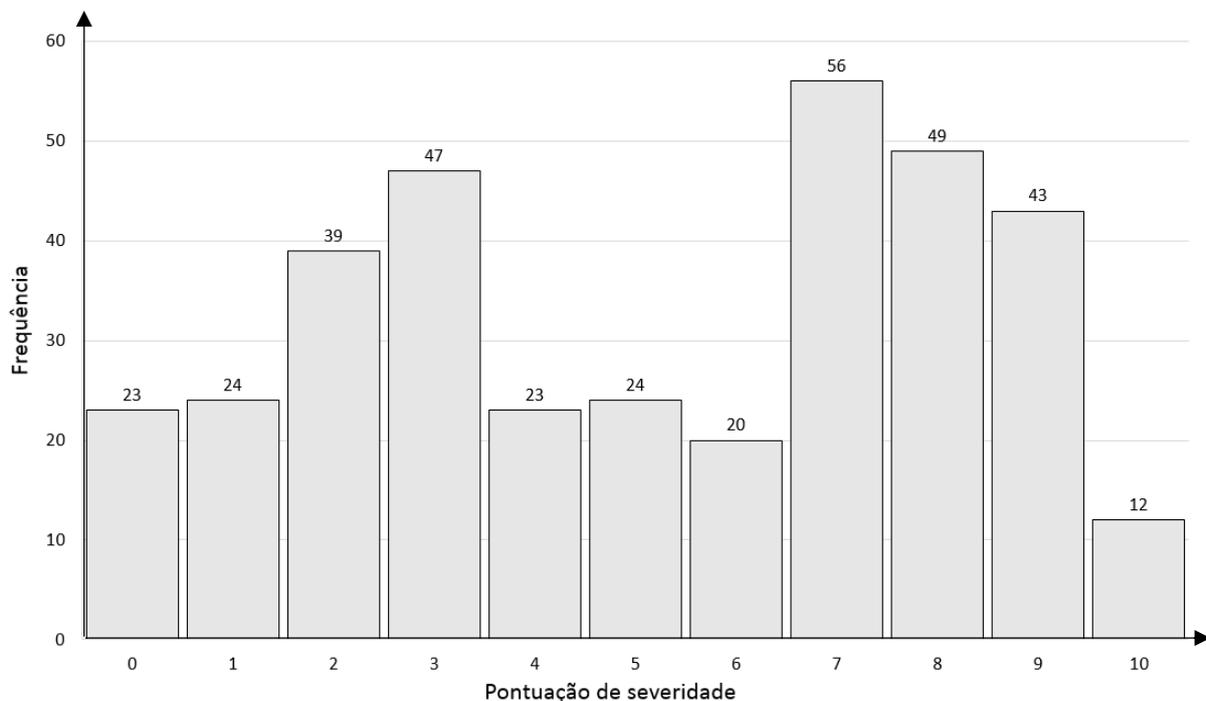


Figura 4.3: Frequência dos scores dos vieses heurísticos segundo os *experts*

Da mesma forma, as notas “0” e “10” obtiveram baixo volume de votos, demonstrando que os especialistas opinaram com moderação, cientes de seus julgamentos, constatação convergente com a validação do *alfa de Cronbach*.

Além disso, tanto a amplitude total quanto a dispersão dos escores são menores nos vieses posicionados nas extremidades do gráfico da Figura 4.3. Ou seja, pode-se inferir que os

especialistas votaram com razoável certeza de suas opiniões, principalmente nos vieses que influenciam muito ou pouco a sua análise.

Constatação #2: Nenhum dos 12 vieses relacionados recebeu pontuações de influência médias muito altas. O fato de terem em média valores de influência de 5,18 e o valor máximo de 7,13 corrobora os achados de pesquisadores psicométricos de que os especialistas de fato são mais resistentes à influência de vieses heurísticos.

Constatação #3: Como pode ser visto, nenhum dos 12 vieses teve um valor médio de influência zero. Nem mesmo obtiveram valores inferiores a 3 de influência, ou seja, aqui se confirmam os achados anteriormente apresentados na revisão bibliográfica de que, embora os vieses tenham menor influência sobre os *experts* quando comparados aos leigos, eles ainda se fazem presentes, e não seriam exatamente residuais.

O que se pode concluir das constatações #2 e #3 é que os especialistas de fato têm maior rigidez e resistência em relação à influência de vieses, mas em nenhum momento ela pode ser considerada nula.

Constatação #4: O fato de nenhum dos vieses ter valor de influência zero e de todos terem pelo menos 3,57 valida a seleção apresentada na lista de vieses da análise de risco. Ou seja, a apresentação prévia desta lista pode trazer benefícios claros para as análises de risco realizadas por especialistas em ambiente aeroportuário no futuro.

Por outro lado, é compreensível que essa lista venha a ser ampliada, ou mesmo contestada, em trabalhos futuros como parte da evolução natural do conhecimento dada pelo método científico. Fato que não invalida este trabalho, ao contrário, reforça sua validade.

A classificação final dos vieses mostrou que os especialistas atribuem valores mais elevados aos vieses “*Framing*”, “*Ancoragem*” e “*Unpacking*”. Esses vieses são justamente os que mais influenciam a forma como os problemas são apresentados aos técnicos para a tomada de decisão em um ambiente de risco.

Na percepção dos especialistas, que possuem formação específica e aprofundada em análise de risco, a forma como a informação é prestada *ex ante* para a tomada de uma decisão pode ser crucial para a mitigação de riscos no seu ambiente operacional aeroportuário.

Uma hipótese para a existência dessa preocupação é que a severidade dos eventos é alta, principalmente devido à possibilidade de perda de vidas humanas e aos altos custos da aviação. Ou seja, como as perdas são altas, existe uma grande preocupação em prevenir acidentes, e descrever adequadamente os problemas pode ser decisivo para uma tomada de decisão mais correta. Em um ambiente onde a magnitude dos eventos é menor, pode ser que a preocupação com a prevenção também seja menor e o curso das ações seja corrigido a partir de insumos decorrentes de falhas no funcionamento diário.

Para melhor ilustrar isso, tome como exemplo comparativo a operação em uma determinada linha de produção de uma fábrica de caixas de papelão *versus* a operação em um aeroporto. O controle de qualidade na fábrica geralmente é feito basicamente pela análise do cumprimento das especificações do produto após sua fabricação. As falhas de produção são observadas *ex post* e servem para ajustar a linha de produção. Uma perda, neste caso, representa apenas uma perda marginal em relação à produção total.

No ambiente aeroportuário, a maioria das falhas de produção (acidentes ou incidentes) representam altos custos diretos e indiretos. A bibliografia e a experiência prática demonstram esse fenômeno. Evitar acidentes pode ser decisivo para a sobrevivência de uma organização na aviação, por isso os especialistas conhecem intrinsecamente e atuam intensamente no sentido de prevenir eventos de segurança.

Já a forma como as informações são interpretadas foi considerada de média influência para os especialistas. Vieses como “*Hindsight*”, “Negligência de probabilidade”, “Impacto futuro”, “Otimismo” e “Risco zero” são considerados de importância relativa secundária. A razão para isso pode ser o profundo conhecimento que esses especialistas possuem no setor.

O comportamento do ambiente em que trabalham e os resultados em caso de falhas são bem conhecidos e, por isso, eles podem considerar que seu julgamento seja mais resistente a erros interpretativos de informação. Essa noção pode ser confirmada pelo posicionamento na escala relativa do viés “Retrospectiva Idílica”. Esse viés interpretativo foi considerado o segundo menos importante.

Por fim, os dois vieses que podem causar erros na tomada de decisão por falta de informação, “Representatividade” e “Disponibilidade de informação”, foram considerados entre os menos influentes. A hipótese aqui é que os especialistas já estão acostumados a frequentar a tomada de decisões de risco em aeroportos em um ambiente com escassez de informações. Na sua

opinião, é mais importante ter pouca informação, mas de qualidade, do que muita informação sem confiabilidade.

De acordo com a características das informações que recebem para analisar riscos em aeroportos, é possível hierarquizar a importância atribuída pelos especialistas para cada uma:

- Forma: é a que possui a maior importância, pois representa a maneira com que as informações são fornecidas. As informações devem ter qualidade, o que se traduzirá em uma boa formulação dos problemas a serem resolvidos.
- Interpretação: a preocupação com os erros de julgamento é secundária. Isso pode ser atribuído à grande especialização técnica que esses profissionais possuem, conferindo-lhes maior percepção de certeza e segurança em suas análises de risco.
- Quantidade: em último lugar na escala de importância estaria a quantidade de informações prestadas. Como estes profissionais frequentemente tomam decisões em um ambiente com escassez de informação, há a possibilidade de que eles tenham se adaptado a essa realidade, confirmando que para eles, o mais importante de fato seria a qualidade da informação, e não a quantidade.

Esses achados corroboram os estudos iniciais sobre o assunto, pois tornam mais evidente a resistência prevista dos especialistas aos vieses heurísticos, principalmente nos casos de escassez de informações. E também porque demonstram de forma prática que, apesar de possuírem um julgamento crítico de maior qualidade na resolução de problemas técnicos, os especialistas podem estar suscetíveis à influência de vieses, ainda que com um contorno bem específico.

Estudos futuros podem demonstrar esses fenômenos com maior profundidade, como por exemplo, em quais situações cada viés heurístico mais influencia, ou quais as melhores estratégias de controle desses fenômenos, a fim de contribuir ainda mais para a qualidade da avaliação de risco na aviação civil.

b) Ranqueamento final S_{req}

A análise de risco executada pelos *experts*, tanto do órgão regulador, quanto dos aeroportos resultou em 1.224 julgamentos de risco sobre requisitos de segurança aeroportuária com base

na matriz de risco, sendo 120 no Nível 1, 360 no Nível 2 e 744 no Nível 3. Valores agregados por tema e nível da árvore de requisitos regulamentares podem ser visualizados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Valores finais agregados de S_{req} por área temática e nível

		Regulamento (Nível 1)	Subparte (Nível 2)	Seções (Nível 3)	Agregado
FAU	Média	78,55	70,71	65,71	69,50
	Desvpad	18,27	19,11	20,70	20,30
MAN	Média	69,81	68,88	70,81	69,96
	Desvpad	20,73	23,58	18,80	20,95
OPS	Média	74,72	69,10	58,82	61,38
	Desvpad	18,69	18,40	24,12	23,47
REA	Média	75,54	68,76	69,13	69,51
	Desvpad	20,77	21,19	23,99	22,93
SMS	Média	76,38	75,21	68,24	73,52
	Desvpad	18,59	15,90	17,89	17,11
Agregado	Média	74,94	70,45	63,89	66,91
	Desvpad	19,31	20,19	23,43	22,40

Uma pequena diferença nos julgamentos de risco entre os dois grupos de especialistas foi capturada na fase de análise de dados. *Experts* de operadores aeroportuários tenderam a julgar o risco em média 13% mais alto, enquanto que o grupo de reguladores tendia a julgar o risco de forma mais dispersa. O desvio padrão para este grupo foi 16% maior do que o grupo de especialistas em aeroportos. Isso pode ser atribuído a três fatores prováveis:

(1) Apesar dos cuidados com a redução de vieses na pesquisa, há a possibilidade de haver a presença residual do viés disponibilidade de informação na avaliação dos *experts* dos aeroportos. Como os *experts* dos aeroportos em geral atuam apenas na área específica em que opinaram, seus julgamentos podem ter sido influenciados por esse fato, fazendo com que percebessem de maneira mais intensa o risco para os elementos avaliados.

(2) Por outro lado, a avaliação dos reguladores, mais branda e mais dispersa, pode ser atribuída ao fato que os colaboradores do órgão regulador tendem a considerar a infraestrutura aeroportuária sob a perspectiva da funcionalidade de todo o regulamento, o que poderia explicar a maior dispersão dos dados e sua menor intensidade. Apesar possuírem capacidade de avaliar requisitos segundo seu potencial de dano normalmente, pode haver uma tendência natural de julgarem como imprescindível o cumprimento normativo, justificando a maior dispersão dos requisitos.

(3) Há uma grande chance de que esta captura na variabilidade dos dados tenha sido efeito direto da divisão da amostra de *experts* em dois (reguladores e operadores). É sabido que estatisticamente amostras menores perdem poder de representatividade justamente por conta deste efeito. É por este motivo que esta pesquisa não se aprofundou na exploração destas diferenças, que podem oportunamente serem melhores estudadas em trabalhos futuros.

A presença destas diferenças, ainda que de forma residual, pode ser vista como uma correção de representatividade, onde ambas as formas de percepção de risco são capturadas, gerando um valor médio mais representativo de ambos os grupos conjuntamente, conforme proposto por Diedenhofen & Musch, (2019).

A Figura 4.4 resume a classificação final das 124 seções de requisitos de nível 3, que podem ser vistas em detalhes no **Apêndice B**.

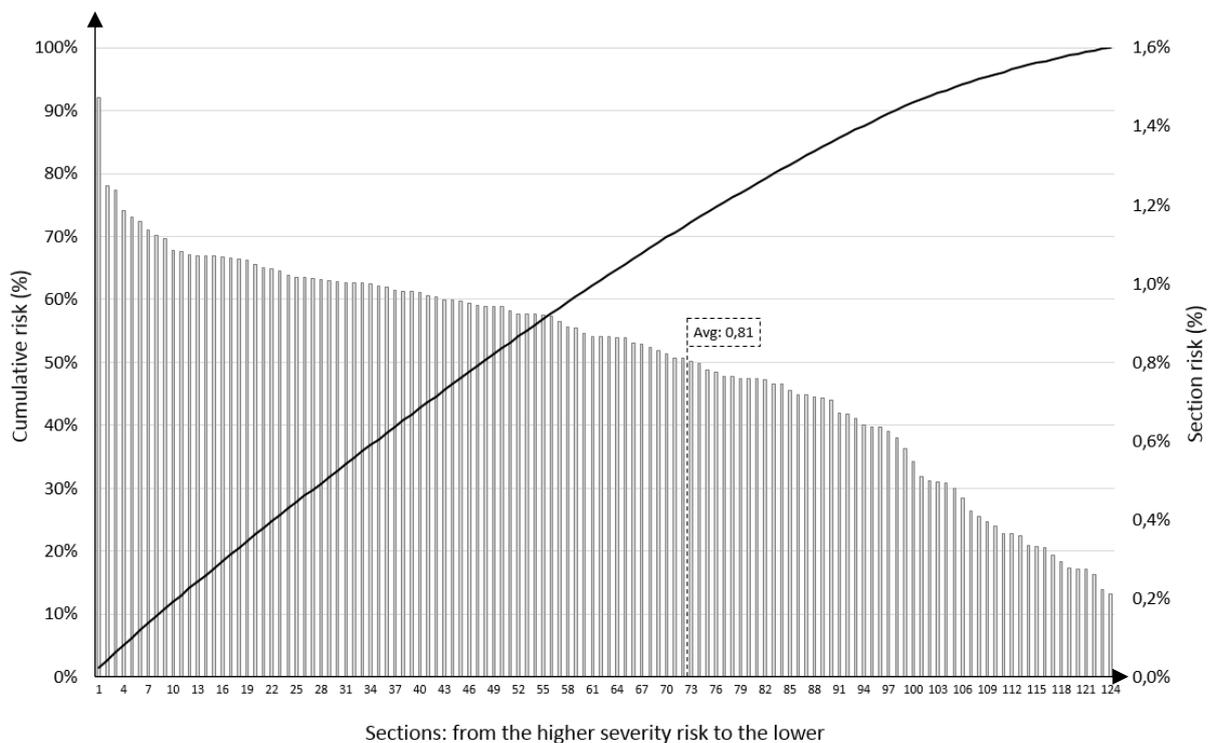


Figura 4.4: Resultados de S_{req} - Importância relativa das 124 seções de regulamentação

Os especialistas julgaram que as seções de requisitos são desproporcionalmente mais significativas e menos significativas do ponto de vista do risco. Segundo os *experts*, as 40 seções de requisito menos representativas possuem valor médio de risco equivalente a apenas 61% da média geral e 46% o valor médio das 40 subpartes mais representativas.

Além disso, 58% do número de seções avaliadas apresentam valores de risco superiores ao valor médio verificado. Isso significa que, para monitorar o sistema aeroportuário em um nível de serviço de 80% por exemplo, o Estado precisaria concentrar esforços em apenas 84 dos 124 seções aplicáveis, ou seja, 68% dos requisitos aplicáveis.

Ao extrapolar esses ganhos para 120 aeródromos brasileiros monitorados pelo órgão regulador, é possível se ter uma ideia da magnitude do potencial de otimização apenas mudando para a abordagem baseada em risco estimado.

FAA (2000) justifica essa necessidade de otimização ao demonstrar que quanto maiores os níveis de proteção ao risco marginal em um sistema, maior o esforço e mais desproporcionalmente os custos aumentam. Ou seja, o incremento na cobertura de risco se dá de maneira não-linear, enquanto que o aumento dos custos tem comportamento exponencial.

Observando-se mais detalhadamente, o escalonamento de severidade executado pelos *experts* demonstra claramente a dominância de dois regulamentos, RBAC 153 e RBAC 154 sobre os regulamentos RBAC 164 e RBAC 139.

Embora os 4 regulamentos tenham uma característica de complementariedade entre si, fica claro que, na percepção dos *experts*, o conteúdo abordado nos normativos que tratam da operação segura (RBAC 153) em um aeródromo adequadamente projetado (RBAC 154) se sobressai em importância sobre os regulamentos que determinam procedimentos administrativos para certificação (RBAC 139) e o gerenciamento de risco da fauna (RBAC 164). Este último, embora muito específico, suas práticas básicas de gerenciamento de risco já são abordadas com profundidade no RBAC 153.

Desta forma, quando o valor nominal de severidade atribuída para cada requisito é ponderado pela quantidade de requisitos de cada regulamento, fica clara esta predominância, especialmente do RBAC 154 e a baixa importância atribuída pelos *experts* ao RBAC 139 (Figura 4.5).

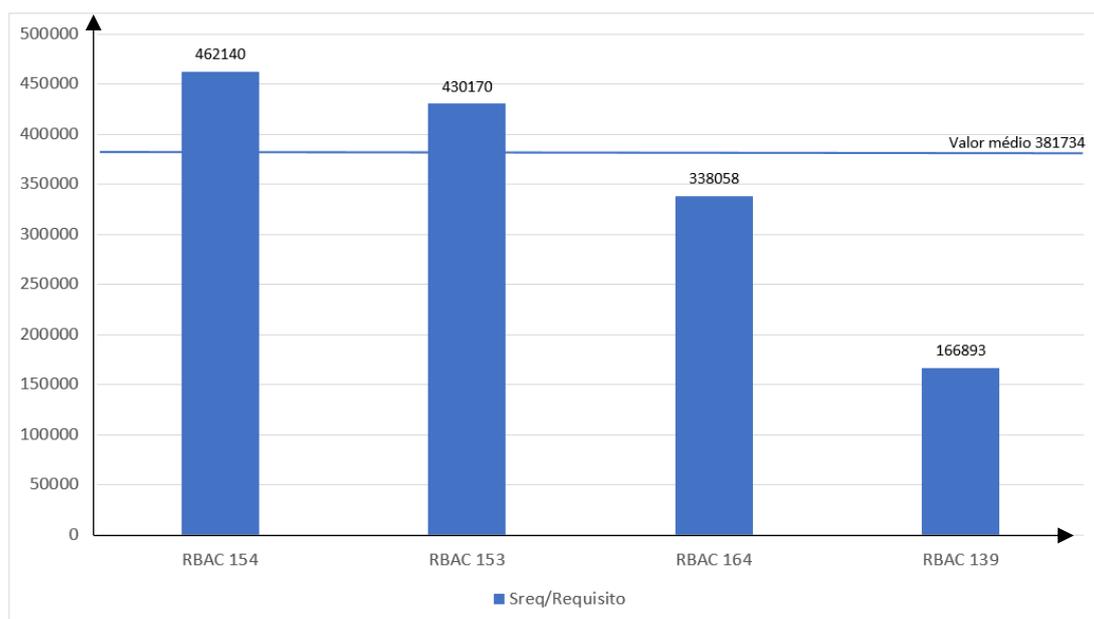


Figura 4.5: Valor nominal de S_{req} por requisito em cada regulamento

A análise par a par comparativa apresenta uma perspectiva mais precisa da relação de dominância entre os regulamentos analisados. A Tabela 4.2 indica que, na percepção dos *experts*, o RBAC 154 teria uma importância 2,77 vezes maior do que o RBAC 139. Este tipo de comparação é importante, especialmente em ambientes onde há escassez de recursos, e frequentemente há que se tomar ações para atendimento ou fiscalização de um regulamento em detrimento de outro.

Tabela 4.2: Análise par a par S_{req}

	RBAC 154	RBAC 153	RBAC 164	RBAC 139
RBAC 154	1	1,07	1,37	2,77
RBAC 153	0,93	1	1,27	2,58
RBAC 164	0,73	0,79	1	1,87
RBAC 139	0,36	0,39	0,49	1

A dominância dos regulamentos 154 e 153 é tão grande que, dentre os requisitos mais significativos (20%) não há presença de requisitos dos regulamentos 164 e 139, e dos 50% mais significativos, apenas 1,92% de S_{req} é atribuída ao RBAC 164 e 0% ao RBAC 139 (Tabela 4.3).

Tabela 4.3: Análise de Pareto S_{req}

Pareto	% S_{req}				Totais (S_{req})
	RBAC 153	RBAC 154	RBAC 164	RBAC 139	
20%	12,22%	8,28%	0%	0%	20,50%
30%	18,89%	9,04%	1,92%	0%	29,85%
50%	28,85%	7,08%	5,92%	7,80%	49,65%
Totais	59,96%	24,40%	7,84%	7,80%	100%

A partir deste ordenamento é possível observar um ganho em qualidade regulatória (OCDE, 2012), especialmente para o órgão regulador, pois identifica-se quais requisitos podem ser priorizados na tarefa de vigilância, como demonstra Cunha *et al.* (2021_b). Uma abordagem baseada nesta técnica já permitiria ao Estado melhorar continuamente o desempenho de segurança dos aeroportos, cumprindo assim de forma satisfatória o que é recomendado pela ICAO.

Desta forma, foi definido na metodologia proposta nesta pesquisa que seriam utilizados dados de conformidade (P_{conf}) referentes a 20% dos requisitos mais significativos. Com a distribuição definida pelos *experts*, isso equivale ao levantamento dos valores de conformidade dos requisitos das 18 seções de regulamento descritas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Top 20% valores finais de S_{req}

Quantidade	Regulamento / Subparte / Seção	S_{req}	S_{req} %	$S_{req} \Sigma$
1	RBAC 154 - Subparte C -154.201	697921,69	1,47%	1,47%
2	RBAC 153 - Subparte E -153.205	591450,31	1,25%	2,72%
3	RBAC 154 - Subparte D -154.305	586058,93	1,24%	3,96%
4	RBAC 154 - Subparte E -154.401	561855,50	1,19%	5,15%
5	RBAC 153 - Subparte D -153.131	553982,00	1,17%	6,32%
6	RBAC 153 - Subparte D -153.115	548386,22	1,16%	7,48%
7	RBAC 153 - Subparte C -153.55	537960,80	1,14%	8,61%
8	RBAC 154 - Subparte D -154.303	531682,33	1,12%	9,74%
9	RBAC 154 - Subparte C -154.207	527992,93	1,12%	10,85%
10	RBAC 153 - Subparte D -153.105	513692,40	1,09%	11,94%
11	RBAC 154 - Subparte C -154.223	512213,83	1,08%	13,02%
12	RBAC 153 - Subparte D -153.133	508096,62	1,07%	14,09%
13	RBAC 153 - Subparte E -153.217	507265,78	1,07%	15,17%
14	RBAC 153 - Subparte E -153.219	507265,78	1,07%	16,24%
15	RBAC 153 - Subparte E -153.227	507265,78	1,07%	17,31%
16	RBAC 153 - Subparte C -153.57	505828,27	1,07%	18,38%
17	RBAC 153 - Subparte G -153.407	504192,00	1,07%	19,44%
18	RBAC 154 - Subparte C -154.209	502503,62	1,06%	20,50%

O **Apêndice D** apresenta a organização destes resultados na ferramenta MCDA-C, os elementos de avaliação de cada seção de requisito, seus descritores e *range* normalizado de valores a serem atribuídos pela performance de conformidade de cada um.

4.3 Resultados de P_{conf}

No total, as 18 seções de regulamento avaliadas contém 92 requisitos de segurança operacional, cujos valores de conformidade foram levantados e os critérios de avaliação ajustados segundo a metodologia MCDA-C. Desta forma, a escala original potencial variava de +92 pontos (aeroportos com 100% de conformidade) a -92 pontos (aeroportos com 0% de conformidade). A Figura 4.6 mostra os dados de P_{conf} em uma escala transformada que varia de 0 a 100 pontos, organizados em ordem decrescente de VATM para melhor visualização dos resultados.

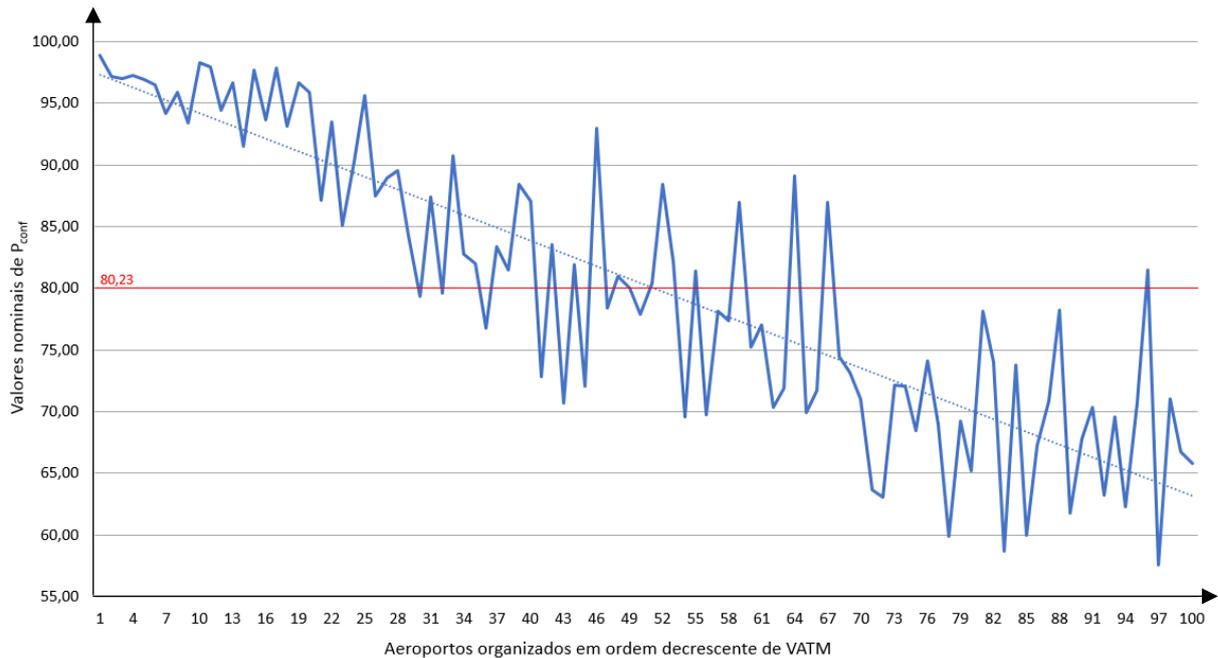


Figura 4.6: Valores nominais de P_{conf} por aeroporto

Como se pode observar, nenhum aeroporto obteve valores de conformidade inferiores a 57 pontos, e a média de performance de conformidade por aeroporto foi de 80,23 pontos, resultado esperado para um ambiente regulatório controlado como o da aviação civil.

Importante notar que, apesar das oscilações, a tendência é que os maiores níveis de conformidade sejam verificados nos aeroportos de maior porte, e vice-versa. A Tabela 4.5 agrupa os dados, demonstrando comparativamente o nível de conformidade obtido em cada um.

Tabela 4.5: Conformidade comparativa entre grupos de aeroportos

Aeroportos	VATM (2019)	P_{conf} (média)	P_{conf} (relativo)
1° ao 20°	1.574.006	96,25	1,48
21° ao 40°	337.145	88,11	1,36
41° ao 60°	103.133	79,78	1,23
61° ao 80°	52.182	72,11	1,11
81° ao 100°	26.769	64,92	1,00

Os dados demonstram que os aeroportos de maior porte possuem um índice de conformidade 48% maior que os aeroportos de menor porte. Isso confere robustez à premissa assumida para o desenvolvimento do “ α ” do modelo de risco, pois demonstra de maneira relativa que aeroportos de maior porte de fato obtêm um ganho de escala devido ao seu maior movimento operacional.

A mesma análise pode ser aplicada ao nível regulamentar, avaliando-se a *performance de compliance* de cada uma das 18 seções de regulamento trazidas na Tabela 4.1, que representam as 20% mais significativas, segundo os *experts*. Os resultados também são apresentados na Figura 4.7 em escala transformada variando de 0 a 100 pontos.

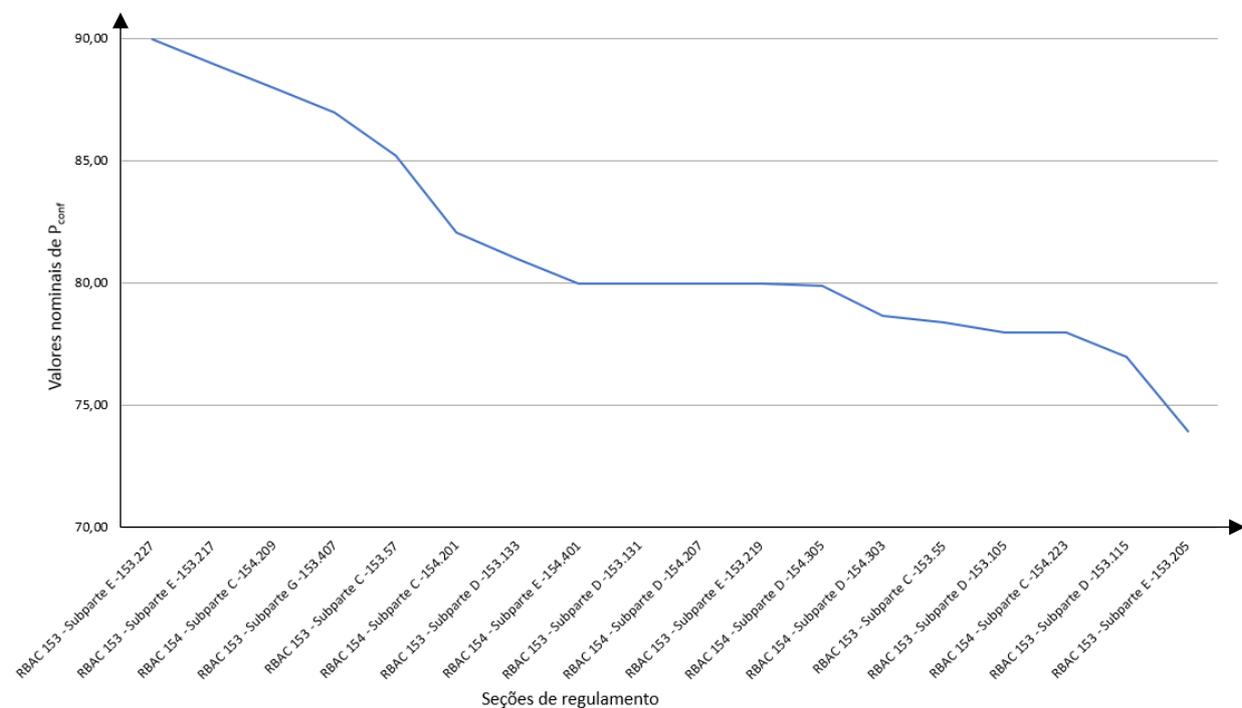


Figura 4.7: Valores nominais de P_{conf} por seção de regulamento

O ranqueamento proposto pode ser aplicado também aos níveis de conformidade dos 92 requisitos distribuídos nas 18 seções analisadas (Figura 4.8).

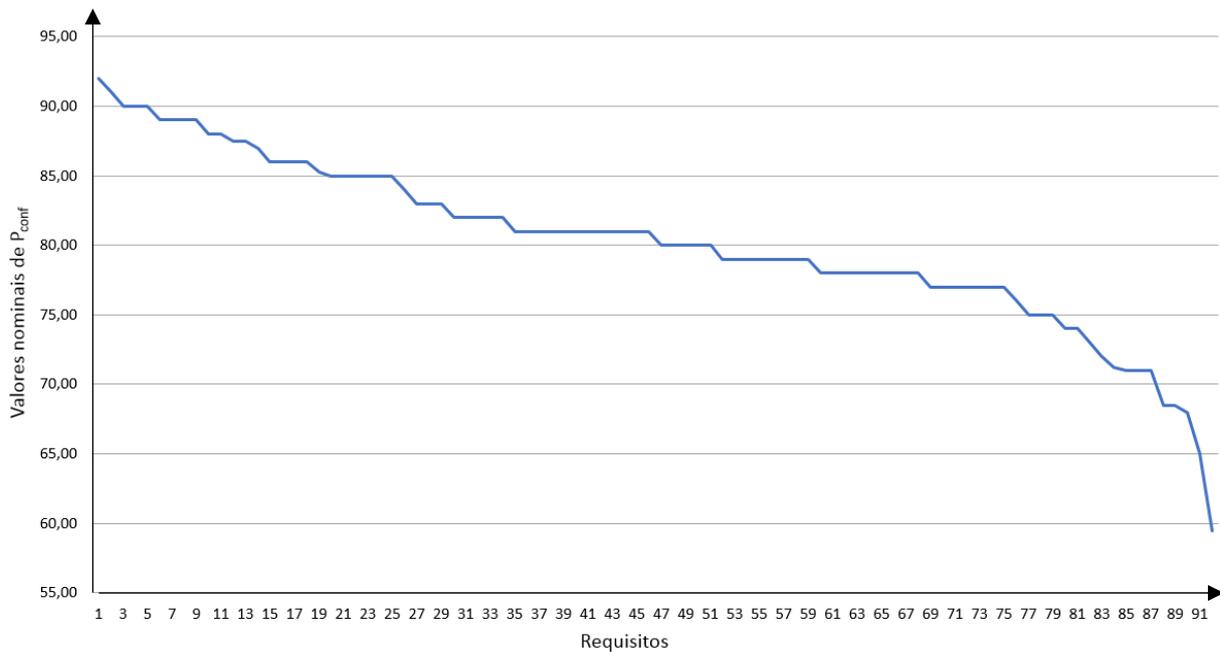


Figura 4.8: Valores nominais de P_{conf} por requisito

A análise pode se desdobrar, por exemplo, para a comparação de performance entre os regulamentos em si, ou uma avaliação de performance de requisitos de elementos funcionais aeroportuários específicos. Contudo, mais importante do que os valores obtidos nessa pesquisa, é compreender as possibilidades que surgem com a metodologia proposta de novas abordagens para avaliação de performance comparativa de aeroportos e da carga regulatória aplicável a eles.

É possível agora compreender-se quais partes dos regulamentos possuem maiores ou menores níveis de conformidade e como é o comportamento dos aeroportos, qualificando a ação regulatória do Estado. Com isso, pode-se buscar os motivos e alternativas para baixos índices de *compliance*, e com isso elevar a segurança operacional.

Por outro lado, aeroportos podem também passar a monitorar seus índices de conformidade, confrontando-os com os valores de significancia e custo, e com isso, otimizar o seu impacto regulatório.

4.4 Resultados de I_e

Como apresentado nos capítulos introdutórios deste trabalho, o Índice de Eficiência Regulatória (I_e) mede o quão eficiente é o Estado no SSP nas ações de regulamentação e fiscalização da infraestrutura aeroportuária. Ele representa também, no caso dos aeroportos, sua capacidade

operacional em cumprir com as exigências impostas pelos regulamentos. É portanto, um fator comportamental-regulatório do modelo.

Ele é obtido pelo somatório da multiplicação da significancia (S_{req}) do conjunto de requisitos de segurança operacional aplicáveis a um aeroporto pelos seus níveis de conformidade (P_{conf}). Ele representa o resultado ponderado da ação regulatória do setor.

Os dados absolutos de I_e foram então calculados e os valores finais encontram-se no **Apêndice E**. Para possibilitar a melhor percepção de desempenho entre os aeroportos, os valores de I_e são organizados em ordem decrescente e apresentados de maneira comparativa na Figura 4.9. Os valores representam os níveis de conformidade ponderada do setor.

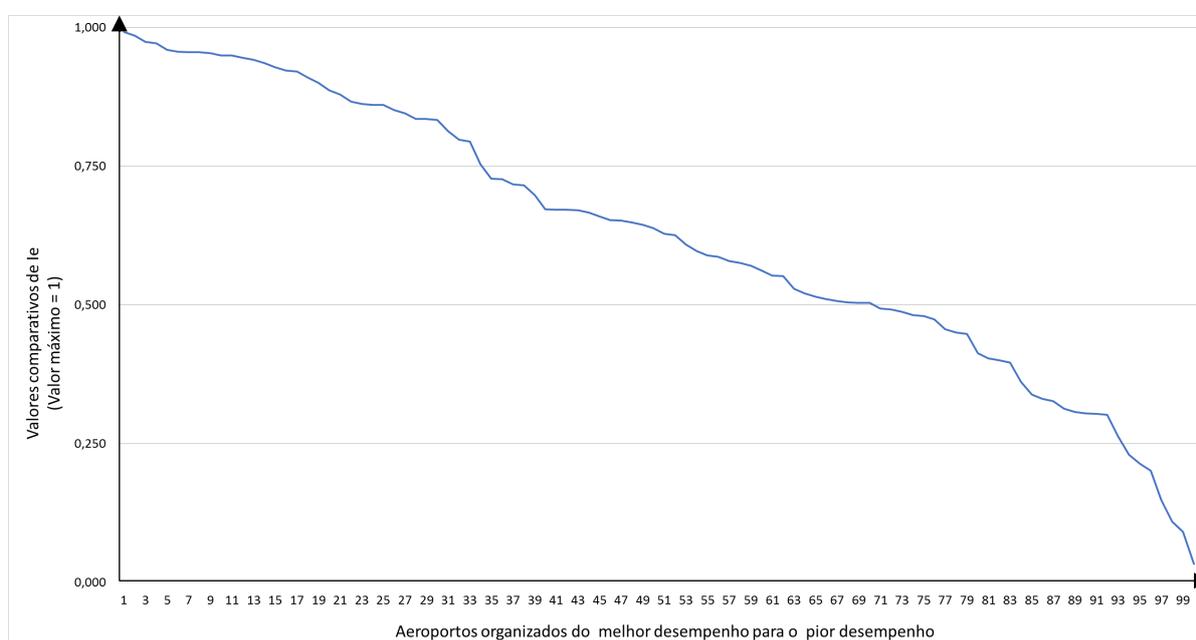


Figura 4.9: Valores comparativos de I_e

Como explicado anteriormente, a definição do nível mínimo de performance do mercado é responsabilidade do Estado, contudo, pode-se afirmar com razoável segurança que os aeroportos que obtiveram valores acima de 0.8 podem ser considerados com uma alta capacidade de cumprimento regulatório. A Tabela 4.6 demonstra mais uma vez que os aeroportos de maior movimentação operacional, de fato tendem a ter maiores I_e .

Tabela 4.6: Valor médio de I_e por grupo de aeroporto

Aeroportos	VATM (2019)	I_e (média)
1º ao 20º	1.574.006	0,928
21º ao 40º	337.145	0,691
41º ao 60º	103.133	0,611
61º ao 80º	52.182	0,463
81º ao 100º	26.769	0,437

Uma vez que a noção de segurança é relativa, e não absoluta, esse tipo de análise torna capaz compreender o quão discrepantes em termos de desempenho regulatórios os aeroportos estão e possibilitar o ajuste do impacto regulatório no setor. Uma vez que se conhece agora a performance global de segurança dos aeroportos, tanto quanto aeroportos podem direcionar esforços no cumprimento otimizado de requisitos, ou seja, aplicação de recursos onde o retorno em segurança operacional é maior (análise de custo-efetividade).

4.5 Resultados de “ α ”

Como demonstrado anteriormente, o custo representa a principal barreira para obtenção de *performance* de segurança por um aeroporto. Por isso foram buscados dados que representassem satisfatoriamente a estrutura de custos operacionais do lado ar dos aeroportos brasileiros. O uso do custo no modelo representa a correção empírica para a dificuldade dos aeroportos em atender às exigências de segurança operacional. Quanto maior o custo regulatório para um aeroporto, maior a dificuldade, e por consequência, maior o risco.

Os resultados de “ α ” foram obtidos a partir dos dados de custo regulatório de manutenção anual de pavimentos em lado ar de aeroportos, ponderados pelo movimento de aeronaves (VATM). Sua disponibilidade, atualização e abrangência foram os fatores determinantes da escolha desta variável.

Os dados obtidos a partir das propostas apresentadas para a 7ª rodada de concessões de aeroportos no Brasil, foram organizados na Tabela 4.7, de maneira a evidenciar claramente a elevação dos custos em função do (VATM).

Tabela 4.7: Custo estimado de manutenção de pavimentos de RWY e TWY dos aeroportos brasileiros (2021)

Aeroportos (Ordem decrecente de VATM)	VATM (2019)	Área de pavimento RWY + TWY (m ²)	Custo anual de manutenção (R\$ de 2021)	Custo/m ² /ano (R\$ de 2021)	Custo/VATM 2019 (R\$ de 2021)
1º ao 20º	1.574.006	8.463.362	R\$ 44.376.191	R\$ 5,24	R\$ 28,19
21º ao 40º	337.145	5.518.935	R\$ 20.245.047	R\$ 3,67	R\$ 60,05
41º ao 60º	103.133	2.615.530	R\$ 14.180.397	R\$ 5,42	R\$ 137,50
61º ao 80º	52.182	2.714.390	R\$ 13.659.180	R\$ 5,03	R\$ 261,76
81º ao 100º	26.769	2.320.062	R\$ 12.356.139	R\$ 5,33	R\$ 461,58

Os dados demonstram que o custo anual de manutenção do m² de pavimento varia pouco entre os grupos de aeroportos. Contudo, quando ponderado o custo pelo movimento operacional dos aeródromos, é possível observar a diferença de cerca de 16 vezes no custo de manutenção por

VATM entre os 20 maiores e os 20 menores aeroportos. Ainda que comparados os 40 maiores e os 40 menores aeroportos, essa diferença ficaria ainda em torno de 10 vezes.

Isso evidencia claramente que a estrutura de custos operacionais é, na maioria das vezes, desfavorável para os aeroportos de pequeno porte. Isso ocorreria (1) pela grande diferença na quantidade de operações nesses aeroportos, e (2) porque os custos de manutenção de pavimento possuem uma grande componente fixa, que não varia na mesma proporção da movimentação do aeroporto, mas sim mais em função do tempo (grandes intervenções, como fresagem e recapeamento). Existe, é claro, uma variação de custos de manutenção em função do VATM, mas a porção de custos de manutenção que varia diretamente com o VATM é menor (desemborrachamento, medição de atrito, etc.). Já nos aeroportos maiores essa relação se inverte, resultando em mais eficiência no provimento de manutenção, ou seja, a segurança.

A maneira de se falsear esta constatação, para testar sua validade, é a relativização dos dados acumulados de movimentação de aeronaves (produção), de custo de manutenção por aeroporto e de risco realizado no período. Esta abordagem coloca dos dados numa mesma base, possibilitando a análise dos efeitos de escala, ou seja, quanto cada incremento em VATM resulta em incremento de custos e de risco realizado no sistema.

O cálculo do risco realizado refere-se ao período de 2010 a 2019 nos aeroportos estudados, e seguiu a metodologia proposta por Cunha *et al.* (2021_b). Trata-se da medição dos valores de risco do sistema tendo como base os eventos e acidentes ocorridos no período. Seu uso nesta análise objetiva abordar empiricamente a os resultados obtidos. A Figura 4.10 apresenta as curvas acumuladas de VATM, custo e de risco.

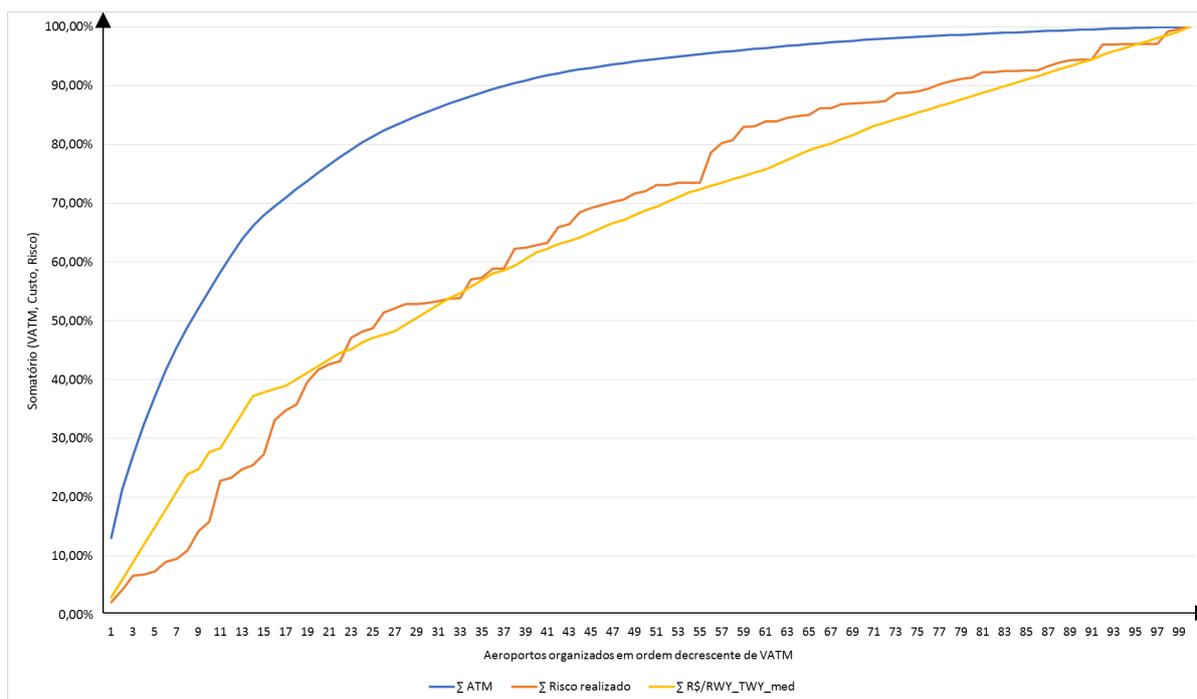


Figura 4.10: Curvas acumuladas de VATM *versus* Risco realizado e custo

Conforme previsto, pode-se constatar que os incrementos em VATM resultam em incrementos em necessidade de manutenção, contudo não na mesma taxa. O mesmo ocorre na relação entre a movimentação do aeroporto e risco. O VATM de fato induz a curva de risco. Isso porque cada movimento possui um valor de risco intrínseco, e o incremento da demanda em um aeroporto resulta na soma dos valores de risco de cada movimento. Conforme já extensamente explicado anteriormente, esse risco pode ser incrementado ou reduzido, conforme a capacidade do aeroporto em gerenciar suas operações.

Contudo, como o custo limita a capacidade de gerenciamento da segurança dos aeroportos, a curva de risco tende a se comportar de maneira semelhante à curva de custos. Desta forma, pode-se afirmar que há relação de causalidade entre ambas as variáveis, sendo o coeficiente de determinação entre ambas curvas acumuladas, de custo e de risco de 0,98, e de risco e VATM 0,84.

Isso confirma que o custo regulatório será, em geral, o principal obstáculo para a manutenção dos mínimos exigidos de segurança operacional. Além disso, está confirmada a hipótese levantada de que o risco final é atenuado em alguma medida nos aeroportos de maior porte.

Como o modelo proposto visa estimar o risco *ex ante* sua ocorrência, essa demonstração possibilita assumir a variável de custo como uma *proxy* de correção de risco pelo VATM. Para compreender a qual taxa essa correção deve ser feita, ou seja, o efeito de escala, que corresponde

ao valor de “ α ”, é necessário investigar, no grupo de 100 aeroportos, onde os ganhos de escala de VATM passam a fazer efeito. A Figura 4.11 mostra a diferença entre os ganhos de VATM e risco e de VATM e custo.

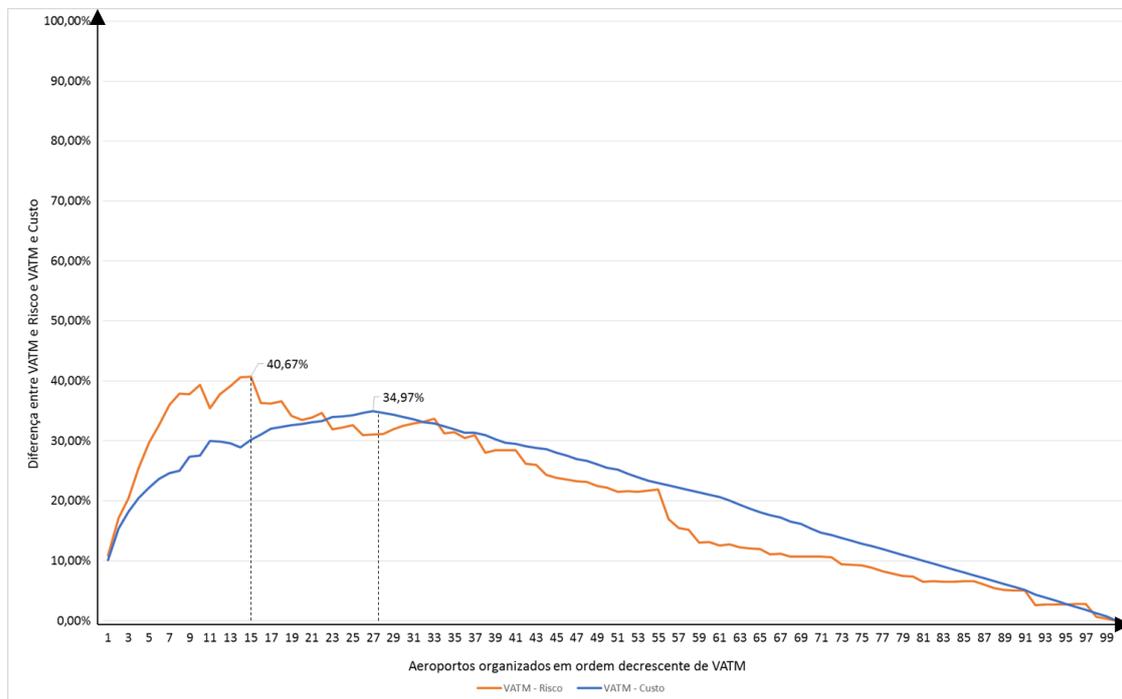


Figura 4.11: Diferença entre a quantidade de VATM, custo e risco realizado de cada aeroporto

É possível perceber que há um incremento constante de VATM em relação ao risco e ao custo nos 15 aeroportos mais movimentados do país. Este grupo, que concentra 68% da movimentação de aeronaves do, responde por apenas 27% do risco e 37% do custo total. Pode-se afirmar que com razoável certeza que os ganhos de escala são percebidos nesse grupo de aeroportos, onde a diferença entre VATM e risco realizado atinge seu máximo de 40%.

A partir desse ponto parece haver uma zona de transição. A diferença entre VATM e risco demonstra sinais de inversão e a diferença entre VATM e custo continua a subir, atingindo seu ponto máximo de 35% no 28º aeroporto mais movimentado do país. Quanto a esse grupo de aeroportos não é possível afirmar com segurança se há ou não efeito de escala presente. As variações apresentadas por possíveis *outliers* dificultam um diagnóstico mais preciso acerca deste grupo, mas optou-se por mantê-los na amostra analisada.

Somente a partir do 30º aeroporto mais movimentado do país é que se pode afirmar que os efeitos de escala param de ser percebidos e a diferença entre VATM e risco e custo passa a cair com um comportamento constante, evidenciando que para cada incremento em VATM o incremento em custo e risco é desproporcionalmente maior. A Tabela 4.8 reúne as variações de

VATM, risco realizado e custo para cada grupo de 5 aeroportos e a Figura 4.12 os dados para os 100 aeroportos estudados.

Tabela 4.8: Relação entre VATM e custo e VATM e risco realizado dos aeroportos

Aeroportos	VATM	Risco	Custo	VATM/Risco	VATM/Custo
1 a 5	37,12%	7,41%	14,96%	8,72	2,48
6 a 10	18,12%	8,47%	12,78%	3,13	1,78
11 a 15	12,73%	11,42%	10,10%	2,43	2,24
16 a 20	7,22%	14,39%	4,50%	0,72	1,81
21 a 25	6,18%	7,10%	4,75%	1,40	1,39
26 a 30	4,19%	4,23%	4,50%	2,03	1,06
31 a 35	3,25%	4,35%	5,31%	1,85	0,62
36 a 40	2,49%	5,47%	4,75%	1,43	0,57
41 a 45	1,73%	6,38%	3,32%	0,44	0,54
46 a 50	1,27%	2,87%	3,82%	0,50	0,34
51 a 55	1,05%	1,36%	3,57%	1,10	0,30
56 a 60	0,88%	9,67%	2,82%	0,42	0,31
61 a 65	0,83%	1,95%	3,82%	0,41	0,22
66 a 70	0,68%	1,96%	3,32%	0,80	0,21
71 a 75	0,53%	1,97%	3,07%	0,54	0,18
76 a 80	0,44%	2,36%	2,82%	0,21	0,16
81 a 85	0,41%	1,21%	2,82%	0,61	0,15
86 a 90	0,35%	1,89%	2,82%	0,19	0,12
91 a 95	0,30%	2,59%	3,07%	0,49	0,10
96 a 100	0,22%	2,97%	3,07%	0,08	0,06

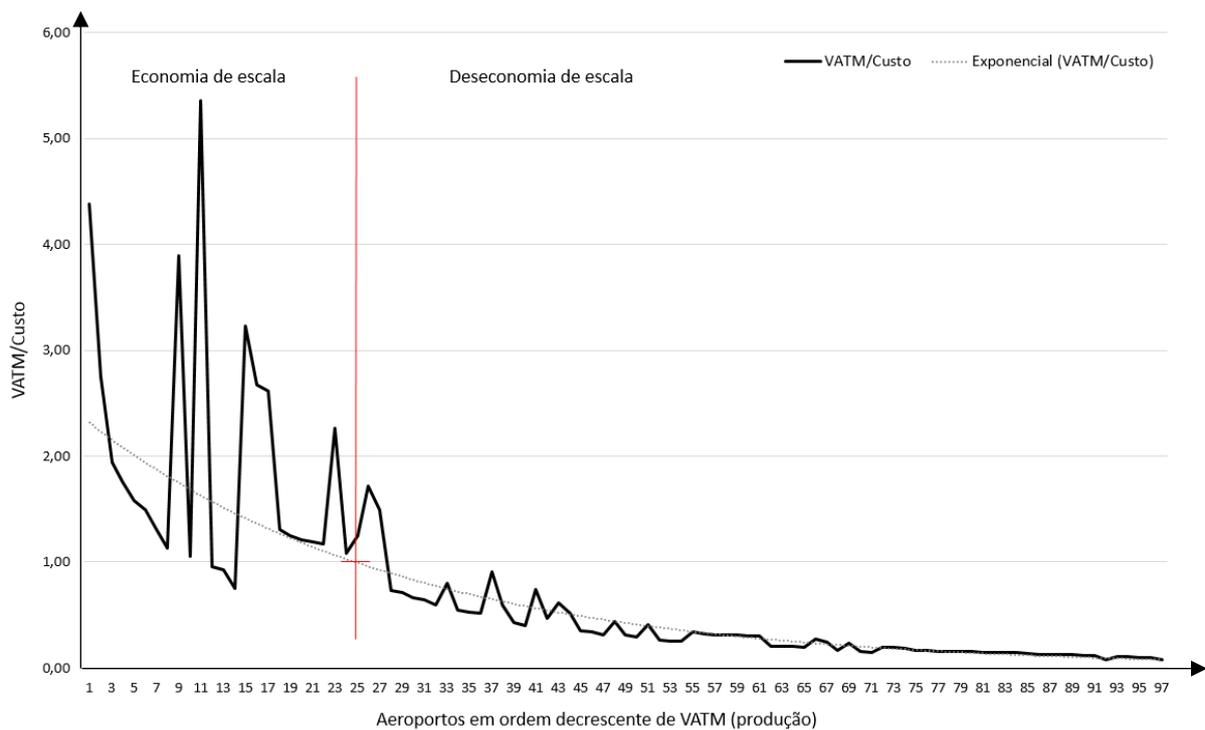


Figura 4.12: Visualização dos efeitos de escala nos aeroportos

Fica claro que somente a partir do 31º aeroporto que os efeitos de escala cessam, havendo sempre um incremento maior de quantidade de risco e de custo em relação ao VATM (deseconomia de escala). Em média, nesse grupo de aeroportos, para cada movimento realizado, o incremento de risco foi de 1,5 e de custo 3,6 vezes maior que o de VATM. Para se ter uma noção comparativa, no grupo dos 30 aeroportos mais movimentados, o incremento médio de risco e de custo em função do VATM foi de 0,3 e 0,5 respectivamente.

Esse resultado é similar ao apresentado por Jeong (2005), que demonstrou que aeroportos com 2.5 milhões de passageiros ou mais (em especial os com alto volume de tráfego internacional) verificavam efeitos positivos de escala. Na presente pesquisa esse limiar está posicionado justamente entre o 15º e o 30º aeroporto mais movimentado do país.

Como dito anteriormente, os regulamentos de segurança operacional utilizam como *proxy* de risco o VATM e escalonam as exigências em função desta variável. Contudo, o que os dados demonstram é que há a necessidade de se corrigir essa relação com o uso do custo, especialmente para os 30 maiores aeroportos do país, onde os ganhos de escala resultam em ganhos adicionais de *compliance*.

Desta forma, a correção adotada para para os valores de “ α ” foi exatamente a relação entre a variáveis custo e VATM para o conjunto de dados analisados dos 100 aeroportos (**Apêndice E**).

O que se propõe no modelo é que dois aeroprotoos que possuam mesmos valores de conformidade ponderada (I_c) tenham seus riscos variando não somente em função do incremento de movimentos (VATM), mas variando em função da relação entre incremento de VATM e incremento de custos operacionais. Essa relação, representada pelo “ α ”, significa a capacidade de provimento de segurança de um aeroporto.

Obviamente, os custos utilizados no modelo, conforme dito, não se referem aos custos operacionais totais de um aeroporto, mas como visto, representam uma boa *proxy* desse valor.

O mesmo ocorre com o dado de VATM utilizado pela regulamentação de segurança operacional. Ali esse dado é considerado uma *proxy* de risco, porém no modelo o VATM é, na verdade, uma *proxy* de receita do aeroporto.

Assim, no modelo, o risco possui quatro variáveis (S_{req} , P_{conf} , α e VATM) que se interrelacionam conjuntamente, pois sempre que varia o VATM de uma localidade, é esperado que haja, ainda que em menores proporções, uma variação de custos, modificando-se assim o

“ α ”. Por sua vez, a variação de “ α ”, que representa a capacidade em provimento de segurança, irá influenciar os níveis de conformidade ponderada (I_e) do aeroporto.

4.6 Resultados do modelo de risco

O conjunto de dados foi ajustado para validação tendo como base as curvas acumuladas do risco realizado e do custo por VATM. Isso foi necessário, pois os dados de risco realizado possuem uma fragilidade intrínseca (discutida com maior profundidade no Capítulo 6), dificultando o ajuste pelos dados nominais de cada aeroporto. A correlação linear entre o risco realizado e o risco estimado pelo modelo foi de 0,82, enquanto que a correlação entre a curva de custos e a do risco estimado foi de 0,87. Os dados completos são encontrados no **Apêndice E**. A Figura 4.13 mostra a relação entre a evolução do o risco realizado e o estimado pelo modelo.

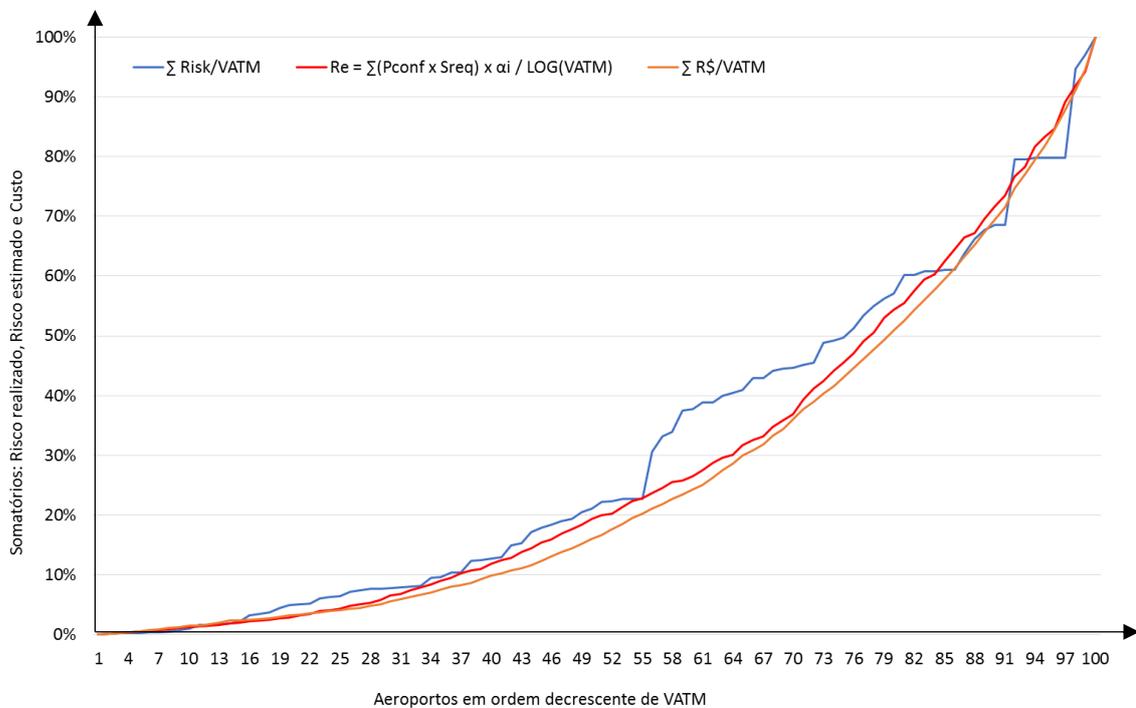


Figura 4.13: Curvas comparativas de custo, risco realizado e risco estimado pelo modelo

Como se pode observar a curva de risco estimado pelo modelo manteve-se aderente às curvas de custo e de risco realizado, comprovando a eficácia de “ α ” em compensar os efeitos de VATM no modelo. A Figura 4.14 mostra os valores nominais de risco estimado pelo modelo, organizados em ordem crescente.

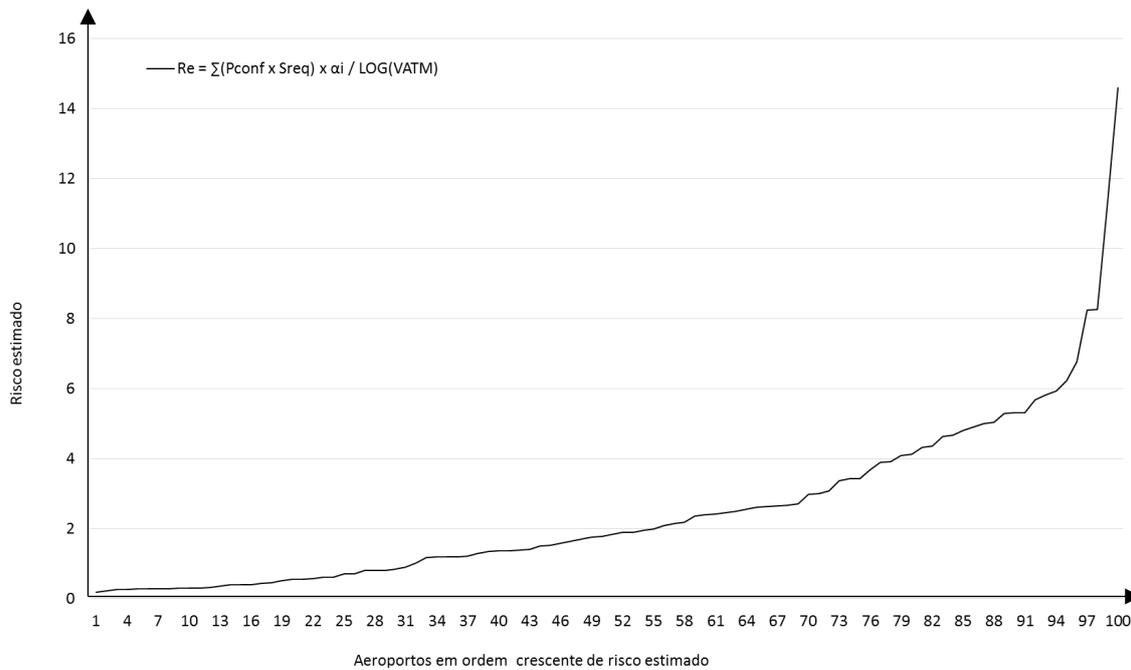


Figura 4.14: Valores nominais de risco estimado pelo modelo, organizados em ordem crescente

Os dados obtidos representam a frequência de risco por movimento de aeronave em cada aeroporto, ou seja, a quantidade de risco a que está submetida uma operação em um determinado aeroporto, considerando-se sua dificuldade em aplicar recursos para a obtenção de conformidade naquela localidade e seu valores atuais de conformidade ponderada aferida. Diferentemente do que a percepção observa, esses dados não representam a recorrência dos eventos observados no dia-a-dia. Um aeroporto com altos valores de risco estimado pelo modelo e baixos valores de VATM irá ter uma recorrência baixa de eventos no tempo.

Os dados de risco estimado pelo modelo, organizados pelo VATM, mostram que de fato os maiores aeroportos possuem menores valores de risco, em média, do que os menores, corroborando novamente a premissa do “ α ” do modelo (Figura 4.15).

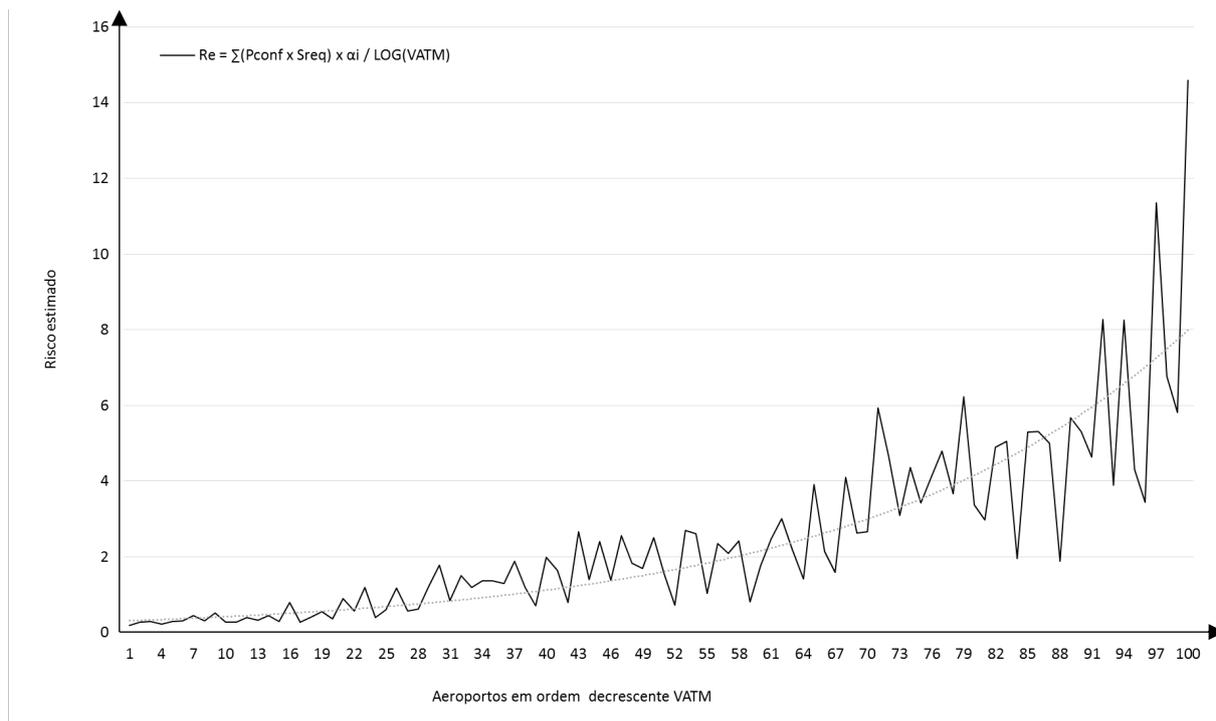


Figura 4.15: Valores nominais de risco organizados por VATM

Não obstante o comportamento adequado do modelo, é importante salientar que o resultado fornecido pode variar de acordo com a natureza dos dados obtidos. Variações de qualidade de dados podem ocorrer, e por esse motivo recomenda-se que o usuário do modelo tenha um bom conhecimento do setor de infraestrutura aeroportuária e suas características operacionais e comportamentos típicos de segurança adotados pelos aeroportos.

4.7 Análise de desempenho e implicações

Uma vez estabelecidos os níveis de risco de cada aeroporto e ranqueados de acordo com sua *performance*, torna-se possível efetivamente gerenciar a segurança do Estado com base em risco preditivo, o estabelecimento do Nível Aceitável de Desempenho de Segurança Operacional (NADSO), e a melhoria contínua da segurança, todos os três demandados pela OACI em seus documentos técnicos desde 2013 (DOC 9859, 3ª Ed.). Não somente isso, mas também agora passa-se a contar com uma ferramenta de análise, melhoria e otimização de impacto regulatório *ex-ante* em aeroportos.

O estabelecimento do NADSO, ou seja, o nível referencial de conformidade do Estado, o valor ideal deveria ser tal que não representasse uma base tão distante dos aeroportos mais bem posicionados, de maneira que ficassem confortáveis em relação ao seu esforço para manter a segurança, e nem um objetivo impossível de ser alcançado pelos que obtiveram piores

desempenhos de segurança. Desta maneira serão estabelecidos 5 níveis referenciais de monitoramento, além do geral para todos os aeroportos.

Os dados analisados, entretanto, mostram que 76 aeroportos posicionaram-se a, no máximo -1 *z-score*, outros 18 distribuíram-se a até 1 *z-score*, e os 5 restantes distribuíram-se não uniformemente até 5 *z-scores* positivos. A média dos valores estimados foi de 2.51 e o desvio-padrão de 2,42, inviabilizando uma abordagem estatística para a definição do NADSO.

A abordagem qualitativa é mais indicada nesses casos. Então foram estabelecidos os 5 níveis considerando-se a média dos comportamentos de segurança de cada grupo. Desta maneira o NADSO não se distancia demasiadamente das performances verificadas, pois há uma minimização da soma dos desvios, e ainda permite a identificação do nível geral de segurança do setor aeroportuário.

Então, os 5 grupos de aeroportos foram estabelecidos de acordo com o seu índice de risco: *Safety+2*, *Safety+1*, Neutro, *Safety-1* and *Safety-2*. O critério para a definição de quais aeroportos ficarão em cada grupo é a sua posição no *ranking*.

O grupo Neutro foi proposto assumindo-se que pode haver imprecisões na coleta dos dados e para garantir uma margem de segurança para a classificação dos aeroportos nos outros 4 grupos. Nele estarão sempre 20% dos aeroportos cujos desempenhos de segurança estão em torno da média (10% acima e 10% abaixo). Isso garante que somente os aeroportos mais afastados do valor médio sejam classificados positiva ou negativamente em relação ao seu risco.

Os outros grupos foram definidos dividindo-se o número de aeroportos restantes, com melhor ou pior desempenho em dois. Esse critério reduz os erros de julgamento causados por possíveis imprecisões na coleta de dados, garantindo que haja sempre existam aeroportos e todos os 5 grupos de cada classe, estimulando a competitividade e conseqüente evolução do NADSO ao longo do tempo. O **Apêndice F** relaciona os resultados finais dessa distribuição e a Figura 4.16 os traz resumidamente.

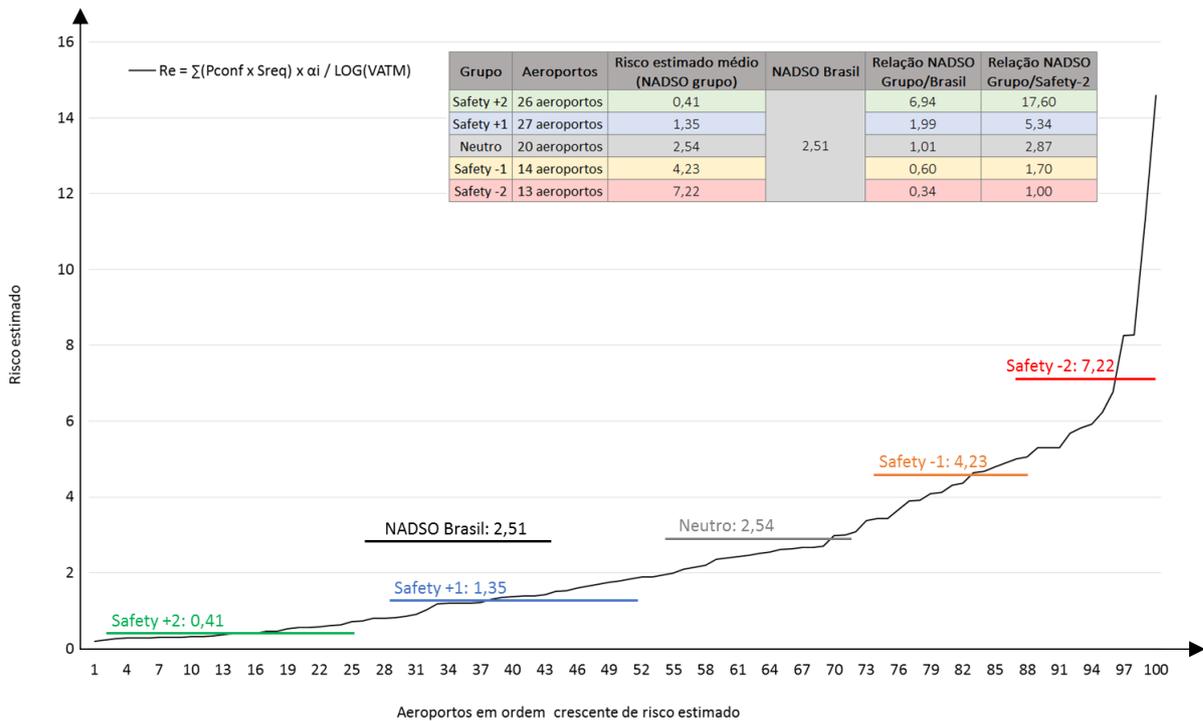


Figura 4.16: Valores de risco estimado e NADSOs (Brasil e por grupo)

Esses números podem ser assumidos como a *baseline* de performance de segurança (OACI, 2018) dos aeroportos do SSP brasileiro, de onde serão relativizados todos os comportamentos para a busca da melhoria contínua de segurança operacional. É a partir dessa nova referência, outras análises de sensibilidade ao risco e impacto regulatório podem ser feitas para direcionar melhor os recursos e esforços do SSP.

Com isso, por exemplo, os aeroportos de grupos mais numerosos e de desempenho de segurança mais disperso, passam a contar com uma referência mais factível, a referência da sua classe de aeroportos. Como os aeroportos terão suas *performances* alteradas ao longo do tempo, com mudança de grupo, a referência desse novo grupo será observada.

Nesta abordagem sempre será possível identificar os aeroportos efetivamente mais seguros ou menos seguros, pois sempre haverá aeroportos em cada um dos grupos. O NADSO inicial do Brasil foi estabelecido em 2.51 (média global). O grupo *Safety +2* apresentou desempenho de segurança 6,9 vezes melhor que o ALoSP e 17,6 vezes melhor que o pior grupo de aeroportos (Segurança-2). O grupo *Safety +1* é 2 vezes mais seguro que ALoSP e 5,3 vezes mais seguro que o grupo *Safety-2*. O grupo *Safety-1* apresentou nível de risco 1,7 vezes maior do que o ALoSP e o *Safety-2* apresentou nível de risco 2,6 vezes maior do que o ALoSP.

A definição do NADSO e da diferença de desempenho de segurança dos grupos de aeroportos é o ponto de partida para uma abordagem otimizada do SSP, com foco naqueles que realmente precisam de atenção.

Muitas linhas de ação têm sido discutidas na literatura sobre como gerenciar o desempenho do mercado e estimular o comportamento dos agentes econômicos, como intervenções diretas, penalidades, liberalização, etc. A regulamentação de incentivos positivos proposta por Baldwin *et al.* (2012) foi identificada como a mais adequada neste trabalho.

Em primeiro lugar, porque quando se trata de segurança sabe-se que ações punitivas dificultam o relato voluntário, podendo haver ocultação de dados cruciais que podem resultar em eventos mais graves ao longo do tempo, e com isso prejudicar os índices de segurança.

Em segundo lugar, porque como visto, a segurança é, em essência, um gasto financeiro. Quanto mais afastado do NADSO um aeroporto está, maior é a sua despesa em termos relativos. Esse custo precisa, ser compensado de alguma maneira (não somente com gasto público), sob pena dos aeroportos com menor performance permanecerem perenemente nesta condição.

Já os aeroportos de melhor performance precisam perceber recompensa pelo seu esforço, caso contrário esse benefício será socializado. Qualquer esforço financeiro ou de segurança não compensado pode ser visto como um desperdício. Nesse cenário, aeroportos com melhor desempenho poderiam afrouxar suas ações de segurança resultando em queda geral do NADSO, movimento contrário ao desejado.

E em terceiro lugar, encaixar aeroportos em grupos comparativos de *performance*, é uma estratégia que os estimula a competir entre si para não estar mal posicionados perante outros aeroportos. Esse comportamento resulta em um *feedback* positivo do sistema, pois tende a aumentar o NADSO médio do setor, que por sua vez exige mais esforços de segurança dos aeroportos para se manter nos grupos mais bem posicionados.

Desta maneira, muitas ações podem ser propostas, dependendo da performance observada pelos aeroportos. O ideal é o escalonamento das ações regulatórias, variando da máxima supervisão nos aeroportos menos seguros, à mínima supervisão nos aeroportos mais seguros do país (Figura 4.17).

Grupo	Aeroportos	Posição no grupo	Escala conceitual de ações regulatórias
Safety +2	15 aeroportos	Abaixo do NADSO do grupo	1
	11 aeroportos	Acima do NADSO do grupo	2
Safety +1	12 aeroportos	Abaixo do NADSO do grupo	3
	15 aeroportos	Acima do NADSO do grupo	4
Neutro	10 aeroportos	Abaixo do NADSO do grupo	5
	10 aeroportos	Acima do NADSO do grupo	6
Safety -1	7 aeroportos	Abaixo do NADSO do grupo	7
	7 aeroportos	Acima do NADSO do grupo	8
Safety -2	9 aeroportos	Abaixo do NADSO do grupo	9
	4 aeroportos	Acima do NADSO do grupo	10

Figura 4.17: Escalonamento conceitual das ações regulatórias, segundo o grupo de risco

A definição de quais ações serão tomadas em cada caso não é o objetivo deste trabalho, contudo é possível exercitar algumas para a viabilização da abordagem de forma geral.

Para os aeroportos de pior desempenho ao invés da sua penalização, sugere-se proporcionar melhores ações de acompanhamento, investigando quais são seus problemas de segurança e oferecendo meios técnicos para enfrentá-los. É sabido que penalizar comportamentos por vezes não intencionais desestimula a cultura justa e um sistema de relatórios de segurança saudável. As punições são recomendadas apenas para casos de omissão ativa de dados, ou outras formas de obtenção de vantagens para melhorar seu desempenho de segurança.

Por outro lado, é possível a redução da supervisão dos aeroportos mais seguros, uma vez que provaram estar cumprindo o objetivo geral da regulamentação, que é a segurança na oferta de serviços públicos. Isso pode resultar em redução de custos regulatórios, que, para os aeroportos, significa poder direcionar estes recursos para se obter maior segurança, e para o Estado, direcioná-los para prover auxílio aos aeroportos de menor desempenho.

Por exemplo, o Estado brasileiro exige a certificação de aeroportos domésticos, independentemente de seus níveis de segurança, para que haja o incremento de voos (ANAC, 2016). Contudo, o conjunto de 22 seções de requisitos aplicáveis do RBAC 139 responde por apenas 7,8% da significância total, segundo os julgamentos de risco dos *experts*. Esse tipo de ação reduz significativamente a eficiência da regulação de segurança no país, pois significa um gasto de recursos no atendimento de requisitos que não possuem potencial de retorno de segurança equivalente ao seu custo.

Ainda nessa linha, a adoção de duas análises de impacto regulatório possibilitadas pela metodologia proposta: análise do custo ponderado pela severidade dos requisitos (S_{req}), possibilitando a priorização da aplicação de recursos onde há maior potencial de retorno em segurança (análise de custo-benefício ou risco-benefício), e a análise de custo ponderado pelo

Índice de Eficiência Regulatória (I_e), fornecendo a informação de quanto foi gasto para se obter um nível específico de conformidade (análise custo-efetividade ou risco-efetividade).

Por exemplo, os dados levantados neste trabalho acerca do custo de manutenção de áreas pavimentadas em aeroportos brasileiros referem-se basicamente às custas para cumprimento dos seção 153.205 do RBAC 153. O custo total estimado para o ano de 2021 para o cumprimento somente desta seção, dentre as 124 exigidas nos 4 regulamentos analisados foi de R\$ 104.8 milhões de reais.

O trabalho de Cunha & Andrade (2021) levantou as custas do cumprimento de outras seções, dentre as analisadas. Trata-se das seções 153.405, 153.407, 153.417, 153.419, 153.421, 153.423, 153.425 e 153.427 do mesmo regulamento abordando o SESCINC (Serviço de Salvamento e Contraincêndio de Aeroportos). O custo para o cumprimento dos requisitos contidos nessas 8 seções foi estimado, em valores atuais, em R\$ 393,3 milhões. A Figura 4.18 sumariza os dados.

		Aeroportos
SESCINC (153.405, 153.407, 153.417, 153.419, 153.421, 153.423, 153.425, 153.427)	R\$/100 aeroportos	R\$ 393.290.545,93
	R\$/Aeroporto	R\$ 3.932.905,46
	$\sum \%S_{req}$	7,91%
	R\$/ $\%S_{req}$ /Aeroporto (custo/risco-benefício)	R\$ 497.206,76
	R\$/Seção	R\$ 491.613,18
	I_e (153.407)	74,00%
	R\$/ $\%I_e$ /R\$ (custo/risco-efetividade)	1,35
Manutenção de pavimentos (153.205)	R\$/100 aeroportos	R\$ 104.816.954,64
	R\$/Aeroporto	R\$ 1.048.169,55
	$\sum \%S_{req}$	1,25%
	R\$/ $\%S_{req}$ /Aeroporto (custo/risco-benefício)	R\$ 838.535,64
	R\$/Seção	R\$ 1.048.169,55
	I_e (153.205)	49,10%
	R\$/ $\%I_e$ /R\$ (custo/risco-efetividade)	2,04

Figura 4.18: Análise custo/risco-benefício e custo/risco-efetividade

A análise de custo/risco-benefício indica *ex ante* que para se obter 1% de conformidade potencial com requisitos do SESCINC, o gasto por aeroporto foi de R\$ 497 mil reais, enquanto que para o ganho potencial de 1% de conformidade do 153.205 esse valor foi de R\$ 838 mil reais. Isso significa que em um ambiente de escassez de recursos, e sabendo-se que essa condição aumenta o risco, a escolha pela aplicação do recurso no cumprimento da seção 153.407 parece ser a mais otimizada.

Já a análise de custo/risco-efetividade traz a informação *ex post* o quão efetiva foi a aplicação do recurso. Quanto mais próximo de 1 for o resultado, mais eficiente é o gasto. Ela dá uma noção de qualidade na gestão do recurso para a segurança operacional. Os dados mostram que para se obter 74% de conformidade por aeroporto na seção 153.407, o gasto foi de R\$ 491 mil (1,35), enquanto que para se obter 49,1% de conformidade na seção 153.205, gastou-se R\$ 1,04 milhão (2,04). Isso significa que a aplicação de recursos no atendimento de ambas as seções teve um grau de ineficiência, mas o gasto na seção 153.205 foi 50,7% mais ineficiente do que a aplicação no 153.407.

A boa prática de análise de impacto regulatório indica o levantamento desse tipo de dado para que se tenha uma boa noção de quanto se exige do setor regulado em troca de um benefício proposto, priorizando-se sempre as exigências onde há maior potencial de retorno. Com isso se tem um equilíbrio entre exigências regulatórias e retornos em segurança.

Uma outra prática possível de promover a competitividade entre os aeroportos é a premiação de aeroportos pelo seu desempenho positivo de segurança, tanto para os melhores em termos gerais, quanto para os que mais melhoraram em relação à sua condição anterior. Esse tipo de “selo de qualidade” traz reconhecimento aos aeroportos, com potenciais ganhos de imagem no. Organizações mais seguras atuando em ambientes complexos de risco são vistas como “modelos de comportamento”. Elas podem atuar como referência de *compliance* e ampliar seu poder de mercado e relevância capitalizando esses ganhos de imagem.

Pde-se também incentivar a criação de grupos especiais em nível local de gerenciamento de risco e tomada de decisão no estilo CDM (*Collaborative Decision Making*), envolvendo não somente o operador aeroportuário, mas também os operadores aéreos e de solo da localidade, que detém mais conhecimento da realidade local. A experiência internacional demonstra largamente os benefícios desta abordagem.

Outra ação possível é a compensação financeira via repasses ativos do Estado para aeroportos comprovadamente impossibilitados de atender à regulamentação devido a seus custos regulatórios elevados. Embora o repasse de subsídios seja um tema a parte na regulação de serviços públicos essenciais, recomendando-se cautela na sua aplicação, ainda há a possibilidade de seu uso desde que haja um esforço compensatório extra do receptor dos recursos.

Finalmente, a regulação tarifária de aeroportos pode ser adaptada para que seja feita a compensação necessária via cobrança de tarifas diferenciadas pelos aeroportos de pior

desempenho de segurança, desde que comprovada a adoção de medidas adicionais de segurança.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou desenvolver um modelo de estimativa de risco operacional da infraestrutura aeroportuária agregando variáveis de diferentes características em um único índice para uso na otimização do SSP brasileiro. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica que fornecesse subsídios teóricos para o desenvolvimento do modelo proposto, que considerou a principal variável independente de predição de risco (VATM) utilizada na regulamentação, além de três variáveis intrinsecamente regulatórias (S_{req} , P_{conf} e “ α ”), essas últimas, elementos de ineditismo da pesquisa.

A abordagem desenvolvida mostrou-se aderente à realidade mensurada do risco nos aeroportos brasileiros, com um alto nível de correlação entre o risco realizado e o risco estimado pelo modelo. Com isso, foi possível realizar o ranqueamento dos aeroportos segundo seu risco, propor Níveis Aceitáveis de Desempenho de Segurança Operacional (NADSO), e sugerir medidas de gerenciamento de risco e de análise de impacto regulatório que possam elevar a segurança operacional dos aeroportos brasileiros, bem como promover sua melhoria contínua, atendendo à demanda existente da OACI desde 2013. Além disso, a inserção da variável de custos no modelo trouxe um nível adicional de compreensão acerca do comportamento do risco nos aeroportos brasileiros, abrindo possibilidade para análises de impacto regulatório mais robustas.

O método proposto que trouxe uma nova abordagem na análise de risco e impacto regulatório, tanto em aeroportos como para o Estado. Destaca-se:

- a) A concepção de um modelo preditivo de risco capaz de estimá-lo *ex ante* à concretização dos acidentes e incidentes, reduzindo assim os custos totais do SSP.
- b) O desenvolvimento de uma abordagem regulatória com base na significância dos requisitos de segurança operacional, modificando a lógica de aplicação desses requisitos com vistas à obtenção de uma melhor relação custo/risco-benefício da aplicação de recursos.
- b) A proposição do índice I_e , que representa a conformidade ponderada dos aeroportos, do mercado e dos regulamentos, abrindo novas possibilidades de abordagens de segurança e de análises de custo-risco/efetividade do recurso aplicado e do esforço regulatório do Estado.

- c) A utilização da variável custo como uma *proxy* de risco nos aeroportos, sendo demonstrado que o risco possui uma maior aderência a essa variável, apesar de também sofrer influências da variável VATM. Essa abordagem possui um grande potencial de aprimoramento regulatório do setor.
- d) Desenvolvimento do NADSO e da abordagem dos aeroportos visando a competitividade deles entre si, e com isso a melhoria contínua demandada pela OACI.
- e) A possibilidade de aplicação do modelo para estimar o risco de outras áreas da operação aeronáutica, como a operação de empresas aéreas, por exemplo, uma vez que as variáveis utilizadas são comuns e presentes nesses contextos.

As conclusões por temática abordada no trabalho são apresentadas nos tópicos que seguem.

5.1 Paradigma psicométrico

Um dos resultados extraídos deste trabalho foi a organização pragmática do conhecimento sobre os vieses que podem afetar as avaliações de risco aeroportuário por grupos de especialistas, quais deles mais frequentemente surgem neste tipo de análise e com que intensidade. Eles vieram da revisão bibliográfica sobre o tema, da avaliação preditiva de riscos desenvolvida e da pesquisa realizada com o apoio de 30 experientes especialistas provenientes do órgão regulador e operadores de mercado.

A partir da revisão bibliográfica, foi possível elaborar uma lista de 12 vieses heurísticos, cujos efeitos os pesquisadores afirmam estarem mais presentes nas avaliações de risco. Eles são, em ordem de importância em uma escala de 0 a 10: *Framing* (7,13), Ancoragem (6,67), *Unpacking* (6,47), Aversão à perda (6,17), *Hindsight* (5,63), Negligência de probabilidade (4,97), Impacto futuro (4,90), Otimismo (4,53), Risco zero (4,37), Disponibilidade de informação (4,03), Retrospectiva Idílica (3,77) e Representatividade (3,57). A pesquisa com os especialistas foi capaz de validar a revisão bibliográfica, visto que todos os 12 vieses receberam percepção de influência média igual ou superior a 3,57, ou seja, de fato, todos possuem alguma influência sobre os profissionais que participaram da investigação.

Também foi possível verificar que os especialistas apresentam maior resistência à influência dos vieses heurísticos, porém, não se pode afirmar que sejam imunes a esses efeitos. Dessa forma seus efeitos sobre o grupo podem ser classificados como leves.

Finalmente, a partir do *ranking* final de influência dos vieses heurísticos, também foi possível identificar que os especialistas podem dar importância às informações na análise de risco de acordo com 3 características distintas. A maior importância é dada à forma como as informações são apresentadas. Em segundo lugar, está a preocupação com a correta interpretação das informações. E por último, a quantidade de informações fornecidas.

Essas três características, quando devidamente controladas em ambientes de tomada de decisão sob incerteza, neste caso especificamente em aeroportos, podem levar a uma ampliação da qualidade do julgamento de risco dos especialistas.

Esses achados podem contribuir para um ambiente mais confiável considerando a abordagem baseada no risco estimado em aeroportos para os Estados signatários da ICAO.

5.2 Ranqueamento de S_{req}

Outra proposta de evolução metodológica obtida deste trabalho foi o ranqueamento de severidade dos requisitos de segurança operacional para utilização como variável no modelo de risco estimado dos aeroportos. Destaca-se o potencial da metodologia, dado o baixo custo envolvido na sua aplicação, seja na captura das percepções de risco dos *experts*, seja na abordagem anterior à realização do risco (ocorrência de acidentes e incidentes).

Os resultados encontrados nessa fase foram semelhantes aos verificados nos estudos preliminares de Cunha *et al.* (2021_b) e Cunha & Andrade (2022), demonstrando que a identificação de valores de risco de requisitos de segurança operacional em conjunto com suas taxas de conformidade no sistema, são capazes de indicar o posicionamento de risco no sistema de aeroportos.

Nesse estudo, os especialistas julgaram que as seções de requisitos são desproporcionalmente mais significativas e menos significativas do ponto de vista do risco. Segundo os *experts*, as 40 menos representativas possuem valor médio de risco equivalente a apenas 61% da média geral e 46% o valor médio das 40 subpartes mais representativas. Além disso, 58% do número de seções avaliadas apresentam valores de risco superiores ao valor médio verificado, demonstrando o grande potencial de otimização da aplicação de recursos com o uso da metodologia, seja na operação aeroportuária, seja na tarefa de fiscalização por parte do órgão regulador.

Também foi possível observar a dominância de dois regulamentos, RBAC 153 e RBAC 154 sobre os regulamentos RBAC 164 e RBAC 139. Na percepção dos *experts*, o conteúdo abordado nos normativos que tratam da operação segura (RBAC 153) em um aeródromo adequadamente projetado (RBAC 154) se sobressai em importância sobre os regulamentos que determinam procedimentos administrativos para certificação (RBAC 139) e o gerenciamento de risco da fauna (RBAC 164).

A análise demonstrou que, na percepção dos *experts*, o RBAC 154 teria uma importância 2,77 vezes maior do que o RBAC 139. Já na análise de Pareto foi possível identificar que a dominância dos regulamentos 154 e 153 é tão grande, que dentre os requisitos mais significativos (20%), não há presença de requisitos dos regulamentos 164 e 139, e dos 50% mais significativos, apenas 1,92% de S_{req} é atribuída ao RBAC 164 e 0% ao RBAC 139.

Este tipo de comparação é importante, especialmente em ambientes onde há escassez de recursos, e frequentemente há que se tomar ações para atendimento ou fiscalização de um regulamento em detrimento de outro. Uma abordagem baseada apenas nesta técnica permitiria ao estado observar um ganho em qualidade regulatória, melhorando continuamente o desempenho de segurança do mercado, cumprindo assim de forma satisfatória o que é recomendado pela ICAO.

5.3 Dados de P_{conf}

Das 124 seções de regulamento avaliadas pelos *experts*, 18 foram selecionadas para a obtenção dos dados de P_{conf} por representarem as mais significativas dentre todas avaliadas (20% do total de significância).

Os dados foram obtidos e organizados para análise. De maneira geral, o comportamento desses dados mostrou-se dentro do esperado para um ambiente regulatório controlado como o da aviação civil, com um nível médio de conformidade dos aeroportos de 80,23%.

Uma importante constatação foi a de que, apesar das oscilações, em média, os maiores níveis de conformidade foram verificados nos aeroportos de maior porte. Esse dado conferiu robustez à premissa assumida para o desenvolvimento do “ α ” do modelo de risco, pois demonstrou de maneira relativa que aeroportos de maior porte de fato obtêm um ganho de escala devido ao seu maior movimento operacional.

A abordagem proposta torna possível compreender-se quais partes dos regulamentos possuem maiores ou menores níveis de conformidade e como é o comportamento dos aeroportos frente às exigências, qualificando a ação regulatória do Estado. Com isso, pode-se buscar os motivos e alternativas para baixos índices de *compliance* em determinados segmentos aeroportuários, e com isso elevar a segurança operacional.

Por outro lado, aeroportos podem também passar a monitorar seus índices de conformidade, confrontando-os com os valores de significância e custo, e com isso, otimizar o seu impacto regulatório

5.4 Índice de Eficiência Regulatória I_e

O Índice de Eficiência Regulatória (I_e) mede o quão eficiente é o Estado no SSP nas ações de regulamentação e fiscalização da infraestrutura aeroportuária, representando também, no caso dos aeroportos, sua capacidade operacional em cumprir com as exigências impostas pelos regulamentos. Os dados obtidos do índice também foram capazes de demonstrar que os aeroportos de maior porte obtiveram maiores *scores* de I_e , comprovando mais uma vez a premissa do *drive* de risco da pesquisa, pois demonstra, que sua maior capacidade em prover segurança está atrelada aos ganhos de escala medidos no “ α ” do modelo.

Esse tipo de análise torna capaz compreender o quão discrepantes em termos de desempenho os aeroportos estão e possibilitar o ajuste do impacto regulatório no setor. Graças ao I_e foi possível, não somente o desenvolvimento e aplicação do modelo, mas a realização de uma análise de impacto regulatório comparando-se as relações custo/risco-benefício e custo/risco-efetividade de suas seções de regulamento (153.205 e 153.407).

Desta maneira, o índice torna possível, tanto para o Estado quanto para os próprios aeroportos, direcionar esforços no cumprimento otimizado de requisitos, ou seja, aplicação de recursos onde o retorno em segurança operacional é maior.

5.5 Índice “ α ”

Como dito na parte introdutória do trabalho, os regulamentos de segurança operacional utilizam como *proxy* de risco o VATM, e escalonam as exigências em função desta variável. Contudo, nesse estudo foi demonstrado que o custo regulatório é uma grande barreira para a obtenção de *compliance* por parte dos aeroportos, mostrando-se um importante *drive* para o risco.

Por esse motivo, foi verificado que o risco de fato evolui com a movimentação operacional dos aeroportos, porém, há um descolamento das curvas acumuladas dessas duas variáveis. Os resultados desse estudo demonstraram que isso ocorre por influência do custo na operação dos aeroportos. O custo limita a capacidade de gerenciamento da segurança dos aeroportos, em especial os de menor porte, enquanto que os maiores aeroportos percebem ganho de escala em função da maior movimentação operacional, e conseguem com mais facilidade atender e superar as exigências regulatórias.

A variável custo mostrou-se tão relacionado ao risco, que ela foi utilizada para corrigir esse ganho de escala dos maiores aeroportos, confirmando a premissa teórica deste trabalho. Então, com o auxílio dos dados empíricos de risco (com técnica para sua medição também desenvolvida no curso do desenvolvimento desta pesquisa), VATM e custo, o modelo de risco foi calibrado e validado, de maneira que se obtivesse aderência da predição com o dado real.

Além disso, a demonstração de que o risco é custo-dependente possibilitou a abertura de novas abordagens de análise de impacto regulatório: a análise do custo ponderado pela severidade dos requisitos (S_{req}), possibilitando a priorização da aplicação de recursos de maneira a se obter maior potencial de retorno em segurança (análise de custo-benefício), e a análise de custo ponderado pelo Índice de Eficiência Regulatória (I_e), fornecendo a informação de quanto foi gasto para se obter um nível específico de conformidade (análise custo-efetividade).

Trata-se de um importante achado deste trabalho, pois ele corrige a lógica regulatória do mercado, trazendo novos elementos à luz da discussão para aperfeiçoar os níveis de exigência aplicados aos aeroportos. Ou seja, há espaço para otimização dos métodos utilizados atualmente pelo Estado para a regulamentação de segurança operacional nos aeroportos brasileiros.

5.6 Resultados do modelo e análise de desempenho

O risco estimado mostrou-se aderente ao risco realizado e os maiores aeroportos apresentaram menores frequências de risco por movimento. Com isso, foi possível a realização do ranqueamento dos aeroportos segundo sua performance de risco. A análise de desempenho foi o próximo passo da pesquisa.

Essa etapa do trabalho possibilitou o desenvolvimento do NADSO para o setor, além de terem sido propostas ações para a garantia da melhoria contínua da performance do sistema. Também

nessa fase foi possível realizar uma análise de impacto regulatório, demonstrando os benefícios da abordagem.

No estabelecimento do NADSO foi proposta uma técnica para garantir o melhor ajuste do perfil dos aeroportos ao nível referencial de conformidade do Estado. Em que pese a técnica de ajuste escalar aplicada na modelagem de risco ter minimizado as disparidades de VATM, os aeroportos ainda obtiveram desempenhos dispersos uns dos outros. Condição natural e esperada, dada a discrepância de volume de tráfego entre eles, o que influencia sua capacidade de atendimento dos requisitos de segurança operacional.

Por esse motivo foi proposta a subdivisão do NADSO global (que não deixará de ser medido), e 4 sub-níveis, de maneira que a referência não ficasse nem tão confortável para os maiores aeroportos e nem impraticável para os aeroportos menores. Já o NADSO global, passa a servir de referência ao Estado, que pode monitorar a performance geral do sistema a partir desse nível.

Foram criados cinco grupos de aeroportos, de acordo com o seu índice de risco: *Safety+2*, *Safety+1*, Neutro, *Safety-1* and *Safety-2*. O critério para a definição do tamanho dos grupos foi numérico-qualitativo, com 20% dos aeroportos com desempenho em torno do NADSO global sendo enquadrados no grupo Neutro, e os outros 80% de aeroportos divididos proporcionalmente a seu desempenho. O objetivo foi garantir que sempre existam aeroportos e todos os 5 grupos de cada classe, estimulando a competitividade e consequente evolução do NADSO ao longo do tempo.

Os valores gerados NADSO representam a média dos desempenhos verificados nesta primeira rodada de medição e acompanhamento. A partir dessa nova referência, outras análises de sensibilidade ao risco e de impacto regulatório podem ser feitas para direcionar melhor os recursos e esforços do SSP. Trata-se do ponto de partida para uma abordagem otimizada do Estado, com foco naqueles que realmente precisam de atenção.

Algumas linhas de ação para garantir a melhor gestão dos dados gerados e recursos necessários foram discutidas. De maneira resumida, focou-se na busca pela regulação por incentivos como base para a melhoria contínua do desempenho do setor, na recompensação de desempenhos positivos, no alívio de supervisão desnecessária dos aeroportos com melhores desempenhos para otimização do gasto, no reconhecimento das dificuldades dos piores desempenhos e proposta de ações compensatórias, na criação de comitês locais de gerenciamento de segurança

operacional, e na análise de impacto regulatório com base em custo-benefício (risco-benefício) e custo-efetividade (risco-efetividade).

Quanto às análises de impacto, graças aos novos índices desenvolvidos, foi realizada uma comparação de desempenho regulatório entre as seções 153.205 e 153.207, demonstrando a possibilidade de se indicar claramente com o uso dessa ferramenta, onde a aplicação do recurso possui maior benefício, tanto para os operadores de aeroportos, quanto para o Estado.

6. LIMITAÇÕES DA PESQUISA E OPORTUNIDADES DE ESTUDOS FUTUROS

6.1 Vieses heurísticos

Este estudo contou com o apoio de aproximadamente de 50% dos reguladores e 10% dos operadores de aeroportos disponíveis no mercado brasileiro. Embora estudos dessa natureza se baseiem na sólida experiência dos indivíduos, e não em censos com grandes grupos, como em qualquer estudo, os pesquisadores quase sempre sofrem com a escassez de dados, que lhes impossibilita a obtenção de maior certeza estatística das conclusões alcançadas.

Uma barreira encontrada foi a dificuldade de coleta de informações e realização de reuniões com especialistas de forma personalizada devido às complicações resultantes da pandemia de Covid-19. Para garantir o levantamento necessário para o estudo, o tempo disponibilizado para a pesquisa foi estendido sem prejuízo dos resultados finais.

Embora a lista de 12 vieses heurísticos tenha sido baseada em uma revisão bibliográfica sistematizada, e os especialistas tenham identificado sua influência nas avaliações de risco, cabe ressaltar que não há uma catalogação formal de vieses heurísticos desta natureza, portanto, esta lista certamente não é exaustiva. O tema é largamente estudado e vieses adicionais que possam também influenciar o julgamento sob incerteza desses profissionais podem não ter sido trazidos na lista proposta. Espera-se, como parte da evolução do conhecimento a partir do método científico, que essa lista seja questionada, validada ou ampliada em trabalhos futuros.

Ressalta-se também a oportunidade de ampliar essa pesquisa buscando identificar se existem diferenças estatisticamente significativas na percepção da influência de vieses em grupos de reguladores e operadores de aeródromo. A barreira para a obtenção de informações é grande, mas a possibilidade de obtenção de benefícios com este estudo é real.

Por fim, estudos futuros poderiam explorar com maior profundidade a presença desses fenômenos no julgamento prático de risco, como por exemplo em quais situações cada viés heurístico tem maior influência, ou quais as melhores estratégias de controle desses fenômenos, a fim de contribuir ainda mais para a qualidade das avaliações de risco na aviação civil.

6.2 Ranqueamento de S_{req}

A tarefa de realizar o ranqueamento de requisitos para definição de S_{req} no modelo foi a mais complexa do trabalho. Conjuntamente, os 4 regulamentos utilizados para as análises desta

pesquisa somam 424 páginas de requisitos para aeroportos. Isso indica a grande carga regulatória a que estes operadores estão submetidos, especialmente se observado que o conteúdo aqui abordado foi apenas a garantia da operação segura de aeronaves, ou seja, uma fração da regulação imposta a estes operadores.

Nestas 424 páginas encontram-se literalmente milhares de requisitos altamente específicos, detalhando, especificando, orientando, limitando e conduzindo o comportamento dos aeroportos. O lado positivo dessa alta carga de especificação prescritiva é que um operador pode encontrar exatamente a solução para sua operação em um requisito específico. O lado negativo, trazido por uma linha mais moderna de pensamento regulatório, é que por vezes esses altos níveis de prescrição podem limitar a conduta do operador para a busca de soluções mais criativas e mais baratas para seus problemas.

Devido a isto, do ponto de vista desta pesquisa, a dificuldade se deu em filtrar os requisitos de segurança operacional (foco do trabalho). Posteriormente buscou-se identificar até que ponto a estrutura destes regulamentos coincidia para a identificação dos requisitos que seriam submetidos à avaliação de risco.

A proposta inicial era se realizar a análise comparativa par a par de importância dos requisitos entre si, mas devido à grande carga regulatória, a estratégia teve que ser alterada, propondo-se uma matriz de severidade de risco semelhante à utilizada pelos *experts* nas suas tarefas do dia-a-dia, mas com critérios ajustados à proposta de pesquisa.

Não obstante as dificuldades encontradas, ainda assim foi possível a extração dos resultados almejados e confirmar a possibilidade de replicação do modelo a outros nichos do mercado de aviação civil, seguramente um dos principais ganhos da pesquisa proposta.

6.3 Validação do modelo

Toda modelagem estimativa necessita ser validada empiricamente. Para isso foi desenvolvida uma técnica de medição de risco aeroportuário realizado (dados empíricos) para serem confrontados com os dados estimados pelo modelo (Cunha *et al*, 2021_b). Dessa forma, foram levantados dados de diferentes fontes para identificar aspectos da infraestrutura aeroportuária que ofereçam algum risco à operação. Com isso, buscou-se determinar em que proporção cada elemento da infraestrutura aeroportuária contribui para os eventos de segurança operacional analisados.

Foram utilizados os dados de eventos de segurança operacional ocorridos no lado ar dos aeroportos, onde, segundo a taxonomia proposta pela OACI, houvesse a possibilidade de haver alguma contribuição da infraestrutura para o risco. Eles são bem organizados e a taxonomia proposta pela OACI é rigorosamente seguida pelo CENIPA (2011).

Contudo, apenas a investigação a fundo de todos os eventos obtidos seria capaz de determinar, em primeiro, lugar se houve de fato contribuição da infraestrutura aeroportuária e, num segundo momento, qual teria sido a intensidade desta contribuição.

O conhecimento da metodologia aplicada pelos países na investigação de eventos de segurança operacional deixa claro que o grande volume de eventos ocorridos diariamente nos aeroportos do mundo impossibilita as investigações de todos eles, fazendo com que as autoridades de investigação de cada país priorizem esta atividade para apenas os mais significativos.

O Brasil obedece esta mesma lógica, investigando somente os eventos mais severos. Ocorre que estes eventos são também os mais raros, como largamente demonstrado na literatura do tema (além dos próprios dados desta própria pesquisa).

Outra limitação da metodologia investigativa é a não atribuição de parcela de responsabilidade objetiva numérica à contribuição de cada elo na cadeia de eventos de um acidente pelas autoridades investigativas. Trata-se de uma ação intencional a fim de se obter uma “cultura justa”, ou seja, garantir que o ambiente de segurança operacional na aviação esteja permeado de atitudes proativas e preventivas, ao invés de uma cultura punitiva que restringe o “livre reporte” de eventos, e com isso limitar a segurança de todo o sistema.

Desta forma, não há à disposição de pesquisadores na atualidade este tipo de informação que lhes seja capaz de esclarecer com precisão a contribuição de cada variável em um evento de segurança operacional na aviação.

Outra característica intrínseca dos dados de eventos de segurança operacional na aviação civil é a sua natureza esporádica quanto a eventos catastróficos, e por conseguinte, mais significativos para o modelo de validação desenvolvido. Soma-se a isso a dificuldade na aquisição de dados confiáveis, dado o tamanho da amostra de aeroportos do estudo. Esses aspectos influenciaram negativamente nos correlacionamentos com valores nominais de risco.

6.4 Dados de “ α ”

Outra dificuldade encontrada foi a falta de dados de qualidade relativos ao custo operacional de aeroportos, não somente os brasileiros, foco do estudo, mas também de outros locais no mundo. Então, para o desenvolvimento da pesquisa foram usados estimados com valores de mercado do custo de manutenção de pavimentos do lado ar.

Este dado foi utilizado devido a dois fatores: em primeiro lugar, porque trata-se do dado mais atualizado e abrangente disponível, sendo utilizado para cálculos de modelagem das concessões de aeroportos, com levantamentos e estimativas englobando aeroportos de portes grande, médio e pequeno. E em segundo lugar, devido à falta de dados mais abrangentes de custo de aeroportos no mercado de aviação civil brasileiro.

O dado que poderia trazer a melhor representatividade para esse estudo seria a receita líquida dos aeroportos, que em última análise, representa o excedente de recursos que o aeroporto dispõe para aplicação em segurança operacional. A premissa, confirmada no trabalho, é que os maiores aeroportos dispõem de recursos a mais, graças ao ganho de escala em função da sua grande movimentação operacional.

Contudo, como o dado de custo utilizado possui, potencialmente, uma grande parcela de representatividade nos custos operacionais dos aeroportos, o modelo ajustou-se bem à realidade mensurada de risco realizado dos aeroportos do estudo.

Dessa forma, destaca-se a necessidade de acompanhamento dos dados financeiros pois, como demonstrado nesse estudo, a relação entre movimentação operacional e custo afeta diretamente o risco. Sugere-se o desenvolvimentos de estudos nessa linha com o objetivo de aprimorar o conhecimento entre as relações de custo aeroportuário e seus efeitos no risco.

6.5 Dados de P_{conf}

Na presente pesquisa os dados de P_{conf} representam a chance de um requisito não ser atendido. Apesar de haver um sistema razoavelmente consolidado e amplo no Brasil de coleta desses dados via auditorias de segurança realizadas nos aeroportos (sistema de vigilância), uma limitação legal foi imposta com relação ao uso dos dados reais em pesquisas acadêmicas no âmbito do Governo Federal. Tanto o Código de Ética da ANAC (Art. 17 da Res. 569/2020), quanto a Lei de Acesso à Informação (Art. 6º da Lei 12.527/2011) restringem o uso de dados de regulados em projetos de pesquisa acadêmica.

A via alternativa proposta para coleta desses dados, conforme sugerido na metodologia deste trabalho, foi a solicitação direta para os entes regulados de seus níveis de conformidade dos requisitos avaliados. Contudo, trata-se de uma auto-avaliação subjetiva, e por consequência carregada de viés, pois não há qualquer garantia ou metodologia regulatória para assegurar a veracidade do dado. Além disso, muitos dos 100 aeroportos consultados recusaram-se a prestar as informações solicitadas. Isso gerou muita fragilidade e potencial perda de qualidade desse dado.

Por este motivo, os dados reais de P_{conf} obtidos foram mesclados com dados fictícios, próximos aos valores reais, de maneira a tornar impossível a identificação do desempenho real dos aeroportos envolvidos, contudo, sem interferir no objetivo final da pesquisa, que é o desenvolvimento e demonstração prática da validade do modelo de risco desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRP (2015) Airport Cooperative Research Program. *Report 131 - A Guidebook for Safety Risk Management for Airports*. Washington. 212p.
- ACI (2014) Airport Council International. AiQ Consulting - Managing an airport in 'survival' is a skill set. <https://www.aiqconsulting.com/covid-19/back-to-airport-survival/>.
- ALTENBACH, T. (1995) A comparison of risk assessment techniques from qualitative to quantitative. United States. <https://www.osti.gov/servlets/purl/67753>.
- ANAC (2016) Agência Nacional de Aviação Civil. Portaria nº 908/SIA. Define aeronaves críticas e respectivas frequências semanais de operação para aeródromos civis públicos brasileiros. Brasília. 04p.
- ANAC (2018) Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar 154.5-001A: Orientações para a elaboração de análise de risco com vistas à demonstração de nível aceitável de segurança operacional. Brasília. 45p.
- ANAC (2019) Agência Nacional de Aviação Civil. Plano de Supervisão da Segurança Operacional (PSSO-ANAC). Brasília. 16p.
- ANAC (2021) Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - Aeródromos - Operação, manutenção e resposta à emergência. Brasília. 130p.
- ASHFORD, N., STANTON, H. P. M., MOORE, C. A. (2012) *Airport Operations*. 2ª Edição - New York: McGraw-Hill. 481p.
- AVEN, T. & RENN, O. (2009) *On risk defined as an event where the outcome is uncertain*. Journal of Risk Research. Vol. 12, nº 1. Pag. 1-11.
- AYHAN, B.U. & TOKDEMIR, O.B. (2020) Accident Analysis for Construction Safety Using Latent Class Clustering and Artificial Neural Networks. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 146, nº 3, Article Number 04019114.
- AYRES, M., SHIORAZI, H., CARVALO, R., HALL, J., ARAMBULA, E., DAVID, R., GADZINSKI, J., CAVES, R., WONG, D., PITFIELD, D. (2013) *Modelling the location and consequences of aircraft accidents*. Safety Science. Vol. 51. nº 1. Pag. 178-186.
- BALDWIN, R., CAVE, M., LODGE, M. (2012) *Understanding Regulation: Theory, Strategy, and Practice*. OUP Oxford. ISBN 0199576084. 548 pg.
- BANA E COSTA, C. A. (1992) *Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la décision*. Tese (Doutorado) - Engenharia de Sistemas, Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1992.

- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L., COR- REA, E. C. & VANSNICK, J. C. (1999) Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. *European Journal of Operational Research*, 113,315-335.
- BAUER, M. W. & GASKELL, G. (2002) Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Tradução de Pedrinho A. Guareschi. 5ª Edição. Petrópolis: Ed. Vozes.
- BEINAT, E. (1995) Multi attribute value functions for environmental management. Amsterdam: Timbergen Institute Research Series.
- BEN-GAL, I., DANA, A., SHKOLNIK, N., SINGER, G. (2014) *Efficient Construction of Decision Trees by the Dual Information Distance Method*. *Quality Technology and Quantitative Management*. Vol. 11, nº. 1. Pag. 133-147.
- BERGMAN, M., DRASGOW, F., DONOVAN, M., HENNING, J., JURASKA, S. (2006) *Scoring Situational Judgment Tests: Once You Get the Data, Your Troubles Begin*. *International journal of selection and assessment*. Vol. 14, nº 3. Pag. 223-235.
- BERNSTEIN, P. (1997) *Desafio aos deuses. A fascinante história do risco*. 3ª Edição. Rio de Janeiro. Ed. Campus, 1997.
- BROWN, B. (1968) *Delphi Process: A Methodology Used for the Elicitation of Opinions of Experts*. RAND Corporation, 15p.
- CAA (2010) Civil Aviation Authority. CAP 760 - Guidance on the Conduct of Hazard Identification, Risk Assessment and the Production of Safety Cases. Londres. 104p.
- CALMAN S. & ROYSTON G. (1997) *Personal paper: Risk language and dialects*. *BMJ*. DOI:10.1136/bmj.315.7113.939.
- CANALE, S., DISTEFANO, N., LEONARDI, S. (2005) *A risk assessment procedure for the safety management of airport infrastructures*. Proceedings at III International Congress of Società Italiana Infrastrutture Viarie, SIIV.
- CENIPA (2011) Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. *MCA 3-6 Manual de Investigação do SIPAER*. Brasília. 168p.
- CENIPA (2018) Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas>.
- CEOLIM, A. J. (2005) *Aplicação de Metodologias Multicritério na Avaliação dos Cursos da UNESPAR/FECILCAM*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- COHEN, B. (1998) Public perception versus results of scientific risk analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. Elsevier Science Limited. Vol. 59, pg. 01 – 105.
- ČOKORILO, O., GVOZDENOVIC, S., VASOV, L., MIROSAVLJEVIC, P. (2010) *Costs of unsafety in aviation*. *Technological and Economic Development*. Vol. 16, nº 2. Pag. 188-201.

- CUNHA, D., ANDRADE, M., PRADO, L., SANTANA, L., GONÇALVES, M. (2021_a) *RISK assessment in airport maintenance runway condition using MCDA-C*. Journal of Air Transport Management 90 (2021) 101948. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101948>.
- CUNHA, D., ANDRADE, M., SILVA, J. (2021_b) *Airport ALoSP and Integrated Risk Approach for SSPs*. Journal of Air Transport Studies, Volume 11, Issue 2, 2020, pg. 21 – 43, doi: 10.38008/jats.v11i2.160.
- CUNHA, D., & ANDRADE, M. (2021) *Qualidade Regulatória: Análise de Impacto com Gerenciamento de Risco para a exigência de Serviços de Combate a Incêndio e Salvamento em Aeroportos Civis Brasileiros*. Revista Conexão Sipaer, Vol. 11, nº 1, pg. 33-55.
- CUNHA, D., & ANDRADE, M. (2022) *Expert's Heuristic Biases in Airport Predictive Risk Assessments*. SAE Int. J. Trans. Safety, Vol. 10, nº 1. Article ID: 09-10-01-0002. doi:10.4271/09-10-01-0002.
- CURTIS, P. & CARRY, M. (2012) *Risk assessment in practice*. Deloitte & Touche LLP, Sponsored by the Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- DAS, K., & DEY, A. (2016) *Quantifying the risk of extreme aviation accidents*. Physica A. Vol. 463. Pag. 345–355.
- DAY, B. (1999) *A Meta-Analysis of Wage-Risk Estimates of the Value of Statistical Life*. Centre for social and economic research on the global environment. Working paper. 29p.
- DEKAY, M., FLORIG, H., FISCHBECK, P., MORGAN, M., MORGAN, K., FISCHHOFF, B., JENNI, K. (2001) *The use of public risk ranking in regulatory development*. In: FISCHBECK, P.S. e FARROW, S. (Eds). *Improving regulation: cases in environment, health and safety*. Washington: Resources for the future, 2001.
- DI MASCIO, P., LOPRENCIPE, G., (2016) *Risk analysis in the surrounding areas of one-runway airports: a methodology to preliminary calculus of PSZs dimensions*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 11, nº 23. Pag. 13641–13649.
- DIEDENHOFEN, B. & MUSCH, J. (2019) *Option weights should be determined empirically and not by experts when assessing knowledge with multiple-choice items*. International journal of selection and assessment. Vol. 27, nº 3. Pág. 256-266.
- ENSSLIN, L., ZAMCOPÉ, F. C., TERZA, R. (2009) *Metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista para a identificação e avaliação de habilidades para o setor de estamperia têxtil*. Revista GEPROS. a. 5. n. 1. p. 125-142.
- ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R., MARAFOND, A. D., MEDAGLIA, T. A. (2013) *Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores*. Revista Produção, v. 23, n. 2, p. 402-421, abr./jun. 2013 (http://www.scielo.br/pdf/prod/v23n2/aop_t6_0006_0628.pdf).

- ESMAEILI, B., HALLOWELL, M., RAJAGOPALAN, B. (2015) *Attribute-Based Safety Risk Assessment. II: Predicting Safety Outcomes Using Generalized Linear Models*. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 141, n° 8, Pag. 1-11.
- FAA (2000) Federal Aviation Agency. *FAA System Safety Handbook – Principles of System Safety*. Washington. 18p.
- FAA (2014) Federal Aviation Agency. *ORDER 5200.11 CHG 3 – FAA Airports Safety Management System*. Washington. 73p.
- FIEDLER, K. (1996) *Explaining and simulating judgment biases as an aggregation phenomenon in probabilistic, multiple-cue environments*. Psychological Review, 103(1), 193-214. doi:10.1037/0033-295X.103.1.193.
- FISCHHOFF, B., SLOVIC, P., LICHTENSTEIN, S., READ, S., COMBS, B. (1978) *How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits*. Politic Sciences, v.9, pg. 127-152.
- FISCHHOFF, B., WATSON, S., HOPE, C. (1984) *Defining Risk*. Policy Sciences. Vol. 17. Pag. 123-139.
- FISCHHOFF, B. (1994) *Acceptable risk: a conceptual proposal*. Risk: Health, Safety & Environment. Vol. 1. Pag. 1-28.
- FISHBURN, P. C. (1967) *Conjoint measurement in utility theory with incomplete product sets* - Journal of Mathematical Psychology - Volume 4, Issue 1, February 1967, Pages 104-119.
- FLORIG, H., MORGAN, M., MORGAN, K., JENNI, K., FISCHHOFF, B., FISCHBRCK, P., DEKAY, M. (2001) *A Deliberative Method for Ranking Risks (I): Overview and Test Bed Development*. Risk Analysis, Vol. 21, No. 5. Pag. 913-921.
- GAISSMAIER, W. & GIGERENZER, G. (2012) *9/11, Act II: A Fine-Grained Analysis of Regional Variations in Traffic Fatalities in the Aftermath of the Terrorist Attacks*. Psychological Science. Vol. 23, n° 12. Pag. 1449-1454.
- GARNER, T. & GOULD, L (1989) *Public Perceptions of the Risks and Benefits of Technology*. Risk Analysis., Vol. 9, n° 2. Pag 225-242.
- GIL, A. C. (1999) *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5.ed. São Paulo: Atlas.
- GOODWIN, P. & WRIGHT, G. (1991) *Decision Analysis for Management Judgment*. New York: John Wiley& Sons, p. 308.
- GOWDA, M. (1999) *Heuristics, biases, and the regulation of risk*. Policy Sciences. Vol. 32. Pag. 59-78.
- HALLOWELL, M. & GAMBATESE, J. (2009) *Construction safety risk mitigation*. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 135, n° 12, Pag. 1316–1323.

- HEISING, S., MOYLE, S. (2004) *Using Model Trees to Characterize Computer Resource Usage*. WOSS '04: Proceedings of the 1st ACM SIGSOFT workshop on Self-managed systems. Pg. 80–84.
- HOEGBERG, L. (1998) *Risk perception, safety goals and regulatory decision-making*. Reliability Engineering and System Safety n° 59, p. 135 – 139.
- HOLLANGEL, E. (2014) Is safety a subject for science? *Journal of Safety Science*. v. 67. p. 21-24.
- HÖPPNER, S., STRIPLING, E., BAESENS, B., BROUCKE, S.V., VERDONCK, T. (2020) *Profit driven decision trees for churn prediction*. European Journal of Operational Research. Vol. 284, n° 3, Pg. 920-933.
- IATA (2020) Safety Report 2019. International Air Transport Association – IATA. Edição n° 56. ISBN 978-92-9264-170-2.
- INCOSE (2010) International Council on Systems Engineering. *Systems Engineering Handbook v. 3.2*. San Diego. 382p..
- JANIC, M. (2000) An assessment of risk and safety in civil aviation. *Journal of Air Transport Management*. v. 6. p. 43-50..
- JEONG, J. (2005) An investigation of operating cost of airports: Focus on the effects of output scale. Dissertação (Mestrado) - The Faculty of Graduate Studies (Business Administration), University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2005.
- JOHNSON, B. (2004) *Risk Comparisons, Conflict, and Risk Acceptability Claims*. Risk Analysis. Vol. 24, n° 1. Pag. 131-145.
- KAZDA, A & CAVES, R. (2010) Airport Design and Operation. Emerald Group Publishing Limited. 2ª Ed. 522 p. ISBN 978-0-08-045104-6.
- KEENEY, R. L. (1992). *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. Harvard University Press, London.
- KETBADARI, M., GIUSTOZZI, F., CRISPINO, M. (2018) *Sensitivity analysis of influencing factors in probabilistic risk assessment for airports*. Safety Science. Vol. 107, Pag. 173-187.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. (2007) *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Technical Report EBSE-2007-01. School of Computer Science and Mathematics, Keele University, Keele, UK.
- KIRKLAND, I., CAVES, R., HIRST, M., PITFIELD, D. (2003) *The normalisation of aircraft overrun accident data*. Journal of Air Transport Management. Vol. 9, n° 6. Pag. 333-341.
- KIRKLAND, I., CAVES, R., HUMPHREYS, I. (2004) *An improved methodology for assessing risk in aircraft operations at airports, applied to runway overruns*. Safety Science. Vol. 42. Pag. 891–905.

- KIRKPATRICK, C., COOK, P., MINOGUE, M., PARKER, D. (2003) *Regulation, Competition and Development*. 1ª Edição - Cheltenham: Edward Elgar, UK. 464p.
- KIRKPATRICK, C., PARKER, D. (2007) *Regulatory Impact Assessment - Towards Better Regulation?* 1ª Edição - Cheltenham: Edward Elgar, UK. 285p.
- KIRKPATRICK, C., PARKER, D. (2012) *Measuring Regulatory Performance – The Economic Impact of Regulatory Policy: A Literature Review of Quantitative Evidence*. OECD. Expert Paper nº 3. 47p.
- KIRWAN, B. (1998) “*Human error identification techniques for risk assessment of high risk systems – part 1: review and evaluation of techniques*”, *Applied Ergonomics*, Vol. 29, nº. 3, pg. 157-177.
- KNETSCH, J. (1995) *Assumptions, behavioral findings, and policy analysis*. *Journal of Policy Analysis and Management* Vol. 14, nº 1. Pag. 68-78.
- KONTIO, J. (2001) *Software Engineering Risk Management: A Method, Improvement Framework, and Empirical Evaluation*. ISBN: 952-5136-22-1.
- KONTOGIANNIS, T., MALAKIS, S., McDONALD, N. (2017) *Integrating operational and risk information with system risk models in air traffic control*. *Cognition, Technology & Work*. Vol. 19, Pag. 345–361. <https://doi.org/10.1007/s10111-017-0409-3>.
- KUSTERKO, S., ENSSLIN, R., ENSSLIN, L., CHAVES, L. (2018) *Water loss management: a constructivist approach*. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. Vol. 23, nº 3. Pag. 615-626. DOI: 10.1590/S1413-41522018156436.
- KYSELOVÁ, V. (2012) *Risk Management in Air Transport and Insurance*. *International Scientific Conference Management 2012*. Serbia. 6p.
- LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. (1992) *Metodologia do trabalho científico*. 4.ed. São Paulo: Atlas.
- LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. (1996) *Técnicas de pesquisa*. 3a edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
- LANDRY, M. (1995) A note of the concept of 'problem'. *Organization Studies*, v.16, n.2, p.315-343.
- LANGER, E. (1975). *The illusion of control*. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 32, nº 2. Pag. 311–328. <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1037/0022-3514.32.2.311>.
- LEVINE, E. (2012) *Improving risk matrices: the advantages of logarithmically scaled axes*. *Journal of Risk Research*. Vol. 15:2, pg. 209-222. DOI: 10.1080/13669877.2011.634514.
- LIU, H., CHEN, X., YOU, J., LI, Z (2020) *New integrated approach for risk evaluation and classification with dynamic expert weights*. *IEEE Transactions on Reliability*. Pag. 1-12 <https://doi.org/10.1109/TR.2020.2973403>.

- LONGARAY, A., ENSSLIN, L., DUTRA, A., ENSSLIN, S., BRASIL, R. (2019) Using MCDA-C to assess the organizational performance of industries operating at Brazilian maritime port terminals. *Operations Research Perspectives*. Vol. 6, nº 100109.
- LOPES, A. & FRACOLLI, L. A (2008). Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: Considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. *USP*, 2008, p. 771-777.
- LOPES, L. (1983) *Some thoughts on the psychological concept of risk*. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 9, nº 1, Pag. 137–144. <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1037/0096-1523.9.1.137>.
- LOPEZ-LAGO, M., CASADO, R., BERMUDEZ, A., SERNA, J. (2017) *A predictive model for risk assessment on imminent bird strikes on airport areas*. *Aerospace Science and Technology*. Vol. 62. Pag. 19-30.
- LOWRANCE W. W. (1980) *The Nature of Risk*. In Schwing R C and Albers W A. Jr. (eds): *Societal Risk Assessment - How Safe is Safe Enough?* Plenum Press, New York.
- LYRIO, M., PRATES, W., VINICIUS, M., LUNKES, R. (2015) Análise da implementação de uma estratégia de investimento em ações baseada em um instrumento de apoio à decisão. *Contaduría y Administración*. Vol. 60, nº 1. Pag. 113-143.
- LYRIO, M. V. L., DUTRA, A., ENSSLIN, S. R., & ENSSLIN, L. (2007). *Construção de um modelo de avaliação de desempenho da secretaria de desenvolvimento regional da grande Florianópolis: a proposta da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista*. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, Vol. 5, nº 2, pag. 31 – 40. <https://doi.org/10.19094/contextus.v5i1.32085>.
- MACHADO, T., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. (2015) *Desenvolvimento de produtos usando a abordagem MCDA-C*. *Production*. Vol. 25, nº. 3. Pag. 542-559.
- MAKOWSKI, M. (2005) *Mathematical modeling for coping with uncertainty and risk*. *Systems and Human Science for Safety, Security, and Dependability*, T. Arai, S. Yamamoto, K. Makino (eds.) Elsevier, Amsterdam, pp. 35–54.
- MATOS, L., VALMORBIDA, S., ENSSLIN, S. (2018) *Management and Evaluation of Monitoring in the Internal Audit Sector of a Brazilian Federal University: A Constructive Proposal*. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, Vol. 16, nº 3. Pag. 67-85. <https://doi.org/10.15366/reice2018.16.3.004>.
- MAZUR, A. (1985) *Bias in risk-benefit analysis*. *Technology in Society*. Vol. 7, nº 1. Pag. 25-30.
- MCKENNA, F. (1993) *It won't happen to me: Unrealistic optimism or illusion of control?* *British Journal of Psychology*, Vol. 84, Pag. 39-50.

- MINFRA (2021) Ministério da Infraestrutura. Estudos e documentos - 7ª Rodada de Concessões de Aeroportos Brasileiros. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/concessoes/concessoes-aeroportuarias/evtea-7a-rodada>.
- MIRANDA, M., BALTAZAR, M., SILVA, J. (2016) *Airlines Performance and Efficiency Evaluation using a MCDA Methodology*. The Case for Low Cost Carriers vs Legacy Carriers. Open Engineering. Vol. 6. Pag. 389–396.
- MORENO-MARCOS, P., PONG, T., MUÑOZ-MERINO, P., KLOOS, C. (2020) Analysis of the Factors Influencing Learners' Performance Prediction With Learning Analytics. IEEE Access. Vol. 8, Pg. 5264-5282. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2963503.
- MORETTI, L., DI MASCIO, P., NICHELE, S., COKORILLO, O. (2018) *Runway veer-off accidents: Quantitative risk assessment and risk reduction measures*. Safety Science. Vol. 104. Pag. 157–163.
- MORGAN, M., FLORIG, H., DEKAY, M., FISCHBECK, P. (2000) *Categorizing Risks for Risk Ranking*. Risk Analysis. Vol. 20, n. 1. Pag. 49-58.
- MORGAN, K., DEKAY, M., FISCHBECK, P., MORGAN, M., FISCHHOFF, B., FLORIG, K. (2001) *A Deliberative Method for Ranking Risks (II): Evaluation of Validity and Agreement among Risk Managers*. Risk Analysis, Vol. 21, No. 5. Pag. 923-937.
- NARDOCCI, A. (1999) *Risco como instrumento de gestão ambiental*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NAS (2017). *Using 21st Century Science to Improve Risk-Related Evaluations*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/24635.
- NASA (2007) National Aeronautics and Space Administration. *NASA Systems Engineering Handbook*. NASA/SP-2007-6105. Rev1. 360p.
- NASA (2014) National Aeronautics and Space Administration. *NASA System Safety Handbook Volume 2: System Safety Concepts, Guidelines, and Implementation Examples*.
- NEUENFELDT JÚNIOR, A. L., MACHADO, C. M., SILUK, J. C. M., SOLIMAN, M., HUPFER, N. T., PARIS, S. R. (2015) *Comparativo entre as metodologias MCDA-C, DEA e AHP*. Revista FAE, Curitiba, Vol. 18, nº 1, p. 6-19.
- NEUFVILLE, R. & ODONI, A. (2003) *Airport Systems - Planning, Design and Management*. 1ª Edição - New York: McGraw-Hill. 883p.
- NRC (1994) National Research Council. *Science and Judgment in Risk Assessment*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2125>.
- OACI (2006) Organização de Aviação Civil Internacional. *Doc 9734 – Safety Oversight Manual – Part A*. 2ª Edição - Montreal. 48p.

- OACI (2011) Organização de Aviação Civil Internacional. *Doc 9734 – Safety Oversight Manual – Part B*. 2ª Edição - Montreal. 92p.
- OACI (2016) Organização de Aviação Civil Internacional. *Annex 19 – Safety Management*. 1ª Edição - Montreal. 44p.
- OACI (2018) Organização de Aviação Civil Internacional. *Doc 9859 - Safety Management Manual (SMM)*. 4ª Edição - Montreal. 192p.
- OACI (2019) Organização de Aviação Civil Internacional. *Doc 10004 - Global Aviation Safety Plan (GASP)*. Edição 2020-2022 - Montreal. 144p.
- OACI (2020) Organização de Aviação Civil Internacional: Accident Investigation Authorities Addresses. Disponível em: <https://www.icao.int/safety/AIA/Pages/default.aspx#InplviewHash6263f282-925e-4cb8-b829-bf66db2a176f>. Acesso em: 06 de abr. de 2020.
- OCDE (2012) Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Recomendação do Conselho sobre política regulatória e governança*. Paris. 35p.
- OKRENT, D. & PIDGEON, N. (1998) Risk perception versus risk analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. nº 59, pg. 1-4.
- OLIVEIRA, A. V. M; SALGADO, L. H. (2008). *Constituição do Marco Regulatório para o Mercado Brasileiro de Aviação Regional*. Brasília: Ministério do Turismo. 204p.
- PINDYCK, R., & RUBINFELD (1997) *Macroeconomics*. 4ª Edição – Prentice-Hall, New Jersey.
- PRICE, P. (2001) *A group size effect on personal risk judgments: Implications for unrealistic optimism*. *Memory and Cognition*, Vol. 29, nº 4. Pag. 578-586.
- QUARESMA V. (2005) *Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais*. *Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC* Vol. 2 nº 1 (3), janeiro-julho/2005, p. 68-80.
- REASON, J. (1990) *Human Error*. 1ª Edição - Cambridge: Cambridge University Press. 320p.
- REASON, J. (1997) *Managing the Risks of Organizational Accidents*. 1ª Edição - Inglaterra: Ashgate. 252p.
- RENN, O. (1998) *The role of risk perception for risk management*. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. 59, pg. 49-62.
- REZAEI, M., YOUSEF, S. (2018) *An intelligent decision-making approach for identifying and analyzing airport risks*. *Journal of Air Transport Management*. Vol. 68, pp. 14-27.
- ROBSON, S., SEARSTON, R., EDMUND, G., McCARTHY, D., TANGEN, J. (2020) *An expert–novice comparison of feature choice*. *Applied Cognitive Psychology*. Vol 1. Pag. 1-12.

- ROBINSON, P. & BOTZEN, W. (2019) *Determinants of Probability Neglect and Risk Attitudes for Disaster Risk: An Online Experimental Study of Flood Insurance Demand among Homeowners*. Risk Analysis, Vol. 39, nº. 11. Pag. 2514-2527.
- ROCCA, F. (2002) A percepção de risco como subsídio para os processos de gerenciamento ambiental. Tese (Doutorado) – Tecnologia Nuclear, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- ROELEN A., BLOM A. (2013) Airport safety performance. Modelling and Managing Airport Performance, Capítulo 7, Pag. 171–208. ISBN: 978-0-470-97418-6.
- ROHRMANN, B. & RENN, O. (2000). *Risk Perception Research*. Cross-Cultural Risk Perception, 11–53. doi:10.1007/978-1-4757-4891-8.
- ROY, B. (1990) *Decision-aid and decision making*. In: BANA E COSTA (Ed.) Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Berlin: Springer, p. 17-35.
- ROY, B. & BOUYSSOU, D. (1993). *Decision-aid: an elementary introduction with emphasis on multiple criteria*. Information Science and Technology, vol. 2, p. 109-123.
- ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. (1996) *The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works*. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v.5, p.22-38.
- RONZANI, P., SAVADORI, L., FOLLONI, G., MITTONE, L. (2018) *Selective insensitivity for losses but not gains in decision making under risk among the poor*. Journal of Behavioral and Experimental Economics. Vol 77. Pag. 96-106.
- SACKMAN, H. (1974), "Delphi Assessment: Expert Opinion, Forecasting and Group Process". RAND, R-1283-PR.
- SALMON, P., REGAN, M., JOHNSTON, I., (2005) Human Error and Road Transport: Literature Review. Monash University Accident Research Centre. Report nº 256. Melbourne. 165p..
- SAATY, T. L. (1980) The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- SAGE, A., & WHITE, E. (1980) Methodologies for risk and hazard assessment: a survey and status report. IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics SMC-10, 425-441.
- SCHMUELI, G. (2010) *To Explain or to Predict?*. Statistical Science. Vol. 25, No. 3, 289 – 310.
- SJOBERG, L (1999) *Risk Perception by the Public and by Experts: A Dilemma in Risk Management*. Human Ecology Review, Vol. 6, nº. 2.
- SJOBERG, L., RUNDMO, T., MOEN, B. (2004) Explaining risk perception: an evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research. Editora Rotunde. 33pg.

- SKINNER, W. (1986). *The productivity paradox*. Management Review, 75, 41-45.
- SLOVIC, P., FISCHHOFF, B., LICHTENSTEIN, S. (1980) *Facts and fears: understanding perceived risk*. In Schwing R C and Albers W A. Jr. (eds): Societal Risk Assessment - How Safe is Safe Enough? Plenum Press, New York.
- SLOVIC, P (1987) *Perception of Risk*. Science. Vol. 236, n°. 4799, Pag. 280-285.
- SLOVIC, P. (1992) Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigm. In S. Krimsky, & D. Golding (Eds.), Social theories of risk, Praeger, pp. 117–152.
- SLOVIC, P. (1996) *Perception of risk from radiation*. Radiation Protection Dosimetry. Vol. 68, n° 3/4, pg. 165-180.
- SLOVIC, P &, PETERS, E. (2006) *Risk perception and affect*. Current Directions in Psychological Science. Vol. 15, n° 6. Pag. 322-325.
- SLOVIC, P. (2010) *The Psychology of risk*. Saúde e Sociedade. Vol. 19, n°. 4, Pag. 731-747.
- STARR, C. (1969) Social benefit versus technological risk. *5aV/ice*, v.165, p. 1232-1238. 1969. American Association for the Advancement of Science. Science, New Series, Vol. 165, n° 3899, pg. 1232-1238.
- STOLZER, A. J., HALFORD, C. D., GOGLIA, J. J. (2012). *Safety Management Systems in Aviation*. 1ª Edição. Inglaterra: Ashgate. 297p.
- STOLT, R (2008) Avaliação de pilotos de Very Light Jets (VLJ) por meio da MCDA-C. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Dissertação de Mestrado Engenharia de Produção. Florianópolis/SC.
- ST-SAUVEUR, C., GIROUARD, S., GOYETTE, V. (2014) *Use of Situational Judgment Tests in Personnel Selection: Are the different methods for scoring the response options equivalent?* International Journal of Selection and Assessment. Vol. 22, n° 3. Pag. 225-239.
- SUDDLE, S. (2003). *A logarithmic approach for individual risk: the safety-index*. In T. Bedford, & P. H. A. J. M. van Gelder (Eds.), Safety & Reliability, pg. 1527-1534. Ed. Zwets & Zeitlinger. Lisse, ISBN 9058095517.
- SOUSA, M. R. & RIBEIRO, A. L. P (2009). Revisão sistemática e meta-análise de estudos de diagnóstico e prognóstico: um tutorial Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Vol. 92, n° 3. São Paulo.
- SOLVOLL, G. & MATHISEN, T. A. (2017). Pricing of airport operations. In John D. Bitzan , James H. Peoples (ed.). The Economics of Airport Operations (Advances in Airline Economics, Volume 6). Emerald Publishing Limited, pp.153 – 180.
- SIRIYASATIEN, P., PHUMEE, A., ONGRUK, P., JAMPACHAISRI, K., KESORN, K. (2016) *Analysis of significant factors for dengue fever incidence prediction*. BMC Bioinformatics. Vol. 17, n° 1. DOI 10.1186/s12859-016-1034-5.

- SUH, B. & HAN, I (2003) *The IS risk analysis based on a business model*. Information and Management. Vol. 41, n° 2. Pag. 149-158.
- TORBAGHAN, M., BURROW, M., HUNT, D., ELCHEIKH, M. (2017) *Risk-Based Framework (RBF) for a UK Pan-European Supergrid*. Energy. Vol. 124. Pag. 124-132.
- TRUCCO, P., AMBROGGI, M., LEVA, M. (2015) *Topological risk mapping of runway overruns: A probabilistic approach*. Reliability Engineering System Safety. Vol. 142. DOI: 10.1016/j.ress.2015.06.006.
- TVERSKY, A, KAHNEMAN, D. (1974) "*Judgment under uncertainty: heuristics and biases*". Science, New Series, 185 (4157), pg. 1124-1131.
- TVERSKY, A, KAHNEMAN, D. (1981) "*The framing of decisions and the psychology of choice*". Science, New Series, 211 (4481), pg. 453-458.
- TVERSKY, A. & KOEHLER, D. (1994). Support Theory: A Nonextensional Representation of Subjective Probability. Psychological Review. 101. 547-567. 10.1037/0033-295X.101.4.547.
- VALDÉS, R., COMENDADOR, F., GORDIÚN, L., NIETO, F. (2011) *The development of probabilistic models to estimate accident risk (due to runway overrun and landing undershoot) applicable to the design and construction of runway safety areas*. Safety Science. Vol. 49, n° 5. Pag. 633-650.
- VIAPPANI, P., ZILLES, S., HAMILTON, H., BOUTILIER, C. (2011) "Learning Complex Concepts Using Crowdsourcing: A Bayesian Approach", International Conference on Algorithmic Decision Theory, p. 277-291, doi: 10.1007/978-3-642-24873-3-21.
- VIDAL, L. A., MARLE, F., BOCQUET, J. (2011). "Measuring project complexity using the analytic hierarchy process." International Journal of Project Management. Vol. 29, n° 6. Pag. 718–727.
- VISCUSI & ALDY (2003) The value of a statistical life: A critical review of market estimates throughout the world. *National Bureau of Economic Research*. Working paper 9487. 127p.
- WAGNER, D., & BARKER, K. (2014) *Statistical methods for modeling the risk of runway excursions*. Journal of Risk Research, Vol. 17, n° 7. Pag. 885-901.
- WEINSTEIN, N. (1980). *Unrealistic optimism about future life events*. Journal of Personality and Social Psychology. Vol. 39, n° 5. Pag. 806-820.
- WATSON, D. (2005) Summary and Analysis of, and CAA Response to, Comments and Submissions on NPRM 04–03 Received during Public Consultation. Civil Aviation Authority of New Zealand, Peton.
- WIEGMANN, D. & SHAPPELL, S. (1997), *Human factors analysis of post-accident data: applying theoretical taxonomies of human error*. The International Journal of Aviation Psychology, pp. 67-81.

- WILDE, G. (1982) *The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health*. Risk Analysis. Vol. 2, n° 4. Pag. 209-225.
- WINTERFELDT, D., EDWARDS, W. (1986) *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WOLFF, K., LARSEN, S., ØGAARD, T (2019) *How to define and measure risk perceptions*. Annals of Tourism Research. Vol 79. n° 102759.
- WONG, D., PITFIELD, D., CAVES, R., APPLEYARD, A. (2009a) *The development of a more risk-sensitive and flexible airport safety area strategy: Part I. The development of an improved accident frequency model*. Safety Science. Vol. 47. Pag. 903–912.
- WONG, D., PITFIELD, D., CAVES, R., APPLEYARD, A. (2009b) *The development of a more risk-sensitive and flexible airport safety area strategy: Part II. Accident location analysis and airport risk assessment case studies*. Safety Science. Vol. 47. Pag. 913–924.
- XIA, N., WANG, X., GRIFFIN, M., WU, C., LIU, B. (2017) *Do we see how they perceive risk? An integrated analysis of risk perception and its effect on workplace safety behavior*. Accident Analysis and Prevention. Vol. 106. Pag. 234-242.
- XUE, M., FU, C., YANG, S. (2020) *Group consensus reaching based on a combination of expert weight and expert reliability*. Applied Mathematics and Computation Vol. 369, n° 124902.
- YILMAZ, A. K. (2019) *Strategic approach to managing human factors risk in aircraft maintenance organization / risk mapping*. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Bingley, v. 91, n. 4, p. 654-668, 2019.
- ZAMCOPÉ, F. C. (2012) *Construção de um modelo para avaliação da sustentabilidade corporativa - Um estudo de caso na indústria têxtil*. Gestão da Produção, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 303-321.

APÊNDICE A

PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PROSPECTIVA (RBP) E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)

Na revisão de literatura deste trabalho foram utilizadas duas abordagens: a Revisão Bibliográfica Prospectiva (RBP), de natureza randômica, e a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), com metodologia de busca estruturada (SOUSA & RIBEIRO, 2009; LOPES & FRACOLLI, 2008).

A fase prospectiva levantou os trabalhos inter-relacionados com as temáticas da linha de pesquisa sem restrições temporais ou em campos específicos das ciências. Foram utilizados nesta fase 177 trabalhos, que forneceram *benchmark* científico para uso na pesquisa, assim como as bases para a execução do procedimento sistemático de revisão da literatura.

Na RBS utilizou-se o procedimento proposto por Kitchenham & Charters (2007), consistindo em três fases: planejamento, execução e documentação da revisão. Foram adotados como objetivos na abordagem sistemática (1) o de identificar se restaram quaisquer lacunas na pesquisa prospectiva, a fim de sugerir áreas para investigação mais aprofundada (revisão conceitual) e (2) efetuar uma varredura nos periódicos a fim de detectar se há trabalhos publicados tendo os mesmos objetivos e abordagens desta pesquisa (varredura de semelhança).

Os trabalhos selecionados foram analisados e suas informações organizadas e sistematizadas, de modo a permitir a proposição das bases teóricas e do modelo de risco proposto nessa pesquisa.

A Figura A.1 traz a sistemática resumida da RBS, adaptada em seis passos para os fins desta pesquisa.

Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS)		
Fase	Procedimento	Uso na pesquisa
Planejamento	1. Identificação do(s) problemas de pesquisa	Identificado no item 1.2 desta pesquisa
	2.1 Definição dos termos de busca	"Risk Assessment" + "Integrated Risk" + "MCDA" / "Airport AND Risk" + "Airport AND Safety"
	2.2 Definição do protocolo de busca	Protocolo definido na ferramenta de busca da base <i>Scopus</i>
Planejamento	2.3 Definição dos critérios de seleção de estudos	<p>Revisão conceitual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabalhos com acesso disponível • Artigos científicos • Trabalhos não repetidos • Trabalhos em inglês ou português • Trabalhos em estágio final • Trabalhos em periódicos • Ciências: Sociais + Engenharias + Decisões <p>• Termos de pesquisa: "Risk Assessment" + "Integrated Risk" + "MCDA"</p> <p>Varredura de semelhança</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artigos científicos • Trabalhos não repetidos • Trabalhos em inglês ou português • Trabalhos em estágio final • Trabalhos em periódicos • Termos de pesquisa: "Airport AND Risk" + "Airport AND Safety"
	3. Seleção preliminar de estudos	
	4. Aplicação dos critérios de seleção dos estudos	
Execução	5. Extração e compilação de dados dos estudos	Bibliometria
	6. redação do relatório da RBS	Apêndice A

Figura A.1: Revisão Bibliográfica Sistemática da Tese

A.1 Planejamento da RBS

Na fase de planejamento foram identificados os problemas de pesquisa e desenvolvido o protocolo de revisão. A temática da revisão conceitual vinculada aos problemas de pesquisa foi (1) a natureza conceitual do risco e suas aplicações, (2) o gerenciamento integrado de riscos e (3) a tomada de decisões em ambiente de incerteza e risco. Com isso foi possível definir os termos de busca: “*Risk Assessment*”, *Integrated Risk* e *MCDA*”.

Já a varredura de semelhança procurou identificar trabalhos que trouxessem metodologias semelhantes à proposta nesta Tese. Por este motivo não foram aplicados filtros muito restritivos sob pena de excluir trabalhos em excesso. Os termos utilizados foram *Airport AND Risk* + *Airport AND Safety*”.

A plataforma selecionada para a execução da pesquisa foi o Portal de Periódicos CAPES, que possibilitou o acesso à base de dados online disponível – *Scopus/Science Direct* - que indexa conteúdo de mais de 3.500 jornais acadêmicos com aproximadamente 12 milhões de trabalhos publicados.

Para a revisão conceitual foram selecionados os três trabalhos mais relevantes em citações para cada termo de pesquisa e para a varredura de semelhança foram analisados todos os trabalhos que tivessem relação direta com a temática da pesquisa.

A.2 Execução da RBS

Uma vez que os termos de pesquisa utilizados na revisão conceitual se referem a temáticas que abrangem não somente transportes, mas as mais diversas áreas das ciências, foi capturada inicialmente uma grande quantidade de trabalhos.

Esta diversidade de trabalhos, embora boa para a aquisição de conhecimento amplo sobre a problemática trabalhada, inviabiliza a seleção daqueles que possam contribuir com o objetivo da pesquisa, ainda que essa filtragem seja baseada nas avaliações de seus títulos.

A solução para este problema foi a adoção de uma estratégia adicional de filtragem e ordenamento, que considerou somente trabalhos de maior quantidade de citações. Este ordenamento possibilitou a escolha dos trabalhos mais relevantes sobre cada tema, independentemente do volume final obtido após a aplicação dos protocolos de busca.

Já o protocolo aplicado para a varredura de semelhança e a utilização de termos combinados e específicos aos assuntos da pesquisa, possibilitaram a obtenção de trabalhos bem direcionados, que foram revisados metodologicamente.

A.3 Documentação da RBS

Os trabalhos finais utilizados na RBS para esta pesquisa encontram-se na Tabela A.1 (revisão conceitual) e Tabela A.2 (varredura de semelhança). A primeira tabela traz os trabalhos obtidos, organizados cronologicamente, demonstrando os termos que os originaram e o volume de citações de cada. Já a segunda, traz uma análise metodológica dos trabalhos avaliados para verificar se há semelhança entre estas publicações e a proposta dessa tese.

Nenhum dos 16 trabalhos resultantes da varredura de semelhança apresentou as características metodológicas propostas nesta pesquisa, o que evidencia seu ineditismo e contribuição científica para o gerenciamento de riscos em aeroportos nos SSP's.

Finalmente, foi criado um índice bibliográfico teórico, organizado por assunto abordado na tese e os autores utilizados nas buscas para seu desenvolvimento (Tabela A.3).

Tabela A.1: Revisão conceitual na RBS

Termo	Citações	Ano	Autor(es)	Título	Fonte
MCDA	8	2019	Rezaei, J., van Wulfften Palthe, L., Tavasszy, L., Wiegmans, B., van der Laan, F.	Port performance measurement in the context of port choice: an MCDA approach	Management Decision. 57(2), pp. 396-417
Integrated risk	35	2017	Li, Y.P., Nie, S., Huang, C.Z., (...), Fan, Y.R., Huang, G.H.	An integrated risk analysis method for planning water resource systems to support sustainable development of an arid region	Journal of Environmental Informatics. 29(1)
Integrated risk	11	2017	Fayaz, M., Ullah, I., Park, D.-H., Kim, K., Kim, D.	An integrated risk index model based on hierarchical fuzzy logic for underground risk assessment	Applied Sciences (Switzerland). 7(10),1037
Integrated risk	16	2016	Hooper, M.J., Glomb, S.J., Harper, D.D., (...), Mcintosh, L.M., Mulligan, D.R.	Integrated risk and recovery monitoring of ecosystem restorations on contaminated sites	Integrated Environmental Assessment and Management. 12(2), pp. 284-295
Risk Assessment	87	2015	Alfieri, L., Feyen, L., Dottori, F., Bianchi, A.	Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios	Global Environmental Change. 35, pp. 199-212
MCDA	189	2014	Nutt, D.J., Phillips, L.D., Balfour, D., (...), Ramsey, J., Sweanor, D.	Estimating the harms of nicotine-containing products using the MCDA approach	European Addiction Research. 20(5), pp. 218-225
Risk Assessment	116	2014	Montewka, J., Ehlers, S., Goerlandt, F., (...), Tabri, K., Kujala, P.	A framework for risk assessment for maritime transportation systems - A case study for open sea collisions involving RoPax vessels	Reliability Engineering and System Safety. 124, pp. 142-157
MCDA	50	2011	Ram, C., Montibeller, G., Morton, A.	Extending the use of scenario planning and MCDA for the evaluation of strategic options	Journal of the Operational Research Society. 62(5), pp. 817-829
Risk Assessment	260	2010	Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Tamošaitiene, J.	Risk assessment of construction projects	Journal of Civil Engineering and Management 16(1), pp. 33-46

Tabela A.2: Varredura de semelhança na RBS

Ano	Autor(es)	Título	Fonte	Abordagem	Abordagem integrada de riscos	Isola o risco representado pela infraestrutura?	Propõe NADSO (ALoSP)?	Descrição da abordagem proposta
2020	Sun, B., Wei, M., Wu, W., Jing, B.	A novel group decision making method for airport operational risk management	Mathematical Biosciences and Engineering. 17(3), pp. 2402-2417	Preditiva	Sim	Não	Não	Propõe um modelo de tomada de decisão em grupo usando lógica fuzzy para avaliar o risco operacional dos aeroportos a partir de quatro aspectos: fatores humanos, equipamentos, gestão e meio ambiente.
2019	Iervolino, I., Accardo, D., Tirri, A.E., Pio, G., Salzano, E.	Quantitative risk analysis for the Amerigo Vespucci (Florence, Italy) airport including domino effects	Safety Science. 113, pp. 472-489	Mista	Sim	Não	Não	Propõe uma análise quantitativa de risco para instalações aeroportuárias e áreas circunvizinhas. A metodologia calcula número esperado anual de acidentes que resultam em fatalidade para cada ponto na área ao redor do aeroporto e considera causas que não representam o risco da infraestrutura
2018	Jahangoshai Yousefi, S., Rezaee, M., M.,	An intelligent decision making approach for identifying and analyzing airport risks	Journal of Air Transport Management. 68, pp. 14-27	Preditiva	Sim	Não	Não	Propõe um mapa cognitivo de riscos no ambiente aeroportuário segundo experts consultados.
2018	Potente, C., Ragnoli, A., Tamasl, G., Vergari, R., Mascio, P.D.	Quantitative Risk Assessment of Temporary Hazards and Maintenance Worksites in the Airport Safety Areas: A case study	Transportation Research Procedia. 35, pp. 166-175	Mista	Sim	Não	Não	O trabalho analisa os impactos no risco de um aeroporto de perigos temporários representados por obras em áreas operacionais. Utiliza a ferramenta RSARA e LSARA (Ayres, 2013/ACRP) para os cálculos dos riscos considerados
2018	Ketabdari, M., Crispino, M., Giustozzi, F.	Sensitivity analysis of influencing factors in probabilistic risk assessment for airports	Safety Science. 107, pp. 173-187	Reativa	Sim	Não	Não	Utiliza a ferramenta RSARA e LSARA (Ayres, 2013/ACRP) para os calcular os riscos de eventos em aeroportos relacionados à operação de aeronaves em pistas e realiza uma análise de sensibilidade da sua importância relativa para melhor planejamento futuro
2016	Li, S., Fan, L.	Grey Relative Evaluation of Airport Apron Safety Risk based on THEIL Index	International Journal of Security and its Applications. 10(7), pp. 1-10	Preditiva	Sim	Não	Não	Propõe um modelo de tomada de decisão em grupo usando lógica fuzzy para avaliar o risco operacional dos aeroportos a partir de quatro aspectos: fatores humanos, equipamentos, gestão e meio ambiente.
2016	MacLean, L., Richman, A., MacLean, S.	Benchmarking airports with specific safety performance measures	Transportation Research Part A: Policy and Practice. 92, pp. 349-364	Mista	Sim	Não	Não	Propoe um modelo preditivo baseado na análise de eventos de tráfego aéreo ocorridos nos aeroportos
2016	Menezes Gonçalves, T.J., Correia, A.R.	A multicriteria model to evaluate airport ramp safety: A study at São Paulo international airport	Ingeniare. 24(3), pp. 454-464	Reativa	Sim	Não	Não	Avalia de maneira reativa os eventos ocorridos em aeroportos e propõe um modelo baseado em significância de suas probabilidades para a performance do aeroporto
2015	Chang, Y.-H., Shao, P.-C., Chen, H.J.	Performance evaluation of airport safety management systems in Taiwan	Safety Science. 75, pp. 72-86	Preditiva	Não	Não	Não	Propoe uma avaliação de performance de segurança dos aeroportos usando AHP com base na predição de experts da significância dos 4 pilares do SMS
2014	Wilke, S., Ochieng, W.Y., Majumdar, A.	Airport surface operations: A holistic framework for operations modeling and risk management	Safety Science. 63, pp. 18-33	Preditiva	Sim	Não	Não	Riscos de maneira holística nas operações de superfície em aeroportos, atribuindo um papel no risco para cada stakeholder. Propoe também uma árvore de decisão para operações aeroportuárias
2014	Pacheco, R.R., Domingos, E.M., Fernandes, E.	Airport airside safety index	Journal of Air Transport Management. 34, pp. 86-92	Preditiva	Sim	Não	Não	Analisa sob a perspectiva da percepção de pilotos a influência de fatores ambientais para a ocorrência de eventos relacionados ao pouso e à decolagem de aeronaves
2013	Feng, C.-M., Chung, C.-C.	Assessing the risks of airport airside through the fuzzy logic-based failure modes, effect, and criticality analysis	Mathematical Problems in Engineering. 2013, nº 239523	Mista	Sim	Não	Não	Analisa dados de acidentes em aeroportos com a ferramenta FMECA para identificar a severidade, probabilidade e detectabilidade dos riscos. Posteriormente propoe um modelo preditivo considerando varios elementos na operação das aeronaves
2012	Lu, X., Huang, S.	Airport safety risk evaluation based on modification of quantitative safety management model	Procedia Engineering. 43, pp. 238-244	Preditiva	Sim	Não	Não	Propoe um conjunto de elementos para medir de maneira preditiva os riscos com base na consulta de experts
2009	Wong, D.K.Y., Caves, R.E., Pitfield, D.E., Appleyard, A.J.	The development of a more risk-sensitive and flexible airport safety area strategy: Part I. The development of an improved accident frequency model	Safety Science. 47(7), pp. 903-912	Reativa	Sim	Não	Não	Avalia de maneira reativa os eventos ocorridos nos aeroportos e propõe uma análise de sensibilidade em relação à sua severidade para maior entendimento do tema
2009	Wong, D.K.Y., Caves, R.E., Pitfield, D.E., Appleyard, A.J.	The development of a more risk-sensitive and flexible airport safety area strategy: Part II. Accident location analysis and airport risk assessment case studies	Safety Science. 47(7), pp. 913-924	Reativa	Sim	Não	Não	Avalia de maneira reativa os eventos ocorridos nos aeroportos e propõe uma análise de sensibilidade em relação à sua severidade para maior entendimento do tema
1996	Ashford, Norman J., Ngoe N., Brooke, Andrew S.	Airport ramp risk analysis and management system	Transportation Research Record. (1562), pp. 8-18	Reativa	Sim	Não	Não	Avalia de maneira reativa os eventos ocorridos nos patios de aeronaves em aeroportos e propõe um modelo baseado em custos

Tabela A.3: Índice bibliográfico teórico

Modelo geral de riscos	ACRP (2015); Canale <i>et al.</i> (2005); Čokorilo <i>et al.</i> (2010); Das & Dey (2016); FAA (2014); Fischhoff <i>et al.</i> (1984); INCOSE (2010); Lopez-Lago, <i>et al.</i> (2017); Makowski (2005); Morgan <i>et al.</i> (2000); Nardocci (1999); NASA (2007); OACI (2018); Reason (1990; 1997); Renn (1998); Stolzer <i>et al.</i> (2012); Yilmaz (2019); Slovic (1987).
Modelo preditivo de riscos (falhas latentes)	ACRP (2015); Ashford <i>et al.</i> (2012); Ayres <i>et al.</i> (2013); Canale <i>et al.</i> (2005); Das & Dey (2016); Di Mascio & Loprencipe (2016); Esmaeili <i>et al.</i> (2015); FAA (2000); Kirkland <i>et al.</i> (2004); Kyseľová (2012); Moretti <i>et al.</i> (2018); OACI (2018); Salmon <i>et al.</i> (2005); Stolzer <i>et al.</i> (2012).
Abordagem integrada de gerenciamento de riscos	Curtis & Carry (2012); Fiedler (1996); Fischhoff (1994); Florig <i>et al.</i> (2001); Johnson (2004); Kontogiannis <i>et al.</i> (2017); Morgan <i>et al.</i> (2000; 2001); NAS (2017); NASA (2014); Rocca (2002); Sjoberg <i>et al.</i> (2004); Slovic & Peters (2006); Slovic (1987); Watson (2005); Wong <i>et al.</i> (2009 _a); Yilmaz (2019); OACI (2006; 2011; 2016; 2018).
Percepção de riscos (Fundamentos)	Altenbach (1995); Berman <i>et al.</i> (2006); Bernstein (1997); Diedenhofen & Musch (2019); Fischhoff <i>et al.</i> (1984); Gardner & Gould (1989); Janic (2000); Kazda & Caves (2010); Kontio (2001); Lowrance (1980) Moreno-Marcos <i>et al.</i> (2020); NAS (2017); Neufville & Odoni (2003); NRC (1994); Sage & White (1980); Slovic & Peters (2006); Suh & Han (2003); Xue <i>et al.</i> (2020); Yilmaz (2019).
Percepção de riscos (Paradigma psicométrico)	Bernstein (1997); Brown (1968); Fischhoff <i>et al.</i> (1978); Sjoberg <i>et al.</i> (2004); Slovic (1987; 1992); Slovic & Peters (2006); Suh & Han (2003); Nardocci (1999); Wolff <i>et al.</i> (2019).
Percepção de riscos (Heurísticas/Vieses/Experts)	ACRP (2015); Cohen (1998); Fischhoff <i>et al.</i> (1978); Gaissmaier & Gigerenzer (2012); Gardner & Gould (1989); Gowda (1999); Hoegberg (1998); Knetsch (1995); Langer (1975); Lopes (1983); Mazur (1985); Mckenna (1993); Morgan <i>et al.</i> (2001); NRC (1994); Okrent & Pidgeon (1998); Price (2001); Renn (1998); Robinson & Botzen (2019); Robson <i>et al.</i> (2020); Rocca (2002); Rohrman & Renn (2000); Ronzani <i>et al.</i> (2018); Sackman (1974); Sjoberg (1999); Slovic & Peters (2006); Slovic <i>et al.</i> (1980); Slovic (1987; 1996; 2010); Starr (1969); Torbaghan <i>et al.</i> (2017); Tversky & Kahneman (1974; 1981); Weinstein (1980); Wilde (1982); Wolff <i>et al.</i> (2019); Xia <i>et al.</i> (2017); Yimaz (2019).
Percepção de riscos (Ferramenta MCDA-C)	Bana e Costa (1992); Bana e Costa <i>et al.</i> (1999); Ceolin (2005); Ensslin <i>et al.</i> (2009; 2013); Florig <i>et al.</i> (2001); Hallowell & Gambatese (2009); Júnior <i>et al.</i> (2015); Keeney (1992); Kusterko <i>et al.</i> (2018); Landry (1995); Longaray <i>et al.</i> (2019); Lyrio <i>et al.</i> (2007; 2015); Machado <i>et al.</i> (2015); Matos <i>et al.</i> (2018); Miranda <i>et al.</i> (2016); Roy & Vanderpooten (1996); Roy (1990); Roy & Bouyssou; 1993); Skinner (1986); Stolt (2008); Zamcopé (2012); Xue <i>et al.</i> (2020).

APÊNDICE B

RANQUEAMENTO S_{REQ} DAS SEÇÕES DE REGULAMENTO SEGUNDO OS *EXPERTS*

Qtd.	Seção de regulamento	Valor	S_{req} %	Σ
1	RBAC 154 - Subparte C -154.201	697922	1,474%	1,474%
2	RBAC 153 - Subparte E -153.205	591450	1,249%	2,724%
3	RBAC 154 - Subparte D -154.305	586059	1,238%	3,962%
4	RBAC 154 - Subparte E -154.401	561856	1,187%	5,149%
5	RBAC 153 - Subparte D -153.131	553982	1,170%	6,319%
6	RBAC 153 - Subparte D -153.115	548386	1,159%	7,478%
7	RBAC 153 - Subparte C -153.55	537961	1,136%	8,614%
8	RBAC 154 - Subparte D -154.303	531682	1,123%	9,738%
9	RBAC 154 - Subparte C -154.207	527993	1,115%	10,853%
10	RBAC 153 - Subparte D -153.105	513692	1,085%	11,938%
11	RBAC 154 - Subparte C -154.223	512214	1,082%	13,020%
12	RBAC 153 - Subparte D -153.133	508097	1,073%	14,094%
13	RBAC 153 - Subparte E -153.217	507266	1,072%	15,165%
14	RBAC 153 - Subparte E -153.219	507266	1,072%	16,237%
15	RBAC 153 - Subparte E -153.227	507266	1,072%	17,309%
16	RBAC 153 - Subparte C -153.57	505828	1,069%	18,377%
17	RBAC 153 - Subparte G -153.407	504192	1,065%	19,443%
18	RBAC 154 - Subparte C -154.209	502504	1,062%	20,504%
19	RBAC 154 - Subparte F -154.501	502128	1,061%	21,565%
20	RBAC 154 - Subparte C -154.203	496435	1,049%	22,614%
21	RBAC 153 - Subparte D -153.125	492428	1,040%	23,654%
22	RBAC 153 - Subparte E -153.225	491076	1,037%	24,691%
23	RBAC 153 - Subparte G -153.417	488218	1,031%	25,723%
24	RBAC 153 - Subparte G -153.421	483226	1,021%	26,744%
25	RBAC 154 - Subparte F -154.505	481422	1,017%	27,761%
26	RBAC 153 - Subparte D -153.107	481237	1,017%	28,777%
27	RBAC 153 - Subparte G -153.419	479232	1,012%	29,790%
28	RBAC 153 - Subparte G -153.427	478234	1,010%	30,800%
29	RBAC 154 - Subparte E -154.405	476726	1,007%	31,807%
30	RBAC 154 - Subparte F -154.503	476245	1,006%	32,813%
31	RBAC 153 - Subparte E -153.203	474887	1,003%	33,817%
32	RBAC 153 - Subparte G -153.405	474240	1,002%	34,819%
33	RBAC 153 - Subparte G -153.409	474240	1,002%	35,820%
34	RBAC 154 - Subparte C -154.217	473373	1,000%	36,820%
35	RBAC 153 - Subparte F -153.325	470959	0,995%	37,815%
36	RBAC 153 - Subparte E -153.207	469491	0,992%	38,807%
37	RBAC 164 - Subparte D -164.37	465843	0,984%	39,791%
38	RBAC 153 - Subparte D -153.113	464450	0,981%	40,773%
39	RBAC 153 - Subparte E -153.201	464094	0,980%	41,753%

40	RBAC 154 - Subparte D -154.307	462805	0,978%	42,731%
41	RBAC 154 - Subparte D -154.301	459180	0,970%	43,701%
42	RBAC 153 - Subparte F -153.303	457905	0,967%	44,668%
43	RBAC 153 - Subparte G -153.403	454272	0,960%	45,628%
44	RBAC 153 - Subparte E -153.221	453301	0,958%	46,586%
45	RBAC 154 - Subparte E -154.403	452890	0,957%	47,542%
46	RBAC 153 - Subparte G -153.413	449280	0,949%	48,491%
47	RBAC 164 - Subparte D -164.31	446790	0,944%	49,435%
48	RBAC 153 - Subparte D -153.109	446543	0,943%	50,379%
49	RBAC 153 - Subparte F -153.315	445855	0,942%	51,321%
50	RBAC 153 - Subparte F -153.323	445855	0,942%	52,263%
51	RBAC 154 - Subparte C -154.225	440601	0,931%	53,193%
52	RBAC 164 - Subparte D -164.33	437264	0,924%	54,117%
53	RBAC 154 - Subparte E -154.407	436999	0,923%	55,040%
54	RBAC 153 - Subparte D -153.111	436471	0,922%	55,962%
55	RBAC 153 - Subparte F -153.329	435813	0,921%	56,883%
56	RBAC 153 - Subparte G -153.411	434304	0,918%	57,801%
57	RBAC 153 - Subparte G -153.425	428314	0,905%	58,705%
58	RBAC 153 - Subparte F -153.311	420750	0,889%	59,594%
59	RBAC 153 - Subparte D -153.123	419683	0,887%	60,481%
60	RBAC 153 - Subparte D -153.103	414088	0,875%	61,356%
61	RBAC 153 - Subparte E -153.213	410130	0,866%	62,222%
62	RBAC 153 - Subparte E -153.223	410130	0,866%	63,089%
63	RBAC 153 - Subparte G -153.423	409344	0,865%	63,953%
64	RBAC 153 - Subparte C -153.59	408394	0,863%	64,816%
65	RBAC 153 - Subparte G -153.429	408346	0,863%	65,679%
66	RBAC 153 - Subparte D -153.117	401777	0,849%	66,528%
67	RBAC 153 - Subparte F -153.331	400667	0,846%	67,374%
68	RBAC 153 - Subparte D -153.101	397300	0,839%	68,213%
69	RBAC 154 - Subparte C -154.213	393264	0,831%	69,044%
70	RBAC 153 - Subparte D -153.119	388347	0,820%	69,865%
71	RBAC 153 - Subparte C -153.53	383517	0,810%	70,675%
72	RBAC 153 - Subparte E -153.215	383148	0,809%	71,484%
73	RBAC 153 - Subparte G -153.415	379392	0,802%	72,286%
74	RBAC 153 - Subparte D -153.121	377155	0,797%	73,083%
75	RBAC 164 - Subparte D -164.35	369626	0,781%	73,864%
76	RBAC 154 - Subparte D -154.309	367344	0,776%	74,640%
77	RBAC 153 - Subparte E -153.211	361562	0,764%	75,403%
78	RBAC 153 - Subparte E -153.229	361562	0,764%	76,167%
79	RBAC 153 - Subparte F -153.309	359496	0,759%	76,927%
80	RBAC 153 - Subparte G -153.431	359424	0,759%	77,686%
81	RBAC 154 - Subparte C -154.219	359278	0,759%	78,445%
82	RBAC 153 - Subparte C -153.51	357604	0,755%	79,201%
83	RBAC 153 - Subparte D -153.129	352534	0,745%	79,945%
84	RBAC 153 - Subparte C -153.61	352421	0,745%	80,690%

85	RBAC 154 - Subparte C -154.211	344713	0,728%	81,418%
86	RBAC 153 - Subparte E -153.209	339976	0,718%	82,136%
87	RBAC 154 - Subparte C -154.215	339858	0,718%	82,854%
88	RBAC 154 - Subparte C -154.221	337430	0,713%	83,567%
89	RBAC 164 - Subparte B -164.13	335611	0,709%	84,276%
90	RBAC 154 - Subparte C -154.205	332575	0,703%	84,979%
91	RBAC 153 - Subparte D -153.127	317840	0,671%	85,650%
92	RBAC 153 - Subparte F -153.313	316316	0,668%	86,318%
93	RBAC 164 - Subparte C -164.25	311655	0,658%	86,977%
94	RBAC 153 - Subparte G -153.433	303514	0,641%	87,618%
95	RBAC 153 - Subparte F -153.321	301253	0,636%	88,254%
96	RBAC 153 - Subparte F -153.317	300249	0,634%	88,889%
97	RBAC 164 - Subparte C -164.27	296265	0,626%	89,515%
98	RBAC 164 - Subparte C -164.21	287800	0,608%	90,123%
99	RBAC 164 - Subparte B -164.11	275063	0,581%	90,704%
100	RBAC 164 - Subparte E -164.41	258792	0,547%	91,251%
101	RBAC 139 - Subparte B -139.109	241263	0,510%	91,760%
102	RBAC 153 - Subparte F -153.319	235982	0,499%	92,259%
103	RBAC 139 - Subparte B -139.101	235379	0,497%	92,756%
104	RBAC 164 - Subparte C -164.23	233934	0,494%	93,250%
105	RBAC 139 - Subparte B -139.111	226552	0,479%	93,729%
106	RBAC 139 - Subparte B -139.105	214783	0,454%	94,183%
107	RBAC 139 - Subparte D -139.311	199766	0,422%	94,605%
108	RBAC 139 - Subparte E -139.401	193775	0,409%	95,014%
109	RBAC 139 - Subparte C -139.209	186645	0,394%	95,408%
110	RBAC 139 - Subparte C -139.211	181690	0,384%	95,792%
111	RBAC 139 - Subparte C -139.213	172881	0,365%	96,157%
112	RBAC 139 - Subparte F -139.501	172753	0,365%	96,522%
113	RBAC 139 - Subparte F -139.503	170434	0,360%	96,882%
114	RBAC 139 - Subparte B -139.113	158881	0,336%	97,218%
115	RBAC 139 - Subparte C -139.207	156914	0,331%	97,550%
116	RBAC 139 - Subparte B -139.117	155938	0,329%	97,879%
117	RBAC 139 - Subparte D -139.307	146730	0,310%	98,189%
118	RBAC 139 - Subparte B -139.115	138285	0,292%	98,481%
119	RBAC 139 - Subparte C -139.201	131588	0,278%	98,759%
120	RBAC 139 - Subparte D -139.305	129641	0,274%	99,033%
121	RBAC 139 - Subparte B -139.107	129458	0,273%	99,306%
122	RBAC 139 - Subparte D -139.301	123159	0,260%	99,567%
123	RBAC 139 - Subparte D -139.303	105481	0,223%	99,789%
124	RBAC 139 - Subparte C -139.205	99654	0,211%	100%
Média		381734	0,806%	

APÊNDICE C
VALORES DE INFLUÊNCIA DOS VIESES HEURÍSTICOS SEGUNDO OS *EXPERTS*

	<i>Representativeness</i>	<i>Idyllic retrospective</i>	<i>Availability</i>	<i>Zero-risk</i>	<i>Optimism</i>	<i>Impact (future)</i>	<i>Probability neglect</i>	<i>Hindsight</i>	<i>Loss aversion</i>	<i>Unpacking</i>	<i>Anchoring</i>	<i>Framing</i>
<i>Expert 1</i>	3	8	7	8	6	5	8	5	8	7	8	10
<i>Expert 2</i>	3	4	2	5	7	6	8	9	8	7	8	8
<i>Expert 3</i>	3	3	3	6	4	4	9	7	8	8	7	9
<i>Expert 4</i>	3	2	1	9	9	8	9	8	7	9	9	8
<i>Expert 5</i>	2	1	2	5	3	5	2	2	7	7	6	7
<i>Expert 6</i>	8	1	3	0	0	5	0	9	10	7	8	9
<i>Expert 7</i>	4	3	0	4	7	5	7	3	5	7	7	6
<i>Expert 8</i>	3	7	7	4	2	4	4	3	10	2	7	9
<i>Expert 9</i>	2	3	4	9	7	3	3	6	9	9	8	9
<i>Expert 10</i>	3	3	8	3	3	3	3	3	5	8	3	8
<i>Expert 11</i>	1	1	1	1	1	2	2	9	10	1	10	9
<i>Expert 12</i>	7	6	7	4	5	8	6	7	4	8	5	6
<i>Expert 13</i>	7	4	8	7	10	6	10	10	9	9	9	10
<i>Expert 14</i>	4	3	0	4	7	5	7	3	5	7	7	6
<i>Expert 15</i>	6	7	9	9	9	7	8	9	9	7	9	10
<i>Expert 16</i>	3	1	7	1	5	2	2	3	2	6	9	2
<i>Expert 17</i>	8	3	7	1	2	3	3	4	5	8	5	3
<i>Expert 18</i>	1	3	1	2	0	5	0	1	2	8	5	8
<i>Expert 19</i>	6	9	8	9	9	9	10	9	8	8	9	10
<i>Expert 20</i>	7	9	8	6	9	9	9	8	8	9	7	7
<i>Expert 21</i>	2	5	1	0	7	7	0	8	2	2	8	8
<i>Expert 22</i>	1	2	5	1	3	2	1	4	2	4	2	5
<i>Expert 23</i>	2	1	2	2	2	2	4	3	2	3	3	1
<i>Expert 24</i>	2	4	0	4	0	3	1	4	3	3	2	5
<i>Expert 25</i>	0	0	8	0	0	0	3	5	8	7	7	9
<i>Expert 26</i>	7	2	5	8	6	7	8	6	9	8	7	8
<i>Expert 27</i>	1	7	2	6	3	7	7	7	7	8	8	9
<i>Expert 28</i>	1	7	2	6	3	7	7	7	7	8	8	9
<i>Expert 29</i>	7	2	3	7	3	8	8	7	3	6	9	4
<i>Expert 30</i>	0	2	0	0	4	0	0	0	3	3	0	2

APÊNDICE D
ORGANIZAÇÃO DOS VALORES DE S_{REQ} NA FERRAMENTA MCDA-C

Seção de Regulamento	S _{req} (L3)	Elemento de avaliação	S _{req} (L4)	Proporção	Descritor	Valor
RBAC 154 - Subparte C - 154.201	697921,69	RBAC 154 - Subparte C - 154.201(d) RWY largura	85,00	0,21	Conforme - Maior aeronave em operação ≤ parâmetro	1,00
					Não conforme - Maior aeronave em operação > parâmetro	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.201(e) RWY paralelas - distância mínima	73,17	0,18	Conforme - Distâncias ≥ parâmetro	1,00
					Não conforme - Distâncias < parâmetro	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.201(f) RWY declividades	70,83	0,18	Conforme - Declividades < parâmetro	1,00
					Não conforme - Declividades ≥ parâmetro	-1,00
RBAC 154 - Subparte C - 154.201(g) RWY Resistência	85,83	0,21	Conforme - Maior PCN	1,00		
			Não conforme - Menor PCN	-1,00		
RBAC 154 - Subparte C - 154.201(h) RWY superfície (Valor médio de 153.205(d) e 153.205(e))	84,67	0,21	Conforme - Maior valor	1,00		
			Não conforme - Menor valor	-1,00		
RBAC 153 - Subparte E - 153.205	591450,31	RBAC 153 - Subparte E - 153.205(c) RWY Estrutura e funcionalidade do pavimento (Índice de Serventia = PCI)	85,83	0,15	Conforme (++) - [85 - 100]	1,00
					Conforme (+) - [70 - 84]	0,50
					Conforme - [55 - 69]	0,00
					Não conforme - [40 - 54]	-0,25
					Não conforme (-) - [25 - 39]	-0,50
					Não conforme (--) - [10 - 24]	-0,75
		RBAC 153 - Subparte E - 153.205(d) Defeitos no pavimento (Índice de Serventia = PCI)	83,33	0,15	Conforme (++) - [85 - 100]	1,00
					Conforme (+) - [70 - 84]	0,50
					Conforme - [55 - 69]	0,00
					Não conforme - [40 - 54]	-0,25
					Não conforme (-) - [25 - 39]	-0,50
					Não conforme (--) - [10 - 24]	-0,75

					Não conforme (---) - [0 - 09]	-1,00	
RBAC 154 - Subparte D - 154.305	586058,93	RBAC 153 - Subparte E - 153.205(e)	RWY Desníveis / Depressões / Deformações	82,17	0,15	Conforme - Lâmina d'água \leq 3mm	1,00
						Não conforme - Lâmina d'água $>$ 3mm	-1,00
		RBAC 153 - Subparte E - 153.205(f)	Irregularidade longitudinal (IRI)	63,17	0,11	Conforme (+)	1,00
						Conforme	0,00
						Não conforme	-1,00
		RBAC 153 - Subparte E - 153.205(g)	Coefficiente de Atrito (μ)	85,83	0,15	Conforme (+) - $\mu >$ Nível de manutenção	1,00
						Conforme - Nível de manutenção $\geq \mu \geq$ Nível mínimo	0,00
						Não conforme - $\mu <$ Nível mínimo	-1,00
		RBAC 153 - Subparte E - 153.205(h)	Macrotextura	79,17	0,14	Conforme (++) $P > 1,2$ (Muito aberta)	1,00
						Conforme (+) $0,8 < P \leq 1,2$ (Aberta)	0,50
						Conforme $0,4 < P \leq 0,8$ (Média)	0,00
						Não conforme $0,2 < P \leq 0,4$ (Fechada)	-0,50
						Não conforme (-) $P \leq 0,2$ (Muito fechada)	-1,00
		RBAC 153 - Subparte E - 153.205(i)	Acúmulo de borracha (= 153.205(g))	79,00	0,14	Conforme (+) - $\mu >$ Nível de manutenção	1,00
						Conforme - Nível de manutenção $\geq \mu \geq$ Nível mínimo	0,00
						Não conforme - $\mu <$ Nível mínimo	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(b)	Iluminação de emergência	67,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(c)	Farol aeronáutico (BCN - Farol Aeronáutico de Superfície (Beacon))	59,17	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00		
				Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(d)	Farol do aeródromo (ABN - Farol de Aeródromo (Aerodrome Beacon))	61,67	0,03	Conforme - Disponível	1,00		
				N/A	0,00		
				Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(e)	(e) Farol de identificação	56,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00		
				N/A	0,00		

				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(f)	ALS	87,50	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(g)	Sistema simples de luzes de aproximação	70,83	0,03	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(h)	ALS Cat I	79,83	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(i)	ALS Cat II & III	93,33	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(j)	Sistemas visuais indicadores de rampa de aproximação	81,67	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(k)	T-VASIS & AT-VASIS	80,83	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(l)	PAPI & APAPI	80,83	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(m)	Luzes de orientação de circulação	55,83	0,02	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(o)	Luzes de identificação de cabeceira de pista	59,17	0,03	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
				Conforme - Disponível	1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(p)	Luzes de borda de pista de pouso e decolagem (sinalização luminosa)	79,17	0,04	N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00

RBAC 154 - Subparte D - 154.305(q)	Luzes de cabeceira de pista e de barra lateral de cabeceira	78,33	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(r)	Luzes de fim de pista	75,00	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(s)	Luzes de eixo de pista de pouso e decolagem (sinalização luminosa)	77,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(t)	Luzes de zona de toque (Sinalização luminosa)	77,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(t)-	Luzes de zona de toque simples	67,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(u)	Luzes indicadoras de pista de táxi de saída rápida (RETILs)	65,00	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(v)	Luzes de zona de parada (sinalização luminosa do <i>stopway</i>)	56,67	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(w)	Luzes de eixo de pista de táxi (sinalização luminosa)	55,83	0,02	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(x)	Luzes de borda de pista de táxi (sinalização luminosa)	56,67	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.305(y)	Luzes da área de giro de pista de pouso e decolagem	60,83	0,03	Conforme - Disponível	1,00
				N/A	0,00
				Não conforme - Indisponível	-1,00
		79,00	0,04	Conforme - Disponível	1,00

		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(z)	Barras de parada (sinalização luminosa)			N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(aa)	Luzes de posições intermediárias de espera (sinalização luminosa)	65,83	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(bb)	Luzes de proteção de pista de pouso e decolagem (sinalização luminosa)	65,83	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(cc)	Iluminação de pátios de aeronaves	65,83	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(dd)	Sistema de orientação visual de estacionamento	54,17	0,02	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(ff)	Luzes de orientação de manobras de estacionamento de aeronaves	49,17	0,02	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(gg)	Luz de posição de espera em via de serviço	57,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(hh)	Barra de Entrada Proibida	67,50	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.305(ii)	Luzes de situação da pista	65,83	0,03	Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte E - 154.401	Sinalização para RWY/TWY interditadas	561855,5		Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		553982				Conforme - Disponível	1,00
						N/A	0,00

RBAC 153 - Subparte D - 153.131		Procedimentos para operações em baixa visibilidade				Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte D - 153.115	548386,22	Procedimentos para prevenção de incursão em pista				Conforme - Disponível	1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.55(a)	Identificação de perigos	88,83	0,22	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.55(b)	Procedimento para investigações internas de eventos de interesse da segurança operacional	81,83	0,20	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte C - 153.55	537960,8	RBAC 153 - Subparte C - 153.55(c)	Procedimento de avaliação e mitigação de riscos no MGSO	81,67	0,20	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.55(d)	Consolidar o resultado do processo de gerenciamento de risco na AISO	74,67	0,19	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.55(e)	Detalhar e documentar as defesas no PESO	73,83	0,18	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(b)	Sinalização horizontal de designação de pista de pouso e decolagem	74,17	0,08	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(c)	Sinalização horizontal de eixo de pista de pouso e decolagem	69,00	0,07	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(d)	Sinalização horizontal de cabeceira	63,50	0,07	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.303	531682,33	RBAC 154 - Subparte D - 154.303(e)	Sinalização horizontal de ponto de visada	70,83	0,07	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(f)	Sinalização horizontal de zona de toque (contato)	69,83	0,07	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(g)	Sinalização horizontal de borda de pista de pouso e decolagem	59,00	0,06	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(h)	Sinalização horizontal de eixo de pista de táxi	53,33	0,06	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00

RBAC 154 - Subparte D - 154.207	527992,93	RBAC 154 - Subparte D - 154.303(i)	Sinalização horizontal da área de giro de pista de pouso e decolagem	46,67	0,05	Conforme - Disponível	1,00		
						N/A	0,00		
								Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(j)	Sinalização horizontal de posição de espera de pista de pouso e decolagem	75,50	0,08	Conforme - Disponível	1,00		
								Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(k)	Sinalização horizontal de posição intermediária de espera	60,83	0,06	Conforme - Disponível	1,00		
								N/A	0,00
								Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(l)	Sinalização de ponto de teste de VOR do aeródromo	37,17	0,04	Conforme - Disponível	1,00		
								N/A	0,00
								Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(m)	Sinalização horizontal de posição de estacionamento de aeronaves	67,50	0,07	Conforme - Disponível	1,00		
								Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte D - 154.303(n)	Linhas de segurança de pátio de aeronaves	59,17	0,06	Conforme - Disponível	1,00		
								Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte D - 154.303(o)	Sinalização horizontal de posição de espera em vias de serviço	56,67	0,06	Conforme - Disponível	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte D - 154.303(p)	Sinalização horizontal de instrução obrigatória	50,83	0,05	Conforme - Disponível	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte D - 154.303(q)	Sinalização horizontal de informação	45,83	0,05	Conforme - Disponível	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte C - 154.207(b)	Faixas de pista: Objetos	72,33	0,16	Conforme - Comprimento regulamentar	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte C - 154.207(c)	Faixas de pista: Objetos	74,00	0,16	Conforme - Largura regulamentar	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte C - 154.207(d)	Faixas de pista: Objetos	79,67	0,18	Conforme - Disponível	1,00				
						Não conforme - Indisponível	-1,00		
RBAC 154 - Subparte C - 154.207(e)	Faixas de pista: Faixa preparada (Apenas para PA)	84,00	0,19	Conforme - Disponível	1,00				
						N/A	0,00		
						Não conforme - Indisponível	-1,00		

		RBAC 154 - Subparte C - 154.207(f)	Faixas de pista: Declividades	64,83	0,14	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.207(g)	Faixas de pista: Resistência	76,83	0,17	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte D - 153.105	513692,4	Atualização das informações aeronáuticas do aeródromo no AIS				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte C - 154.223	512213,83	Distância mínima do eixo da RWY até uma posição de espera				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte D - 153.133	508096,62	Procedimentos de monitoramento na área operacional				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte E - 153.217	507265,78	Condições operacionais dos auxílios visuais do aeródromo				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte E - 153.219	507265,78	Condições operacionais do sistema elétrico do aeródromo				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte E - 153.227	507265,78	Estabelecer e documentar AISO e PESO em obras e manutenção				Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.57(a)	Monitoramento de desempenho, gerenciamento da mudança e melhoria contínua	83,17	0,23	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte C - 153.57	505828,27	RBAC 153 - Subparte C - 153.57(b)	Monitorar o processo de gerenciamento de riscos	81,50	0,22	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.57(c)	Estabelecimento de indicadores de desempenho de S.O.	81,50	0,22	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 153 - Subparte C - 153.57(d)	Encaminhamento dos relatórios quadrimestrais à ANAC	52,33	0,14	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
				65,33	0,18	Conforme - Disponível	1,00

		RBAC 153 - Subparte C - 153.57(g)	Programa de auditorias periódicas de segurança operacional			Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 153 - Subparte G - 153.407	504192	Carro Contraincêndio (CCI) e demais veículos do SESCINC				Conforme - Quantidade mínima +1	1,00
						Conforme - Disponível	0,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
RBAC 154 - Subparte C - 154.209	502503,62	RBAC 154 - Subparte C - 154.209(b)	Dimensões	79,17	0,22	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.209(c)	Objetos	79,17	0,22	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.209(d)	Limpeza e nivelamento	64,67	0,18	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.209(e)	Declividades	61,50	0,17	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00
		RBAC 154 - Subparte C - 154.209(f)	Resistência	77,50	0,21	Conforme - Disponível	1,00
						Não conforme - Indisponível	-1,00

APÊNDICE E
DADOS GERAIS DOS AEROPORTOS

Aeroporto	%ATM	Risco	%Risco	%Custo	Efeito de Escala		P _{conf}		I _e = Σ(P _{conf} x S _{req})		VATM		α = Custo/VATM		Σ Re = Σ(P _{conf} x S _{req}) x α _i / LOG(VATM)		
					VATM/Custo	VATM/Risco	Original	Ajustado	Original	Ajustado	Original	LOG10(VATM)	Ajustado	Original	Ajustado		
AD 14	13,12%	3,806	2,21%	2,99%	4,39	5,94	90,00	98,91	9629172	1,00	274558	5,439	10,00	0,23	1,01	0,19	0,07%
AD 09	8,22%	3,447	2,00%	2,99%	2,75	4,11	86,77	97,15	9222011	1,39	172064	5,236	6,63	0,36	1,03	0,27	0,18%
AD 26	5,80%	4,26	2,47%	2,99%	1,94	2,35	86,53	97,03	9176133	1,44	121416	5,084	4,97	0,52	1,06	0,30	0,30%
AD 81	5,25%	0,423	0,25%	2,99%	1,76	21,38	87,00	97,28	9565962	1,06	109881	5,041	4,59	0,57	1,07	0,23	0,39%
AD 08	4,74%	0,828	0,48%	2,99%	1,58	9,85	86,32	96,91	9280031	1,34	99147	4,996	4,23	0,63	1,08	0,29	0,51%
AD 07	4,47%	2,768	1,61%	2,99%	1,50	2,78	85,50	96,47	9216160	1,40	93617	4,971	4,05	0,67	1,09	0,31	0,63%
AD 28	3,94%	0,893	0,52%	2,99%	1,32	7,59	81,20	94,13	8612475	1,98	82392	4,916	3,68	0,76	1,10	0,45	0,81%
AD 50	3,38%	2,501	1,45%	2,99%	1,13	2,33	84,34	95,84	9278997	1,34	70854	4,850	3,30	0,88	1,13	0,31	0,93%
AD 64	3,17%	5,667	3,29%	0,81%	3,90	0,96	79,89	93,42	8092721	2,49	66365	4,822	3,16	0,26	1,01	0,52	1,14%
AD 11	3,16%	2,768	1,61%	2,99%	1,05	1,96	88,75	98,23	9428333	1,19	66048	4,820	3,15	0,95	1,14	0,28	1,25%
AD 75	3,02%	11,962	6,94%	0,56%	5,35	0,44	88,15	97,91	9272817	1,34	63281	4,801	3,05	0,19	1,00	0,28	1,36%
AD 13	2,87%	0,846	0,49%	2,99%	0,96	5,84	81,70	94,40	8939988	1,67	60060	4,779	2,95	1,04	1,16	0,40	1,52%
AD 51	2,76%	2,422	1,41%	2,99%	0,92	1,96	85,79	96,62	9262020	1,36	57719	4,761	2,87	1,08	1,16	0,33	1,66%
AD 15	2,26%	1,345	0,78%	2,99%	0,76	2,89	76,36	91,50	8834494	1,77	47291	4,675	2,53	1,32	1,21	0,46	1,84%
AD 04	1,82%	3,105	1,80%	0,56%	3,23	1,01	87,75	97,69	9320668	1,30	38152	4,582	2,23	0,31	1,02	0,29	1,95%
AD 17	1,51%	10,073	5,85%	0,56%	2,67	0,26	80,38	93,68	7058842	3,49	31560	4,499	2,01	0,37	1,03	0,80	2,27%
AD 22	1,47%	2,702	1,57%	0,56%	2,61	0,94	88,00	97,83	9454614	1,17	30862	4,489	1,99	0,38	1,04	0,27	2,38%
AD 53	1,47%	1,846	1,07%	1,12%	1,30	1,37	79,40	93,15	8951245	1,66	30667	4,487	1,98	0,77	1,11	0,41	2,54%
AD 20	1,41%	6,632	3,85%	1,12%	1,25	0,37	85,78	96,62	8371488	2,22	29501	4,470	1,94	0,80	1,11	0,55	2,76%
AD 21	1,36%	3,53	2,05%	1,12%	1,21	0,67	84,41	95,88	9143913	1,47	28571	4,456	1,91	0,82	1,12	0,37	2,91%
AD 10	1,34%	1,611	0,94%	1,12%	1,19	1,43	68,31	87,13	6965524	3,58	28072	4,448	1,90	0,84	1,12	0,90	3,27%
AD 69	1,32%	0,94	0,55%	1,12%	1,17	2,42	80,00	93,48	8353283	2,23	27624	4,441	1,88	0,85	1,12	0,56	3,49%
AD 82	1,28%	6,893	4,00%	0,56%	2,26	0,32	64,60	85,11	5460791	5,03	26699	4,426	1,85	0,44	1,05	1,19	3,96%
AD 06	1,22%	1,675	0,97%	1,12%	1,09	1,26	74,00	90,22	9082962	1,53	25580	4,408	1,82	0,92	1,13	0,39	4,12%
AD 94	1,02%	1,106	0,64%	0,81%	1,25	1,59	84,00	95,65	8207842	2,38	21312	4,329	1,68	0,80	1,11	0,61	4,36%
AD 27	0,97%	4,53	2,63%	0,56%	1,72	0,37	68,94	87,47	5793021	4,71	20313	4,308	1,64	0,58	1,07	1,17	4,83%

AD 31	0,84%	1,174	0,68%	0,56%	1,49	1,23	71,71	88,97	8356351	2,23	17615	4,246	1,55	0,67	1,09	0,57	5,06%
AD 12	0,82%	1,34	0,78%	1,12%	0,73	1,06	72,75	89,54	8412566	2,18	17238	4,236	1,54	1,37	1,22	0,62	5,31%
AD 30	0,80%	0	0,00%	1,12%	0,71	-	63,10	84,29	6296084	4,22	16798	4,225	1,53	1,40	1,22	1,22	5,79%
AD 100	0,75%	0,235	0,14%	1,12%	0,66	5,48	54,00	79,35	4428246	6,03	15640	4,194	1,49	1,50	1,24	1,78	6,50%
AD 32	0,73%	0,608	0,35%	1,12%	0,64	2,05	68,77	87,37	7710518	2,86	15178	4,181	1,47	1,55	1,25	0,85	6,84%
AD 33	0,66%	0,626	0,36%	1,12%	0,59	1,83	54,53	79,64	5621829	4,88	13910	4,143	1,43	1,69	1,27	1,50	7,44%
AD 01	0,65%	0,315	0,18%	0,81%	0,80	3,55	75,00	90,76	6408675	4,12	13590	4,133	1,42	1,25	1,19	1,19	7,91%
AD 47	0,62%	5,296	3,07%	1,12%	0,55	0,20	60,32	82,78	6200103	4,32	12888	4,110	1,40	1,83	1,30	1,36	8,46%
AD 36	0,60%	0,642	0,37%	1,12%	0,53	1,60	58,89	82,01	6260919	4,26	12486	4,096	1,39	1,88	1,31	1,36	9,00%
AD 05	0,58%	2,625	1,52%	1,12%	0,51	0,38	49,20	76,74	6509762	4,02	12083	4,082	1,37	1,95	1,32	1,30	9,52%
AD 38	0,51%	0	0,00%	0,56%	0,91	-	61,34	83,34	3921661	6,52	10700	4,029	1,33	1,10	1,17	1,89	10,27%
AD 95	0,48%	5,86	3,40%	0,81%	0,59	0,14	57,89	81,46	6772768	3,76	10050	4,002	1,31	1,69	1,28	1,20	10,75%
AD 40	0,48%	0,199	0,12%	1,12%	0,42	4,13	70,75	88,45	8538914	2,05	9992	4,000	1,30	2,36	1,40	0,72	11,03%
AD 41	0,45%	0,734	0,43%	1,12%	0,40	1,05	68,15	87,04	4903202	5,57	9377	3,972	1,28	2,51	1,42	2,00	11,83%
AD 59	0,42%	0,814	0,47%	0,56%	0,75	0,89	42,00	72,83	5134608	5,35	8814	3,945	1,26	1,34	1,21	1,64	12,48%
AD 43	0,38%	4,554	2,64%	0,81%	0,47	0,15	61,79	83,58	8267009	2,32	8039	3,905	1,24	2,12	1,35	0,80	12,80%
AD 44	0,35%	0,908	0,53%	0,56%	0,61	0,66	38,00	70,65	2231187	8,16	7267	3,861	1,21	1,63	1,26	2,67	13,86%
AD 66	0,29%	3,4	1,97%	0,56%	0,52	0,15	58,77	81,94	6523627	4,00	6112	3,786	1,18	1,93	1,32	1,39	14,42%
AD 46	0,28%	1,323	0,77%	0,81%	0,35	0,37	40,53	72,03	4376862	6,08	5950	3,775	1,17	2,86	1,49	2,40	15,37%
AD 99	0,28%	0,847	0,49%	0,81%	0,35	0,57	79,00	92,93	7061408	3,48	5878	3,769	1,17	2,90	1,49	1,38	15,92%
AD 89	0,25%	0,943	0,55%	0,81%	0,31	0,46	52,32	78,43	4348902	6,11	5262	3,721	1,15	3,23	1,56	2,55	16,94%
AD 49	0,25%	0,593	0,34%	0,56%	0,44	0,73	57,00	80,98	5542455	4,95	5237	3,719	1,15	2,26	1,38	1,83	17,67%
AD 37	0,25%	1,711	0,99%	0,81%	0,31	0,25	55,20	80,00	6471301	4,05	5236	3,719	1,15	3,25	1,56	1,70	18,35%
AD 35	0,24%	0,85	0,49%	0,81%	0,29	0,48	51,34	77,90	4658743	5,81	4944	3,694	1,14	3,44	1,59	2,51	19,35%
AD 52	0,23%	1,606	0,93%	0,56%	0,41	0,25	55,89	80,38	6521890	4,01	4848	3,686	1,13	2,44	1,41	1,53	19,96%
AD 55	0,22%	0,152	0,09%	0,81%	0,27	2,44	70,75	88,45	9015483	1,59	4513	3,654	1,12	3,77	1,65	0,72	20,24%
AD 54	0,21%	0,581	0,34%	0,81%	0,26	0,62	59,15	82,15	4599601	5,87	4365	3,640	1,12	3,90	1,68	2,70	21,32%
AD 90	0,20%	0	0,00%	0,81%	0,25	-	36,00	69,57	4890173	5,58	4252	3,629	1,11	4,00	1,70	2,61	22,36%
AD 56	0,19%	0	0,00%	0,56%	0,34	-	57,79	81,40	8106581	2,47	4016	3,604	1,11	2,94	1,50	1,03	22,77%
AD 57	0,18%	8,881	5,16%	0,56%	0,32	0,04	36,36	69,76	4953505	5,52	3840	3,584	1,10	3,08	1,53	2,35	23,71%
AD 58	0,17%	2,839	1,65%	0,56%	0,31	0,11	51,75	78,13	5694876	4,81	3650	3,562	1,09	3,24	1,56	2,10	24,55%

AD 48	0,17%	0,803	0,47%	0,56%	0,31	0,37	50,38	77,38	4920504	5,56	3650	3,562	1,09	3,24	1,56	2,43	25,51%
AD 60	0,17%	3,929	2,28%	0,56%	0,31	0,08	68,00	86,96	8741450	1,86	3650	3,562	1,09	3,24	1,56	0,81	25,84%
AD 79	0,17%	0,199	0,12%	0,56%	0,31	1,49	46,40	75,22	6525653	4,00	3610	3,558	1,09	3,27	1,56	1,76	26,54%
AD 62	0,17%	1,291	0,75%	0,56%	0,30	0,23	49,78	77,05	4892682	5,58	3571	3,553	1,09	3,31	1,57	2,47	27,52%
AD 63	0,17%	0	0,00%	0,81%	0,21	-	37,41	70,33	4673689	5,79	3553	3,551	1,09	4,79	1,84	3,00	28,71%
AD 92	0,17%	1,05	0,61%	0,81%	0,20	0,27	40,31	71,91	6335741	4,19	3481	3,542	1,09	4,89	1,86	2,20	29,59%
AD 97	0,16%	0,593	0,34%	0,81%	0,20	0,48	72,00	89,13	7892701	2,68	3450	3,538	1,09	4,93	1,87	1,41	30,15%
AD 71	0,16%	0,42	0,24%	0,81%	0,20	0,65	36,60	69,89	3169863	7,25	3324	3,522	1,08	5,12	1,90	3,91	31,71%
AD 67	0,15%	1,916	1,11%	0,56%	0,27	0,14	40,00	71,74	5908651	4,60	3230	3,509	1,08	3,66	1,63	2,14	32,56%
AD 68	0,14%	0	0,00%	0,56%	0,25	-	68,00	86,96	7321577	3,23	2921	3,466	1,07	4,05	1,70	1,59	33,19%
AD 03	0,14%	1,095	0,64%	0,81%	0,17	0,22	44,94	74,42	3507891	6,92	2877	3,459	1,07	5,92	2,05	4,09	34,82%
AD 70	0,13%	0,266	0,15%	0,56%	0,23	0,84	42,71	73,21	5364278	5,13	2706	3,432	1,06	4,37	1,76	2,63	35,87%
AD 19	0,12%	0,105	0,06%	0,81%	0,15	2,03	38,75	71,06	6332128	4,19	2584	3,412	1,06	6,59	2,17	2,66	36,93%
AD 72	0,12%	0,315	0,18%	0,81%	0,14	0,63	25,10	63,64	1444935	8,92	2419	3,384	1,05	7,04	2,25	5,93	39,29%
AD 02	0,11%	0,315	0,18%	0,56%	0,20	0,61	24,00	63,04	2076808	8,31	2323	3,366	1,05	5,09	1,89	4,67	41,15%
AD 74	0,11%	2,243	1,30%	0,56%	0,19	0,08	40,77	72,15	5058012	5,42	2277	3,357	1,05	5,19	1,91	3,09	42,39%
AD 85	0,10%	0,21	0,12%	0,56%	0,19	0,86	40,53	72,03	2932318	7,48	2189	3,340	1,05	5,40	1,95	4,37	44,12%
AD 16	0,09%	0,315	0,18%	0,56%	0,17	0,52	34,00	68,48	4997401	5,48	1972	3,295	1,04	5,99	2,06	3,43	45,49%
AD 77	0,09%	0,859	0,50%	0,56%	0,16	0,18	44,32	74,09	4013882	6,43	1897	3,278	1,04	6,23	2,10	4,13	47,13%
AD 78	0,09%	1,186	0,69%	0,56%	0,16	0,13	35,00	69,02	2955044	7,46	1887	3,276	1,04	6,26	2,11	4,80	49,04%
AD 76	0,09%	0,908	0,53%	0,56%	0,16	0,17	18,20	59,89	4796735	5,67	1870	3,272	1,04	6,32	2,12	3,68	50,51%
AD 80	0,09%	0,698	0,41%	0,56%	0,15	0,22	35,34	69,21	883679	9,46	1827	3,262	1,03	6,47	2,15	6,23	52,99%
AD 24	0,09%	0,418	0,24%	0,56%	0,15	0,36	28,00	65,22	5364675	5,13	1824	3,261	1,03	6,48	2,15	3,38	54,33%
AD 45	0,08%	1,657	0,96%	0,56%	0,15	0,09	51,75	78,13	6098759	4,42	1766	3,247	1,03	6,69	2,19	2,97	55,51%
AD 83	0,08%	0	0,00%	0,56%	0,15	-	44,15	73,99	3212687	7,21	1744	3,242	1,03	6,78	2,20	4,90	57,46%
AD 84	0,08%	0,315	0,18%	0,56%	0,15	0,46	16,00	58,70	2983184	7,43	1743	3,241	1,03	6,78	2,20	5,05	59,47%
AD 23	0,08%	0	0,00%	0,56%	0,14	-	43,79	73,80	7747070	2,82	1702	3,231	1,03	6,94	2,23	1,95	60,25%
AD 86	0,08%	0,105	0,06%	0,56%	0,14	1,28	18,36	59,98	2948898	7,46	1638	3,214	1,03	7,21	2,28	5,30	62,36%
AD 73	0,07%	0	0,00%	0,56%	0,13	-	31,75	67,26	3290882	7,13	1536	3,186	1,03	7,69	2,37	5,30	64,47%
AD 42	0,07%	1,186	0,69%	0,56%	0,13	0,10	38,38	70,86	3885499	6,56	1484	3,171	1,02	7,96	2,42	5,00	66,46%
AD 34	0,07%	1,069	0,62%	0,56%	0,12	0,11	52,00	78,26	8110145	2,47	1473	3,168	1,02	8,02	2,43	1,89	67,22%

AD 88	0,07%	0,686	0,40%	0,56%	0,12	0,18	21,75	61,82	3042365	7,37	1465	3,166	1,02	8,07	2,44	5,68	69,48%
AD 91	0,07%	0,315	0,18%	0,56%	0,12	0,36	32,78	67,82	3843799	6,60	1382	3,141	1,02	8,55	2,53	5,31	71,59%
AD 25	0,07%	0	0,00%	0,56%	0,12	-	37,41	70,33	4776930	5,69	1361	3,134	1,02	8,68	2,55	4,63	73,44%
AD 93	0,06%	4,35	2,53%	0,81%	0,08	0,03	24,31	63,21	2556694	7,84	1333	3,125	1,02	12,77	3,30	8,27	76,73%
AD 61	0,06%	0	0,00%	0,56%	0,10	-	36,00	69,57	6076732	4,44	1236	3,092	1,02	9,56	2,71	3,89	78,28%
AD 29	0,06%	0,105	0,06%	0,56%	0,10	0,95	22,60	62,28	1066843	9,28	1214	3,084	1,01	9,73	2,74	8,25	81,57%
AD 96	0,06%	0	0,00%	0,56%	0,10	-	38,00	70,65	5722007	4,78	1191	3,076	1,01	9,92	2,78	4,31	83,29%
AD 87	0,05%	0	0,00%	0,56%	0,09	-	58,00	81,52	6948094	3,59	1108	3,045	1,01	10,67	2,91	3,44	84,65%
AD 65	0,04%	0	0,00%	0,56%	0,08	-	13,94	57,58	326006	10,00	902	2,955	1,00	13,10	3,36	11,36	89,18%
AD 18	0,04%	3,83	2,22%	0,56%	0,07	0,02	38,71	71,04	4732832	5,74	863	2,936	1,00	13,69	3,46	6,77	91,87%
AD 39	0,04%	0,593	0,34%	0,56%	0,07	0,12	30,75	66,71	5593100	4,90	858	2,933	1,00	13,77	3,48	5,82	94,19%
AD 98	0,04%	0,686	0,40%	0,81%	0,05	0,09	29,10	65,82	1954912	8,42	770	2,886	1,00	22,11	5,00	14,59	100,00%

APÊNDICE F

RANKING DOS AEROPORTOS E NADSO

Grupo	Classe	AD Id.	Risco estimado pelo modelo	NADSO grupo	NADSO Brasil	Grupo/NADSO		Grupo/Safety -2				
Safety +2	Classe IV	AD 14	0,19	0,41	2,51	13,55	6,94 NADSO	17,6 Safety -2				
Safety +2	Classe IV	AD 81	0,23			11,14						
Safety +2	Classe I	AD 22	0,27			9,31						
Safety +2	Classe IV	AD 09	0,27			9,13						
Safety +2	Classe I	AD 75	0,28			8,96						
Safety +2	Classe IV	AD 11	0,28			8,89						
Safety +2	Classe IV	AD 08	0,29			8,67						
Safety +2	Classe I	AD 04	0,29			8,66						
Safety +2	Classe IV	AD 26	0,30			8,37						
Safety +2	Classe IV	AD 07	0,31			8,19						
Safety +2	Classe IV	AD 50	0,31			8,07						
Safety +2	Classe IV	AD 51	0,33			7,58						
Safety +2	Classe III	AD 21	0,37			6,82						
Safety +2	Classe III	AD 06	0,39			6,38						
Safety +2	Classe IV	AD 13	0,40			6,22						
Safety +2	Classe III	AD 53	0,41			6,15						
Safety +2	Classe IV	AD 28	0,45			5,63						
Safety +2	Classe IV	AD 15	0,46			5,49						
Safety +2	Classe II	AD 64	0,52			4,81						
Safety +2	Classe III	AD 20	0,55			4,55						
Safety +2	Classe III	AD 69	0,56			4,45						
Safety +2	Classe I	AD 31	0,57			4,39						
Safety +2	Classe II	AD 94	0,61			4,12						
Safety +2	Classe III	AD 12	0,62			4,02						
Safety +2	Classe III	AD 40	0,72			3,50						
Safety +2	Classe II	AD 55	0,72			3,48						
Safety +1	Classe I	AD 17	0,80			1,35				3,13	1,99 NADSO	5,34 Safety -2
Safety +1	Classe II	AD 43	0,80							3,13		
Safety +1	Classe I	AD 60	0,81	3,09								
Safety +1	Classe III	AD 32	0,85	2,94								
Safety +1	Classe III	AD 10	0,90	2,79								
Safety +1	Classe I	AD 56	1,03	2,43								
Safety +1	Classe I	AD 27	1,17	2,14								
Safety +1	Classe II	AD 01	1,19	2,11								
Safety +1	Classe I	AD 82	1,19	2,11								
Safety +1	Classe II	AD 95	1,20	2,09								
Safety +1	Classe III	AD 30	1,22	2,06								
Safety +1	Classe III	AD 05	1,30	1,93								
Safety +1	Classe III	AD 36	1,36	1,84								
Safety +1	Classe III	AD 47	1,36	1,84								

<i>Saefty</i> +1	Classe II	AD 99	1,38		1,82		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 66	1,39		1,80		
<i>Saefty</i> +1	Classe II	AD 97	1,41		1,78		
<i>Saefty</i> +1	Classe III	AD 33	1,50		1,67		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 52	1,53		1,64		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 68	1,59		1,58		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 59	1,64		1,53		
<i>Saefty</i> +1	Classe II	AD 37	1,70		1,48		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 79	1,76		1,43		
<i>Saefty</i> +1	Classe III	AD 100	1,78		1,41		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 49	1,83		1,37		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 38	1,89		1,33		
<i>Saefty</i> +1	Classe I	AD 34	1,89		1,33		
Neutro	Classe I	AD 23	1,95	2,51	1,29	1	2,87 <i>Safety</i> -2
Neutro	Classe III	AD 41	2,00		1,26		
Neutro	Classe I	AD 58	2,10		1,20		
Neutro	Classe I	AD 67	2,14		1,17		
Neutro	Classe II	AD 92	2,20		1,14		
Neutro	Classe I	AD 57	2,35		1,07		
Neutro	Classe II	AD 46	2,40		1,05		
Neutro	Classe I	AD 48	2,43		1,03		
Neutro	Classe I	AD 62	2,47		1,02		
Neutro	Classe II	AD 35	2,51		1,00		
Neutro	Classe II	AD 89	2,55		0,98		
Neutro	Classe II	AD 90	2,61		0,96		
Neutro	Classe I	AD 70	2,63		0,95		
Neutro	Classe II	AD 19	2,66		0,94		
Neutro	Classe I	AD 44	2,67		0,94		
Neutro	Classe II	AD 54	2,70		0,93		
Neutro	Classe I	AD 45	2,97		0,84		
Neutro	Classe II	AD 63	3,00		0,84		
Neutro	Classe I	AD 74	3,09		0,81		
Neutro	Classe I	AD 24	3,38		0,74		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 16	3,43	4,23	0,73	(0,60) 1,66 vezes menor que o NADSO	1,7 <i>Safety</i> -2
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 87	3,44		0,73		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 76	3,68		0,68		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 61	3,89		0,65		
<i>Safety</i> -1	Classe II	AD 71	3,91		0,64		
<i>Safety</i> -1	Classe II	AD 03	4,09		0,61		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 77	4,13		0,61		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 96	4,31		0,58		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 85	4,37		0,57		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 25	4,63		0,54		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 02	4,67		0,54		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 78	4,80		0,52		

<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 83	4,90		0,51		
<i>Safety</i> -1	Classe I	AD 42	5,00		0,50		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 84	5,05	7,22	0,50	(0,38) 2,63 vezes menor que o NADSO	1
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 86	5,30		0,47		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 73	5,30		0,47		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 91	5,31		0,47		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 88	5,68		0,44		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 39	5,82		0,43		
<i>Safety</i> -2	Classe II	AD 72	5,93		0,42		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 80	6,23		0,40		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 18	6,77		0,37		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 29	8,25		0,30		
<i>Safety</i> -2	Classe II	AD 93	8,27		0,30		
<i>Safety</i> -2	Classe I	AD 65	11,36		0,22		
<i>Safety</i> -2	Classe II	AD 98	14,59		0,17		