

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

**FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA O
GERENCIAMENTO DE RISCOS EM AEROPORTOS**

ELOHIM ADONAI DOS SANTOS NERY NUNES RIBEIRO

ORIENTADORA: FABIANA SERRA DE ARRUDA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM TRANSPORTES

BRASÍLIA / DF: NOV / 2021

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

**FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA O
GERENCIAMENTO DE RISCOS EM AEROPORTOS**

ELOHIM ADONAI DOS SANTOS NERY NUNES RIBEIRO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**FABIANA SERRA DE ARRUDA, DR. (Universidade de Brasília)
(ORIENTADORA)**

**FABIO ZANCHETTA, DR. (Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LUIZ AUGUSTO DA SILVA ALVES, MSc. (Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 12 de NOVEMBRO de 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

RIBEIRO, ELOHIM ADONAI DOS SANTOS NERY NUNES

Ferramenta Metodológica para o Gerenciamento de Riscos em Aeroportos [Distrito Federal] 2021.

xii, 70 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Aeroportos

2. Gerenciamento de Riscos

3. Lógica Fuzzy

4. Matriz de Risco

I. ENC/FT/UnB

II. Título (bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Ribeiro, E. A. S. N. N. (2021). Ferramenta Metodológica para o Gerenciamento de Riscos em Aeroportos. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 70 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Elohim Adonai dos Santos Nery Nunes Ribeiro

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Ferramenta Metodológica para o Gerenciamento de Riscos em Aeroportos

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

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

Elohim Adonai dos Santos Nery Nunes Ribeiro

Brasília/DF - Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a Deus, a quem devo tudo o que tenho, e aos meus pais que incondicionalmente me amaram e me instruíram nos mais belos caminhos desta vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, que por imenso amor me permitiu alcançar objetivos além de meus sonhos, me guardou em meus caminhos, proporcionando experiências para me fazer crescer, e que colocou em minha vida pessoas especiais, que me completam e inspiram, a quem devo os próximos agradecimentos.

Aos meus pais, Jorge e Eunice, que me instruíram sob bons princípios, e confiaram em mim, a ponto de dedicarem mesmo o que não tinham para me garantir educação, segurança, saúde e caráter. E por suas orações constantes que tenho por certo que me guardaram.

Aos meus irmãos (Noah, Lewi e Elias) que por suas conquistas me inspiram a ser cada vez melhor, para continuar honrando o nome de nossa família e trazendo honra a nosso Criador.

À minha querida orientadora, professora Fabiana, por acreditar em mim, e me apoiar nas mais loucas ideias para este trabalho ser realizado, e por mesmo antes disso, ser um grande exemplo de mãe no exercício de sua profissão.

Aos amigos que fiz nesta jornada, sem os quais não poderia ter avançado tanto. Agradeço pela paciência daqueles que voltaram para me ajudar quando falhei. Pelos sorrisos que me proporcionaram mesmo quando estava em um dia ruim. Agradeço por aqueles que me ensinaram a amar quem está ao nosso lado no cotidiano, alguns pelos quais tenho tanto carinho que considero como irmãos.

À Concreta Consultoria e Serviços, empresa júnior onde encontrei um Elohim que há muito tempo buscava, com confiança para buscar novos desafios, me superar e me orgulhar de uma jornada bem trilhada.

A todos os profissionais da aviação civil que se disponibilizaram em contribuir com a pesquisa quando solicitados.

Aos professores da Universidade de Brasília, que dedicaram o seu tempo e esforço para transmitir conhecimento e formar mais um profissional para transformar o nosso país e impactar o mundo. Meus sinceros agradecimentos e reconhecimento infindável por esta nobre categoria.

RESUMO

O desenvolvimento de um SGSO (Sistema de Gerenciamento de Riscos à Segurança Operacional) é o meio pelo qual são implementadas medidas para que os riscos das operações aeroportuárias sejam identificados, classificados e para que sejam tomadas as providências para evitar que suas consequências sejam reduzidas, mitigadas ou eliminadas. A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) é responsável por normatizar o gerenciamento de riscos na aviação civil, dentre outras responsabilidades, e recomenda a utilização da Matriz de Risco para avaliar eventos de risco por meio de sua Probabilidade e Severidade, classificando os eventos em Aceitáveis, Toleráveis e Intoleráveis. A utilização da Matriz de Risco, entretanto, é um critério mínimo exigido, e que deve ser adaptado para atender às necessidades de cada aeroporto, e quanto maior a complexidade, maior a necessidade de adaptações. Visando contribuir para a gestão de riscos em aeroportos, este trabalho faz uma associação da análise de eventos de risco utilizando a matriz de riscos com uma análise numérica por meio da Lógica Fuzzy, trazendo não mais apenas a classificação linguística para os eventos (Aceitável, Tolerável ou Intolerável). São propostos quatro eventos de risco, em duas simulações de operações aeroportuárias simplificadas. A partir disso, é realizada uma pesquisa com cinco avaliadores especialistas em SGSO buscando uma resposta numérica para a Probabilidade e a Severidade associada a cada evento. As respostas foram o input para um Sistema de Controle Fuzzy (SCF), construído com base na matriz de riscos da OACI. Os outputs deste SCF permitiram a classificação numérica dos eventos de risco. Três, dentre os quatro eventos, foram classificados como 3A pela matriz, mas com valores diferentes de saída do SCF. Os resultados mostram que é viável a utilização da ferramenta para refinamento de análise de tolerabilidade, mas é necessário um maior aparato ferramental para avaliação numérica de Probabilidade e Severidade de eventos de risco.

Palavras-chave: Aeroportos, Gerenciamento de Riscos, Lógica Fuzzy, Matriz de Risco

ABSTRACT

The development of an SMS (Safety Management System) is the way by which measures are implemented so that the risks of airport operations are identified, classified and that measures are taken to prevent their consequences from being reduced, mitigated or deleted. The International Civil Aviation Organization (ICAO) is responsible for standardizing risk management in civil aviation, among other responsibilities, and recommends using the Risk Matrix to assess risk events through their Probability and Severity, classifying events into Acceptable, Tolerable and Intolerable. The use of the Risk Matrix, however, is a minimum required criterion, which must be adapted to meet the needs of each airport, and the greater the complexity, the greater the need for adaptations. Aiming to contribute to the management of risks at airports, this work associates the analysis of risk events using the risk matrix with a numerical analysis using Fuzzy Logic, not only bringing the linguistic classification to the events (Acceptable, Tolerable or intolerable). Four risk events are proposed, in two simulations of simplified airport operations. From this, a survey is carried out with five SMS specialist evaluators seeking a numerical answer for the Probability and Severity associated with each event. The answers were the input for a Fuzzy Control System (FCS), built based on the ICAO risk matrix. The outputs of this FCS allowed the numerical classification of risk events. Three of the four events were classified as 3A by the matrix, but with different FCS output values. The results show that it is feasible to use the tool to refine the tolerability analysis, but a greater tooling apparatus is needed for the numerical assessment of the probability and severity of risk events.

Keywords: Airports, Risk Management, Fuzzy Logic, Risk Matrix

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
OBJETIVO	15
PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	15
Problemática da Pesquisa	15
Justificativa	16
ESTRUTURA DO PROJETO	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
LEGISLAÇÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL NA AVIAÇÃO CIVIL	18
Legislações Internacionais	18
Legislações Nacionais	19
GERENCIAMENTO DE RISCOS	20
GERENCIAMENTO DE RISCOS NA AVIAÇÃO CIVIL - MODELO ICAO (2018)	22
Identificação de Perigos e Análise das Consequências dos Perigos	23
Avaliação do Risco Associado	25
Avaliação da Probabilidade	26
Avaliação da Severidade	27
Avaliação da Tolerância	28
Desenvolvimento de Estratégias para Mitigação ou Eliminação do Risco	29
RISCOS OPERACIONAIS EM AEROPORTOS BRASILEIROS	31
NOÇÕES BÁSICAS DA LÓGICA FUZZY	36
Histórico e Definições	36
Sistema de Controle Fuzzy	38
MÉTODO	40
APLICAÇÃO E RESULTADOS	43
APLICAÇÃO DA PESQUISA	43
Estrutura da Pesquisa	43
Eventos de Risco Propostos	45
RESULTADOS OBTIDOS	47

APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY	50
Funções de Pertinência	50
Sistema de Controle Fuzzy	52
Fuzzificação	52
Inferência	53
Defuzzificação	53
Exemplo da aplicação do SCF	55
CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Probabilidade de risco à segurança.	27
Tabela 2.2: Exemplo de tabela de severidade do risco à segurança operacional.	28
Tabela 2.3: Exemplo de matriz de risco à segurança operacional.	29
Tabela 2.4: Exemplo de recomendações para os riscos por nível de tolerância.	29
Tabela 4.1: Informações sobre os avaliadores	47
Tabela 4.2: Avaliação de severidade e probabilidade dos eventos 1.1 e 1.2	48
Tabela 4.3: Avaliação de severidade e probabilidade dos eventos 2.1 e 2.2	48
Tabela 4.4: Média e classificação de severidade e probabilidade dos eventos 1.1 e 1.2	49
Tabela 4.5: Média e classificação de severidade e probabilidade dos eventos 2.1 e 2.2	49
Tabela 4.6: Resultados da defuzzificação dos eventos 1.1 e 1.2	54
Tabela 4.7: Resultados da defuzzificação dos eventos 2.1 e 2.2	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: taxa de acidentes totais (acidentes por milhão de decolagens) em 2019 e taxa média entre 2014 e 2018 para diferentes regiões, conforme classificação da IATA. Fonte: CENIPA e IATA.	14
Figura 2.1: Processos do Gerenciamento de Riscos (Fonte: ISO 31000., 2019).	21
Figura 2.2: Componentes do Gerenciamento de Riscos (Fonte: R. Muller, <i>et al.</i> , 2014).	21
Figura 2.3: Número de ocorrências por fase de operação nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).	31
Figura 2.4: Porcentagem de ocorrências de acidentes por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).	32
Figura 2.5: Porcentagem de ocorrências de incidentes graves por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).	33
Figura 2.6: Porcentagem de ocorrências de acidentes por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).	33
Figura 2.7: Número de ocorrências na aviação regular por tipo de ocorrência nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).	35
Figura 2.8: Exemplo de função de pertinência (Fonte: acervo pessoal).	37
Figura 2.9: Exemplo de função de pertinência triangular (Fonte: acervo pessoal).	37
Figura 2.10: Sistema de controle fuzzy (Fonte: Papis, <i>et al.</i> 2019 - Adaptado).	38
Figura 3.1: Fluxograma de desenvolvimento do estudo (Fonte: acervo pessoal).	41
Figura 4.1: Legenda para avaliação da Severidade (Fonte: Aeroporto Internacional de Incheon - KOR, adaptada).	44
Figura 4.2: Legenda para avaliação da Probabilidade (Fonte: Aeroporto Internacional de Incheon - KOR, adaptada).	44
Figura 4.3: Intervalos de Severidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).	50
Figura 4.4: Intervalos de Probabilidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).	51
Figura 4.5a e 4.5b: Intervalos de Tolerabilidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).	52
Figura 4.6: Regras base utilizadas no Scilab® (Fonte: Scilab).	53

Figura 4.7: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Fuzzificação, Agregação e Ativação. (Fonte: Acervo pessoal).	55
Figura 4.8: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Acumulação. (Fonte: Acervo pessoal).	55
Figura 4.9: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Defuzzificação. (Fonte: Acervo pessoal).	56
Figura A.1 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 1.	63
Figura A.2 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 2.	64
Figura A.3 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 3.	65
Figura A.4 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 4.	66
Figura A.5 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 5.	67
Figura A.6 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 6.	68
Figura A.7 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 7.	69
Figura A.8 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 8.	70

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é um dos principais modos no atual sistema de transporte brasileiro, sendo o mais utilizado para viagens interestaduais. A comparação realizada pela ANAC (2020)¹ sobre os dados de 2019, indica que cerca de 87 milhões de passageiros realizaram viagens interestaduais utilizando o modo aeroviário, frente a aproximadamente 40 milhões que optaram pelo transporte rodoviário (ANAC, 2020)².

Os dados do último anuário do transporte aéreo, divulgados pela ANAC (2020)², indicam mais de 951.000 operações de voos domésticos e internacionais, e 119,4 milhões de passageiros transportados no ano de 2019 por aeroportos brasileiros, além do emprego de mais de 50.000 pessoas. Os aeródromos brasileiros têm conquistado destaque também no cenário mundial, sendo um dos países com maior movimentação de passageiros.

A demanda crescente dos aeroportos também exige alta eficiência das operações aeroportuárias. Um estudo realizado pela AirHelp, empresa especializada em direitos dos passageiros aéreos, indica que 127,9 mil passageiros foram afetados pelo cancelamento de voos no primeiro trimestre de 2021 no Brasil. Ainda outros 667,9 mil passaram por atrasos em seus embarques no país, pelo mesmo levantamento (EXAME, 2021). Mesmo considerando os efeitos da pandemia do COVID-19 afetando as operações aeroportuárias brasileiras a partir de meados de 2020, os operadores e gestores de aeroportos devem estar preparados para promover ações de controle com relação aos riscos associados a suas operações.

As operações aeroportuárias são fortemente interligadas, de modo que uma falha em um processo realizado nas pistas de pouso e decolagem pode afetar significativamente os processos de processamento de passageiros, por exemplo. John Wang *et al.* (2019) destacam em seu trabalho que uma pequena falha na gestão dos riscos operacionais que pode levar à interrupção das atividades por algumas horas, poderá também trazer consequências às operações do aeroporto por alguns dias após o evento de risco ser controlado.

De acordo com o último Relatório Anual da Segurança Operacional divulgado pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC)³, o Brasil apresenta um crescimento de mais de 52% da taxa de acidentes por milhão de decolagens no comparativo do ano de 2019 (2,33/milhão) com a média dos 5 anos anteriores, 2014 a 2018 (1,53/milhão). Mesmo que a taxa de acidentes permaneça baixa, o aumento deste indicador gera preocupação frente ao aumento das operações aeroportuárias.



Figura 1.1: Taxa de acidentes totais (acidentes por milhão de decolagens) em 2019 e taxa média entre 2014 e 2018 para diferentes regiões, conforme classificação da IATA. Fonte: CENIPA e IATA.

O aumento da taxa de acidentes, associado aos registros de atrasos e cancelamentos de voos, reforça que as medidas de gerenciamento de riscos em suas diversas etapas ainda são um tema relevante e não esgotado, permitindo que novas pesquisas e aprimoramentos das metodologias atuais sejam desenvolvidos em diferentes frentes que afetam os parâmetros de desempenho, eficiência e segurança operacional.

Dada a complexidade das operações que compõem todo o sistema aeroportuário (incluindo suas instalações de apoio, pistas de pouso e taxiamento e a região de entorno do aeroporto), os gestores têm uma difícil tarefa, pois nunca

terão em mãos o controle de todas as variáveis que poderão interferir (positiva ou negativamente) no sucesso do projeto (Watanabe *et al.*, 2019).

A matriz de probabilidade e impacto (ou matriz de risco) é a ferramenta recomendada pela International Civil Aviation Organization (ICAO) para o gerenciamento dos riscos e priorização de ações de mitigação, especificamente associadas aos riscos à segurança operacional de aeroportos, utilizando uma análise majoritariamente qualitativa, associada a fatores quantitativos das operações. Watanabe *et al.* (2019) discorrem em seu trabalho que a matriz de risco, apesar de sua vantagem na simplicidade de implementação, apresenta perdas em seus processos pois a análise quantitativa do risco torna-se desconhecida, visto que seus dados de entrada tratam as consequências dos perigos de maneira inteiramente qualitativa, exigindo certa meticulosidade dos especialistas para a atribuição das magnitudes de probabilidade e impacto.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma adaptação da metodologia de gerenciamento de riscos da ICAO utilizando a Lógica Fuzzy associada à Matriz de Riscos.

Objetivos Específicos:

- Auxiliar a tomada de decisão de operadores de aeroportos frente à eventos de risco;
- Avaliar as consequências dos perigos em termos de sua probabilidade e impacto utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy;
- Adaptar a utilização da matriz de riscos da ICAO para obter um parâmetro quantitativo de priorização.

1.2. PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

1.2.1. Problemática da Pesquisa

O gerenciamento de riscos é parte fundamental da gestão de qualquer empreendimento, não se abstendo do cotidiano da aviação civil, desempenhando papel vital na tomada de decisões, visto que a segurança das operações é um

dos fatores de maior relevância para análise de gestores, reguladores e usuários de aeródromos.

Entretanto a própria ICAO destaca em seu DOC 9859 (2018) a respeito do dilema imposto ao gerenciamento de riscos de se haver um equilíbrio entre a lucratividade do empreendimento e a sua segurança, como Barroso (2015) também discorre que os recursos para as medidas mitigatórias ou de eliminação de riscos são escassos, e devem ser alocados e priorizados de forma eficiente.

A priorização das medidas de mitigação e eliminação de perigos é consequência direta da matriz de risco utilizada e dos seus parâmetros, que em suma são qualitativos e específicos. A decisão de prioridades requer maior especificidade de classificação, e mesmo que a matriz seja adaptada para conter mais classificações, a menos que os intervalos sejam infinitesimais, sempre há a possibilidade de eventos de risco diferentes serem classificados da mesma maneira, tornando a priorização subjetiva e duvidosa.

A ICAO recomenda que os parâmetros da matriz de risco levem em consideração atributos qualitativos e quantitativos, e que ao longo de toda a análise dos riscos devam ser considerados os fatores humanos e sua interferência nos resultados. Também é sugerido no DOC 9859 que as tabelas exemplificadas sejam adaptadas às reais necessidades e complexidades dos diferentes aeródromos que aplicarem a metodologia.

1.2.2. Justificativa

A Lógica Fuzzy é largamente utilizada para tratar incertezas, abrindo mão da avaliação binária (Sim/Não, 0/1, Pertencente/Não-Pertencente), inserindo intervalos nebulosos, com graus de pertencimento de dados de entrada a classificações linguísticas. Um Sistema de Controle Fuzzy (SCF) permite tanto a diferenciação dos dados de entrada para avaliação de eventos de risco com a mesma classificação, quanto a associação de parâmetros quantitativos com base nesta entrada.

Dito isto, faz-se necessária uma proposta de aplicação de metodologias para complementar a base do gerenciamento de riscos da aviação civil, proposto

pela ICAO, utilizando um método matemático específico para quantificar informações linguísticas incertas, como a lógica fuzzy.

1.3. ESTRUTURA DO PROJETO

O trabalho a seguir é estruturado em cinco capítulos. O presente, e primeiro, capítulo é de introdução do assunto ao leitor, bem como das motivações, problemáticas e relevância do tema para o contexto da aviação civil brasileira. O segundo capítulo tem o objetivo de trazer os principais conceitos necessários para o entendimento da metodologia que será proposta. O terceiro capítulo descreve o método proposto, e as fases desenvolvidas para a análise de riscos. O quarto capítulo apresentará a aplicação do método, assim como os resultados obtidos em cada fase. O quinto e derradeiro capítulo trará as conclusões a respeito dos resultados apresentados no capítulo anterior, assim como recomendações aos leitores e pesquisadores deste campo de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. LEGISLAÇÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL NA AVIAÇÃO CIVIL

Veras (2011) discorre a respeito do Programa da Segurança Operacional (PSO), que após a Convenção de Chicago de 1944, promovida pela ICAO, passou a ser obrigatório a todos os países contratantes. O PSO é um sistema de gerenciamento que visa potencializar a atuação regulatória e administrativa das autoridades responsáveis pela aviação civil sobre a segurança operacional, se utilizando do Sistema de Supervisão da Segurança Operacional (SSSO) (ANAC, 2017). Como no Brasil existem duas principais autoridades que compartilham a responsabilidade regulatória e administrativa (Agência Nacional da Aviação Civil - ANAC e Comando da Aeronáutica - COMAER) o PSO-BR é composto pelo PSOE-ANAC e PSOE-COMAER, sendo dois programas específicos (PSOE: Programa da Segurança Operacional Específico) com o mesmo objetivo, mas atuando em diferentes diretrizes.

Ainda podem ser citados outros documentos, conforme o levantamento e revisão que Veras (2011) bem destaca em seu trabalho, no qual os divide em 2 grandes grupos: legislações Internacionais e Nacionais.

2.1.1. Legislações Internacionais

O principal órgão internacional responsável pelas ações de promoção do desenvolvimento da aviação civil é a International Civil Aviation Organization (ICAO, traduzindo, Organização Internacional da Aviação Civil). A ICAO é um organismo intergovernamental e autônomo, vinculado à Organização das Nações Unidas (ONU), sediada em Montreal no Canadá, é composta atualmente por 191 Estados-contratantes.

Dentre os regulamentos desenvolvidos pela ICAO, ressaltam-se os principais relacionados à segurança operacional:

- Anexo 14 (ICAO, 2018) - Projeto e Operação de Aeródromos: trás os princípios básicos para dimensionamento e projeto das unidades que compõem um aeródromo, incluindo as pistas de pouso e decolagem,

edifícios, instalações e equipamentos que possam ser usados total ou parcialmente para pouso, decolagem ou movimento de aeronaves. Veras (2011) destaca que este é o principal documento para gestão e operação de aeroportos da ICAO.

- Anexo 19 (ICAO, 2013) - Gestão da Segurança Operacional: é o Documento pelo qual a ICAO consolida medidas, padrões e boas práticas destinadas a auxiliar os Estados na gestão dos riscos à segurança operacional na aviação. O objetivo do anexo é apoiar uma construção contínua de uma estratégia eficiente para potencializar o desempenho da segurança operacional.
- DOC 9859 (ICAO, 2018) - Manual do Gerenciamento da Segurança (do inglês Safety Management Manual - SMM): é a legislação de maior importância para o desenvolvimento de medidas de gerenciamento de riscos à segurança na aviação civil. Trás um amplo conteúdo referente às fases do gerenciamento de riscos, assim como recomendações para implementação e os principais conceitos a serem levados em consideração no desenvolvimento de Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). É neste documento que fica estabelecida a responsabilidade dos Estados-contratantes da ICAO de fomentar a implementação de um SGSO em seus aeródromos registrados.

2.1.2. Legislações Nacionais

Como mencionado anteriormente, o Brasil adota dois órgãos principais para regulação e administração dos assuntos relacionados à aviação civil, que são a ANAC e o COMAER. A Resolução nº 30 de 21/05/2008 da ANAC institui o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC), que são normas baseadas nos anexos da ICAO aplicadas à realidade dos aeroportos brasileiros visando estabelecer critérios e requisitos de maneira geral.

Além dos já citados PSOE-ANAC e PSOE-COMAER, ainda pode-se citar outros regulamentos e normativas que auxiliam os gestores de riscos à segurança:

- RBAC 139 (ANAC, 2015) - Certificação Operacional de Aeroportos: trata de todos os requisitos a serem cumpridos pelo operador do aeródromo (exceto helipontos) para que este possa funcionar regularmente. Alcançar a certificação operacional indica que o aeroporto está em conformidade com as diretrizes de aeronavegabilidade internacional e nacional (Veras, 2011).
- RBAC 154 (ANAC, 2017): Projeto de Aeródromos: baseado majoritariamente nas diretrizes estabelecidas pelo Anexo 14 da ICAO, focando nos requisitos e procedimentos necessários para o projeto das instalações de um aeródromo, nos mesmos termos da legislação internacional. Entretanto, Veras (2011) ressalta que há algumas peculiaridades que diferem a regulamentação nacional e internacional para melhor se adequar ao contexto brasileiro.

2.2. GERENCIAMENTO DE RISCOS

No contexto de tomada de decisões, definição de metas, acompanhamento e avaliação de resultados, as organizações se utilizam de estratégias e ferramentas de gerenciamento de riscos para proporcionar a melhoria contínua de seus sistemas de gestão, e lidar da melhor maneira com interferências (sejam externas ou internas) que podem impactar negativamente os seus resultados (ISO 31000, 2019). Ainda conforme a ISO 31000 os processos padronizados de gestão de riscos podem ser replicados e adaptados ao contexto de qualquer organização.

Gerenciar riscos é um processo iterativo, como ilustra a figura 2.1, e para que a gestão seja realizada com maior eficiência deve haver a definição e aplicação de políticas e objetivos de gerenciamento de riscos, procedimentos e práticas ao longo de 5 etapas principais (ISO 31000, 2019):

- a. Atividades de comunicação e consulta;
- b. Estabelecimento de contexto e avaliação dos riscos;
- c. Tratamento dos riscos;
- d. Monitoramento e análise crítica;
- e. Registro e relato de riscos/eventos de risco.



Figura 2.1: Processos do Gerenciamento de Riscos (Fonte: ISO 31000., 2019).

Para R. Muller *et al.* (2014) o gerenciamento de riscos perpassa por todas as áreas de um organização, e para ser efetivo necessita ser compartilhado em todas as funções empresariais, e suportado por 3 pilares principais (figura 2.2): *Safety* (que na aviação civil refere-se à segurança operacional de aeroportos e seus usuários), *Security* (que se refere à segurança contra atos ilícitos e criminosos) e *Strategy* (Estratégia).



Figura 2.2: Componentes do Gerenciamento de Riscos (Fonte: R. Muller, *et al.*, 2014).

2.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS NA AVIAÇÃO CIVIL - MODELO ICAO (2018)

Na aviação civil, a ICAO em seu DOC 9859 define os pilares safety (segurança) e security (proteção) como os domínios operacionais básicos dentre aqueles que compõem o sistema da aviação geral. Também define que o gerenciamento de riscos é um dos processos que compõem o modelo de Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), sendo estes processos:

- a) Política e Objetivos;
- b) Gerenciamento de Riscos;
- c) Garantia de Segurança;
- d) Promoção da Segurança Operacional.

A segurança operacional é definida pelo RBAC 153 como:

“[...] estado no qual o risco de lesões a pessoas ou danos a bens se reduz ou se mantém em um nível aceitável, ou abaixo deste, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gestão de riscos (RBAC 153, ANAC).”

O gerenciamento de riscos à segurança operacional é o processo mais importante para que haja um nível aceitável de segurança nas operações de um aeroporto (ANAC, 2019) além de ser um dos grandes responsáveis pela efetividade destas operações (Janssen S. *et al.*, 2019) e, portanto, tem sido um foco de várias pesquisas no mundo baseadas em suas aplicações a diversos eventos de risco recorrentes à aviação civil.

O modelo ICAO do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) é um processo que evolui através de 4 fases principais: 1) Identificação de perigos e análise das consequências dos perigos; 2) Avaliação do risco associado; 3) Desenvolvimento de estratégias para eliminação ou mitigação do risco; 4) Avaliação das estratégias implementadas.

Antes de desenvolver sobre estas fases, vale ressaltar algumas definições:

Perigo: é uma condição, objeto ou atividade que potencialmente pode causar lesões às pessoas, danos a bens (equipamentos ou estruturas), perda de pessoal ou redução da habilidade para desempenhar uma função determinada (ANAC, 2019); A ICAO define perigo como uma condição ou objeto com potencial de causar ou contribuir para a ocorrência de um acidente ou incidente com alguma aeronave (ICAO, 2018).

Consequência do Perigo: é o resultado do perigo (ANAC, 2019). Utilizando o conceito anterior, as consequências seriam “lesões às pessoas, danos a bens (equipamentos ou estruturas), perda de pessoal ou redução da habilidade para desempenhar uma função determinada” na definição da ANAC, e “acidente ou incidente com alguma aeronave” na definição da ICAO.

Risco: desvio dos objetivos em relação ao resultado esperado em função de sua incerteza. Podendo resultar em oportunidades ou ameaças, não necessariamente sendo algo negativo, e sim abrangendo possibilidades positivas, negativas e até mesmo ambas (ISO 31000, 2019). O risco é a avaliação das consequências dos perigos, em termos de sua probabilidade e severidade (ANAC, 2019), de acordo com qualquer cenário possível (ICAO, 2018).

2.3.1. Identificação de Perigos e Análise das Consequências dos Perigos

O cerne de todo o processo de gerenciamento de riscos está na consideração adequada dos perigos presentes nos aeroportos e em suas operações. Assim como em qualquer outra atividade, é inevitável a associação de perigos às atividades operacionais da aviação civil, porém, a eficiência com que o operador desenvolve ações para identificação dos perigos é o que vai definir a coexistência das operações aeroportuárias com estes perigos (ICAO, 2018) proporcionando melhorias à gestão, ações de mitigação, determinando os principais focos e mesmo contribuindo no próprio desenvolvimento de aeronaves (Štumper M., Kraus J., 2016).

Os perigos às operações aeroportuárias podem vir de diversos fatores, e condições de entorno como em eventos meteorológicos, infraestrutura de suporte, execução dos procedimentos operacionais, etc. Dito isto, a identificação

de perigos deve envolver todos os envolvidos nas operações e planejamento, de maneira integrada e efetiva. Por consequência, as atividades desta fase dependem de personalidade, treinamento, experiência e de regulamentos que forneçam restrições às ações e decisões destes agentes (Canale, 2005).

São vários os métodos para se realizar uma identificação de perigos adequada ao contexto da aviação civil. A ANAC, em seu Guia para Gerenciamento de Riscos da Aviação - 2019, cita como alternativas em rol não exaustivo:

- Reuniões internas de brainstorming e discussões de assuntos de segurança operacional de forma não crítica;
- Pesquisas e questionários com a equipe;
- Relatos voluntários;
- Inspeções internas de segurança operacional;
- Investigações internas e externas de segurança operacional;
- Revisão formal de normas, procedimentos e sistemas;
- Métodos de identificação de erros e causalidade de acidentes (Modelo Reason, Modelo SHELL);
- Observações das operações diárias.

A ANAC ainda sugere que se realize a identificação das causas dos perigos levantados, podendo inclusive encontrar-se novos perigos envolvidos nas operações nesta etapa.

Canale (2005) sugere como metodologia de análise do sistema para identificação dos perigos o modelo dos 5 M's (Man, machine, media, management e mission), onde são analisados os fatores dos 5 principais subsistemas envolvidos nas operações aeroportuárias, que segundo o autor são os fatores humanos, de hardware (ou máquina), do meio em que está inserido, de gerenciamento e das atividades a serem executadas.

Sidorenko (2019) cita algumas metodologias para a identificação da natureza dos riscos, dentre as mais usadas no contexto geral de gerenciamento de risco, não se aplicando exclusivamente à aviação civil. O autor apresenta as seguintes ferramentas:

- Diagramas bow-tie;
- FMEA/FMECA;
- HAZID, HAZMAT, HAZAN;
- 5 Porquês;
- Diagramas de Influência;
- ICAM (Método de análise de causas de incidente).

O gestor do aeródromo deve, portanto, definir as ferramentas que melhor se adequem a sua equipe, de acordo com os resultados esperados desta fase do processo. O resultado da identificação de perigos é uma lista com os perigos ou condições adversas inerentes às operações do aeródromo, e os percalços associados a estes perigos (Canale, 2005).

2.3.2. Avaliação do Risco Associado

O risco é a avaliação das consequências dos perigos em função de probabilidade de ocorrência e severidade. (Stumper, 2016 e ANAC, 2019). Desta forma, somente depois de compreender as várias maneiras que as consequências dos perigos podem impactar as operações é que podemos dizer que estamos lidando com riscos (Canale, 2005).

A fase de avaliação dos riscos associa um valor numérico à realização de uma atividade, operação ou evento. (FAA, 2009). Esta definição do valor numérico, entretanto perpassa por avaliações tanto qualitativas, quanto quantitativas (Canale, 2005). O grau de risco associado a determinada operação é comparado com a tolerância, para definir se o risco é aceitável ou não. Caso a operação planejada resulte em risco inaceitável, as atividades devem ser canceladas pelos operadores. (FAA, 2009).

A ICAO, portanto, define três níveis de avaliação do risco associado às operações no DOC 9859 (2018):

- Probabilidade de Ocorrência;
- Severidade;
- Tolerância.

Cabe ressaltar que outros níveis de avaliação podem ser utilizados pelos operadores para refinar o resultado. Canale (2005) ainda sugere que seja avaliada a exposição do risco associado, ou seja, o número de pessoas ou recursos envolvidos com determinado evento ou operação. Visto que o conceito mais relevante às operações da aviação civil provém da ICAO, aqui serão explanados apenas os três níveis estabelecidos pelo DOC 9859 (2018).

2.3.3. Avaliação da Probabilidade

A avaliação da probabilidade de ocorrência é baseada na determinação da chance ou frequência que o acidente ou incidente pode ocorrer para cada perigo identificado na primeira fase do gerenciamento de riscos (Orlando, 2020). Esta probabilidade pode ser estimada ou calculada, a depender da disposição de dados confiáveis a respeito das operações (Canale, 2005).

Para Veras, 2011, a definição da probabilidade associada ao risco deve levar em consideração todas as medidas de controle e segurança já existentes no sistema, validando o conceito de iteratividade associado ao gerenciamento de riscos à segurança operacional na aviação civil.

Dada a dificuldade de se estabelecer uma análise puramente quantitativa da probabilidade de ocorrência dos riscos, a ICAO estabelece uma análise qualitativa, levando em consideração também os dados e análises existentes dos perigos e riscos de operações passadas de um mesmo sistema, conforme a Tabela 2.1:

Tabela 2.1: Probabilidade de risco à segurança.

Frequência	Significado	Valor
Frequente	Provável de ocorrer várias vezes (tem ocorrido com frequência)	5
Provável	Provável de ocorrer algumas vezes (tem ocorrido sem frequência)	4
Remoto	Improvável de ocorrer, mas possível (tem ocorrido raramente)	3
Improvável	Muito improvável de acontecer (não há registro de ocorrências)	2
Extremamente Improvável	Quase inconcebível de que o evento ocorra	1

Fonte: ICAO, 2018.

A ANAC (2019) reforça que cada operador pode utilizar a referência que melhor lhe couber para esta avaliação, desde que registrado corretamente no Manual de Gerenciamento da Segurança Operacional - MGSO do aeródromo.

2.3.4. Avaliação da Severidade

Feita a análise de probabilidades, a próxima etapa é a de avaliação da severidade das consequências dos perigos, com base na extensão dos possíveis danos resultados destes perigos (Orlando, 2020 e ICAO, 2018). São avaliados os possíveis fatalidades ou danos a pessoas que estejam em aeronaves ou em contato direto com qualquer parte da aeronave e até mesmo na área de projeção da explosão do jato da aeronave. Ainda é realizada a análise com base em danos sofridos pela aeronave ou instalações de serviços do aeroporto (ICAO, 2018).

Para a avaliação da severidade devem ser considerados os piores cenários razoavelmente esperados como resultado para as consequências dos perigos identificados (Canale, 2005), levando em consideração quaisquer medidas de mitigação existentes (ANAC, 2019).

Assim como na avaliação de probabilidades, a ICAO exemplifica uma categorização da severidade das consequências dos perigos em cinco níveis, conforme a Tabela 2.2:

Tabela 2.2: Exemplo de tabela de severidade do risco à segurança operacional.

Severidade	Significado	Valor
Catastrófica	<ul style="list-style-type: none"> • Aeronave/equipamento destruído • Múltiplas mortes 	A
Crítica	<ul style="list-style-type: none"> • Larga redução das margens de segurança, dano físico ou carga de trabalho acima da capacidade operacional de desempenhar suas atividades de maneira acurada e completa • Lesões sérias • Graves danos a equipamentos 	B
Significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Redução significativa das margens de segurança, redução na habilidade do operador em responder a condições operacionais adversas como resultado do aumento da carga de trabalho ou condições que impedem sua eficiência • Incidente sério • Lesões às pessoas 	C
Pequena	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência • Limitações operacionais • Utilização de procedimentos de emergência • Incidentes menores 	D
Insignificante	<ul style="list-style-type: none"> • Consequências leves 	E

Fonte: ICAO, 2018.

2.3.5. Avaliação da Tolerância

A combinação dos graus de probabilidade e severidade é utilizada para a definição do índice de tolerabilidade, utilizando um exemplo de matriz de risco proposto pela ICAO, alinhando as tabelas sugeridas anteriormente. A matriz de risco (Tabela 2.3) classifica conceitualmente os índices em 3 regiões principais de nível de risco: intolerável (vermelho), tolerável (amarelo), aceitável (verde) (Barroso, 2015).

Tabela 2.3: Exemplo de matriz de risco à segurança operacional.

Risco à Segurança		Severidade				
Probabilidade		Catastrófica A	Crítica B	Significativa C	Pequena D	Insignificante E
Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
Provável	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extrem. Improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

Fonte: ICAO, 2018.

A tolerabilidade da tabela é um exemplo do que pode ser feito. A matriz de risco pode ser modificada de modo a se adaptar aos critérios de tolerabilidade da própria organização. (ICAO, 2018).

2.3.6. Desenvolvimento de Estratégias para Mitigação ou Eliminação do Risco

Com base na indicação de tolerância da matriz de risco, são determinadas as ações, conforme o exemplo da ICAO (Tabela 2.4):

Tabela 2.4: Exemplo de recomendações para os riscos por nível de tolerância.

Índice de Risco	Descrição	Recomendação
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Intolerável	Tomar ações imediatas para mitigação do risco ou interromper as atividades. Realizar mitigação prioritária do risco para garantir que haja controles preventivos adicionais ou melhorados para reduzir o índice de risco para um risco tolerável.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Tolerável	Pode ser tolerado com base na mitigação do risco. Requer uma decisão de gerenciamento para aceitar o risco.
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	Aceitável	Aceitável como é. Não necessita de ações para a mitigação do risco.

Fonte: ICAO, 2018.

A ANAC (2019) destaca que as ações recomendadas na gestão de riscos são baseadas no conceito de ALARP (As Low As Reasonably Practicable, traduzindo, tão baixo quanto razoavelmente praticável), e reforça que há ampla aceitação de que os riscos na aviação civil nem sempre podem ser totalmente eliminados, havendo limites a serem definidos pela organização de uma maneira crítica, avaliando o quanto poderão pagar para proporcionar a redução dos riscos.

Entretanto, os riscos devem ser controlados e reduzidos ao nível mais baixo possível, abaixo do qual não seria mais viável técnica e economicamente implantar as medidas de segurança adicionais.

De acordo com a ICAO (2018), as mitigações dos riscos à segurança são ações que normalmente resultam em alterações nos procedimentos operacionais, equipamentos ou mesmo na infraestrutura aeroportuária. Podem ser categorizados em 3 grupos principais:

- a. Evasão: As operações são canceladas ou evitadas por conta do grau de risco associado, superando os benefícios de se insistir na sua continuidade;
- b. Redução: Para reduzir a magnitude das consequências dos riscos, a frequência das operações é também reduzida;
- c. Segregação: É promovida alguma ação para isolar os efeitos das consequências dos riscos.

Ainda seguindo as recomendações do DOC 9859 da ICAO as ações de mitigações dos riscos devem ser analisadas sobre diferentes perspectivas, sendo destacadas:

- a. Efetividade: a extensão com que as alternativas reduzem ou eliminam os riscos. Pode ser determinada em termos de defesas técnicas, de treinamento e regulatórias;
- b. Custo/benefício: o quanto os benefícios obtidos pelas mitigações de riscos balanceiam os custos;
- c. Praticidade: a viabilidade da aplicação das mitigações, considerando tecnologia disponível, recursos financeiros e administrativos, legislação, vontade política, realidade operacional, etc.;

- d. Aceitabilidade: o quanto as alternativas propostas são aceitáveis para os responsáveis por aplicá-las;
- e. Executoriedade: o quanto o monitoramento da conformidade com novas regras, regulamentos e procedimentos operacionais pode ser realizado;
- f. Durabilidade: a extensão com que a mitigação pode se sustentar efetivamente;
- g. Riscos residuais: o grau de risco remanescente após a implementação da mitigação inicial e quais medidas adicionais de controle dos riscos seriam necessárias;
- h. Consequências involuntárias: a introdução de novos perigos e riscos associados pela implementação de alguma alternativa de mitigação;
- i. Tempo: o tempo necessário para a implementação da mitigação do risco.

2.4. RISCOS OPERACIONAIS EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Orlando (2020) destaca que a maioria dos acidentes de aeronaves ocorre durante a fase de decolagem e aterrissagem. Os dados dos últimos 10 anos da aviação brasileira, disponibilizados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) corroboram esta afirmativa, como mostra a figura:



Figura 2.3: Número de ocorrências por fase de operação nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).

Vale lembrar que os eventos de risco são situações com potencial de gerar acidentes ou incidentes, logo, as estatísticas de ocorrências disponibilizadas pelo CENIPA são de eventos de risco já concretizados. Esta informação é válida para o entendimento da correlação entre os eventos de risco analisados no gerenciamento e as ocorrências registradas. O CENIPA disponibiliza as estatísticas das ocorrências de acidentes e incidentes graves e incidentes categorizadas por fator contribuinte:



Figura 2.4: Porcentagem de ocorrências de acidentes por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).



Figura 2.5: Porcentagem de ocorrências de incidentes graves por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).



Figura 2.6: Porcentagem de ocorrências de incidentes por fator contribuinte nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).

A análise distinta de acidentes, incidentes graves e incidentes importa para a avaliação do resultado esperado. A Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica 3-3 (NSCA 3-3, 2013) traz as seguintes definições para estes termos:

- **Acidente Aeronáutico:** Ocorrência em que durante qualquer fase da operação de uma aeronave há fatalidades e/ou lesões a alguma pessoa por estar em contato direto com a aeronave ou exposição ao sopro da hélice. Também se considera acidente a ocorrência de falha estrutural à aeronave que afete sua resistência, desempenho ou características de voo ou que exija grandes reparos ou substituição do componente afetado. Ainda engloba esta categoria a ocorrência de desaparecimento de aeronave ou que esta aeronave esteja em localização inacessível.
- **Incidente Aeronáutico:** Toda ocorrência relacionada à operação de uma aeronave que afete ou possa afetar a segurança da operação, sem chegar a se caracterizar como um acidente aeronáutico.
- **Incidente Aeronáutico Grave:** Ocorrência de incidente em que as circunstâncias indiquem um elevado potencial de risco de acidente relacionado à operação de uma aeronave durante qualquer de suas fases de operação. Se diferencia do acidente apenas pelas suas consequências.

Destaca-se na análise das Figuras 2.4, 2.5 e 2.6 o alto índice do fator humano nas ocorrências, sendo o principal contribuinte associado às ocorrências das três categorias, seguido por um grupo minoritário de ocorrências associadas a fatores de infraestrutura de suporte. As várias interferências do fator humano nas ocorrências evidenciam que as metodologias e ferramentas devem levar em consideração cada vez mais as incertezas associadas à complexidade do raciocínio humano em sua tomada de decisão.

Os dados analisados anteriormente englobam os diversos segmentos da aviação civil, sejam de aviação regular, agrícola, particular, de instrução, etc. Para o foco deste trabalho, serão analisados os dados referentes à aviação regular, que lida o com maior público, tendo o maior impacto em vários outros segmentos da economia brasileira. Quando analisados os tipos de ocorrências, ou seja, os principais riscos que se concretizaram na aviação regular, os dados do CENIPA dos últimos 10 anos mostram esta configuração:



Figura 2.7: Número de ocorrências na aviação regular por tipo de ocorrência nos últimos 10 anos no Brasil (Fonte: CENIPA).

Os dados da figura 2.7 alertam que os principais riscos operacionais aos aeroportos brasileiros originam consequências de menor impacto, tendo em sua maior parte gerado incidentes. Entretanto, é importante ressaltar que incidentes aeronáuticos podem ser responsáveis por falhas na eficiência das operações aeroportuárias, mesmo não gerando grandes danos aos equipamentos, aeronaves e usuários do transporte aéreo. Estas falhas na eficiência originam transtornos aos operadores e passageiros, mas também podem vulnerabilizar as operações aeroportuárias a novos riscos à segurança.

A implicação direta dos registros de ocorrências nos últimos 10 anos também indica os principais riscos na aviação regular brasileira em ordem de maior número de ocorrências: 1) Falhas ou mau funcionamento de sistemas/componentes; 2) Colisão com ave; 3) Falha do motor em voo; 4) Outros riscos diversos; 5) Causado por fenômeno meteorológico em voo; 5) Estouro de pneu; 6) Tráfego aéreo; 7) Riscos com o trem de pouso; 8) Descompressão não intencional / explosiva; 9) Risco com pára-brisas / janela / porta. É importante evidenciar que estes foram os riscos que mais se concretizaram em acidentes ou incidentes, e não necessariamente definem que foram os maiores registros de

eventos de risco. Entretanto, o registro de ocorrências enfatiza a necessidade de maior controle e mitigação das causas raízes destes eventos.

2.5. NOÇÕES BÁSICAS DA LÓGICA FUZZY

2.5.1. Histórico e Definições

A Lógica Fuzzy foi introduzida ao meio científico por Lofti Asker Zadeh em 1965, pela publicação do artigo Fuzzy Sets no *Jornal Information and Control* (Rignel, 2011). Em suas primeiras aplicações, teve larga aceitação e fomento no universo computacional, entretanto já encontra espaço em outros campos de pesquisa como em gerenciamento de projetos (Watanabe *et al.*, 2019) e mesmo no foco deste trabalho, que é a aviação civil (Papis e Matyjewski, 2019; Pokorádi, 2010).

A técnica amplia o horizonte de possibilidades de resposta de dispositivos eletrônicos. Ao invés de restringir esta resposta ao conjunto binário {0, 1} ou {Sim, Não}, introduz o conceito de pertinência, sendo este o grande diferencial da teoria dos números nebulosos (Krikhtine, 2018).

O conceito de pertinência se baseia a proposição de que, diferentemente da lógica booleana (Verdadeiro = 1 ou Falso = 0), existem alternativas intermediárias, admitindo a possibilidade de um “Quase Verdadeiro = 0,9” ou “Quase Falso = 0,1” (Rignel, 2011). Zadeh propõe em sua teoria que entre os limites 0 e 1 existe uma função de pertinência $\mu(x)$ do tipo:

$$\begin{aligned} & 0 \text{ para } x < a \\ x = \mu(x); \mu(x) = & \mu_A(x) \text{ para } 0 \leq x \leq 1 & (1) \\ & 1 \text{ para } x > b \end{aligned}$$

Graficamente, a função $\mu(x)$ acima teria comportamento como ilustrado abaixo:

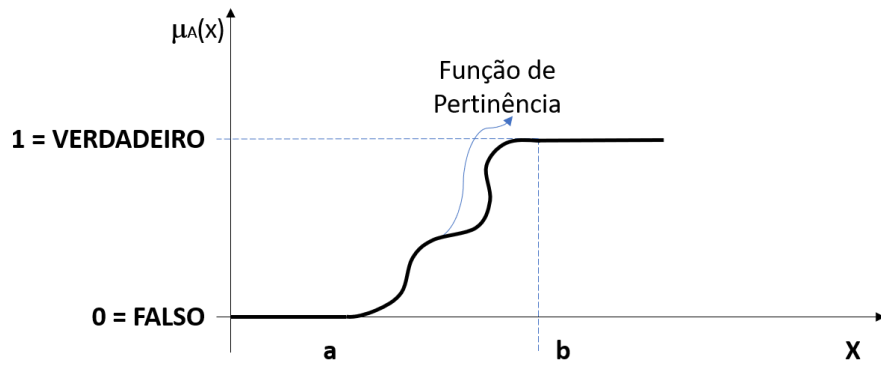


Figura 2.8: Exemplo de função de pertinência (Fonte: acervo pessoal).

A função pertinência $\mu_A(x)$ pode assumir diversas formas, a depender da distribuição analisada. O caso mais utilizado é o de função pertinência triangular. Se aplicarmos o exemplo de VERDADEIRO/FALSO à função pertinência $\mu_A(x)$ triangular, temos um comportamento conforme a imagem abaixo:

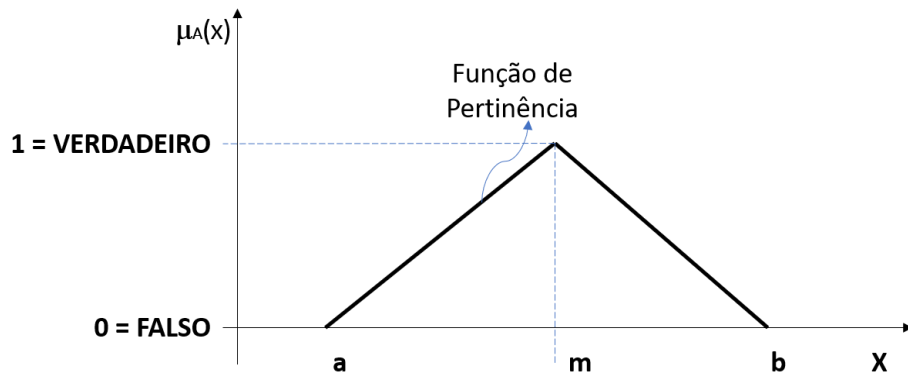


Figura 2.9: Exemplo de função de pertinência triangular (Fonte: acervo pessoal).

As operações entre dois diferentes conjuntos fuzzy e suas respectivas funções de pertinência também são definições importantes de serem compreendidas:

- A Soma de dois conjuntos Fuzzy A e B, com funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$ respectivamente, num mesmo espaço X é dada pela seguinte relação:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A, \mu_B), \text{ para todo } x \in X \quad (2)$$

- A Intersecção de dois conjuntos Fuzzy A e B, com funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$ respectivamente, num mesmo espaço X é dada pela seguinte relação:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A, \mu_B), \text{ para todo } x \in X \quad (3)$$

2.5.2. Sistema de Controle Fuzzy

Papis *et al.* (2019) descrevem o sistema clássico de um controle fuzzy conforme a representação da figura abaixo:

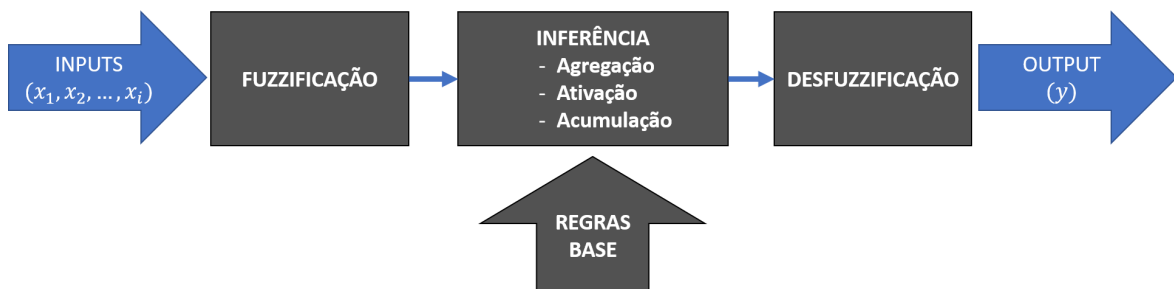


Figura 2.10: Sistema de controle fuzzy (Fonte: Papis, *et al.* 2019 - Adaptado).

Pela figura 2.10 é possível notar 3 fases principais no sistema de controle fuzzy. Estas fases são descritas conforme sugerido por Ebrahim H. Mamdani em 1973, da seguinte forma:

- Fuzzificação:** Converte a entrada de um valor numérico numa variável linguística, com base nas funções de pertinência, determinando um grau de pertinência a esta entrada em cada função.
- Inferência:** É a fase onde a pertinência do dado de saída é definida, tendo como parâmetro inicial as Regras Base, e passando por três estágios de inferência: Agregação, Ativação e Acumulação.
 - **Regras Base** são correlações entre conjuntos fuzzy de entrada, determinando uma saída específica para diferentes combinações. Normalmente estão na forma de funções lógicas E e OU, como o exemplo a seguir:

“SE X = A₁ E Y = B₁ ENTÃO Z = C₁”.

Neste caso, “ $X = A_1$ ” e “ $Y = B_1$ ” são denominados **Antecedentes da Regra**, ao passo que o termo “ $Z = C_1$ ” é chamado de **Consequente da Regra**.

No contexto da aviação civil, as regras base se enquadram nos resultados da própria matriz de risco, como:

“SE *Probabilidade = Frequente* E *Severidade = Catastrófica* ENTÃO *Risco = Intolerável*”.

- I. **Agregação:** Estágio de inferência no qual é avaliada a disjunção dos antecedentes da regra, utilizando premissas da regra simples, com apenas um antecedente, ou com dois antecedentes associados pela conjunção OU.
 - II. **Ativação:** Neste processo, as regras que melhor representam os valores de entrada são ativadas, gerando uma função de pertinência única para a implicação fuzzy $\mu_{A \rightarrow B}(x,y)$ (Papis *et al.* 2019). O método de inferência de Mamdani (1973) considera o operador de MÍNIMO para esta implicação:
$$\mu_{A \rightarrow B}(x,y) = \text{MIN} (\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (4)$$
 - III. **Acumulação:** junção dos resultados das implicações em um único conjunto de dados, utilizando o operador de MÁXIMO (Papis *et al.* 2019), gerando então uma saída de valor linguístico.
- c. **Defuzzificação:** este processo é aplicado quando é necessária uma saída numérica do problema. São vários os métodos para este processo. Papis *et al.* citam os seguintes: Primeiro do Máximo, Último do Máximo, Centro do Máximo, Centro de Gravidade e Método da Altura.

3. MÉTODO

A análise do risco e tolerabilidade de risco proposta pela ICAO agrupa as classificações qualitativas de probabilidade e severidade para determinar uma tolerabilidade, também qualitativa. A proposta deste estudo é realizar a análise de riscos da aviação civil associando parâmetros quantitativos aos qualitativos, por meio da lógica Fuzzy.

A lógica Fuzzy vem para tratar a incerteza inerente à tomada de decisões (Watanabe *et al.*, 2019). Krikhtine (2018) discorre que os sistemas em lógica nebulosa são extremamente aplicáveis para duas situações:

- a) Situações em que o comportamento não é bem compreendido, gerando alta complexidade;
- b) Situações em que é fornecido um resultado aproximado de maneira rápida.

O autor conclui que esta técnica auxilia no processamento de dados linguísticos por sentenças mais adequadas e parecidas com a estrutura de pensamento humano, através do processamento lógico matemático nebuloso.

Pokorádi (2010) desenvolve uma visão geral do gerenciamento e avaliação de riscos utilizando a matriz de probabilidade e impacto para exemplificar a aplicação de conjuntos fuzzy na metodologia utilizada para o gerenciamento de riscos na aviação civil.

O autor ressalta que a avaliação dos riscos é dada pelo produto da probabilidade de um evento ocorrer pela severidade dos impactos deste evento, e que a determinação destes dois parâmetros não pode ser realizada de maneira inequívoca. A avaliação da probabilidade e severidade das consequências de um perigo está sujeita a falhas em sua determinação, e certa margem de aceitabilidade para diferentes valores representando uma mesma classificação linguística. A incerteza na combinação entre as categorias probabilidade e severidade pode ser modelada, então, utilizando a lógica Fuzzy.

A avaliação das funções de pertinência para cada classificação linguística das categorias de probabilidade e severidade foi um dos desafios encontrados na

pesquisa de Pokorádi. Este desafio foi superado coletando informações com especialistas em gestão de riscos, com maior propriedade para definir um valor numérico associado aos valores lógicos, assim como a determinação do raio de pertinência. Papis *et al.* se utilizaram do *expert method*, com uma pesquisa conduzida com pilotos, associada a dados estatísticos para determinar a probabilidade de ocorrência e severidade (baseada em danos às pessoas e perda de materiais) de doze principais eventos avaliados pelos autores.

Tendo estes trabalhos como base, este estudo prosseguirá em 4 fases, conforme o fluxograma abaixo:

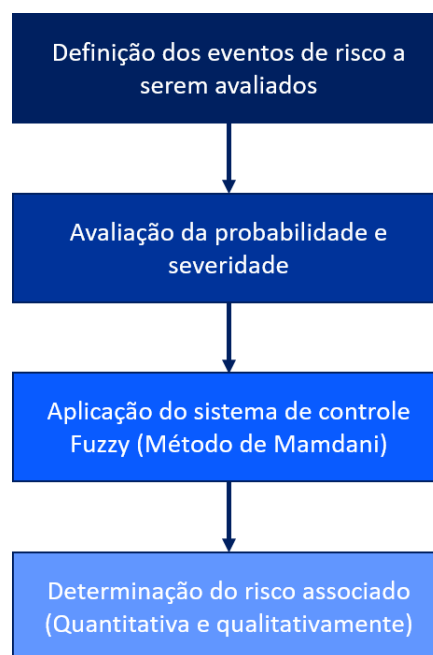


Figura 3.1: Fluxograma de desenvolvimento do estudo (Fonte: acervo pessoal).

1) Definição dos eventos de risco;

Nesta fase, serão analisados os principais eventos de risco em aeroportos brasileiros, com base nos dados do CENIPA e estudos recentes focados no assunto. Estes eventos de risco serão analisados pela matriz de risco nas fases posteriores.

- 2) Avaliação da probabilidade e severidade por meio de consulta aos especialistas, e por meio de outras ferramentas de análise quantitativa de riscos;

Será realizada uma pesquisa com especialistas de análise de riscos e operações aeroportuárias, para a determinação do nível de probabilidade e severidade dos eventos definidos na fase anterior. Esta avaliação pode ser enviesada para cada avaliador de acordo com suas experiências, então será buscado no mínimo três avaliadores que possam se dedicar à pesquisa, para se fazer a médias de suas avaliações.

Esta pesquisa servirá de insumo para os *inputs* do sistema de controle fuzzy, que será a próxima fase, e também para a definição das funções de pertinência de cada categoria qualitativa de probabilidade, severidade e tolerância.

- 3) Aplicação de um sistema de controle fuzzy, associado ao método de Mamdani;

Com os dados da fase 2, o sistema de controle fuzzy da figura 2.10 será utilizado com o auxílio computacional, para a análise do risco, conforme a classificação da ICAO (2018), nas tabelas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4.

- 4) Determinação do risco associado ao evento, classificando-o qualitativa e quantitativamente.

Os dados de output do sistema de controle fuzzy serão classificados conforme a tabela 2.4, e serão determinados seus valores quantitativos de risco associado aos eventos.

4. APLICAÇÃO E RESULTADOS

4.1. APLICAÇÃO DA PESQUISA

Os resultados deste trabalho foram obtidos com o apoio de especialistas em avaliação de riscos à segurança operacional. O foco foi simular uma avaliação de operações aeroportuárias com um time multidisciplinar, mas nenhum especialista teria acesso ao viés de avaliação de outro.

A avaliação de riscos, em diversos campos onde pode ser aplicada, apresenta-se de maneira reativa (quando as consequências já foram concretizadas), preventiva (quando o evento de risco já está em andamento, mas ainda não gerou consequências) e proativa (quando o evento de risco ainda não aconteceu). Optou-se nesta pesquisa a abordagem preventiva prioritariamente. Entretanto, é válido ressaltar que o objeto de pesquisa é adaptável a todas as 3 abordagens mencionadas, desde que apresentem valores numéricos como *input*.

4.1.1. Estrutura da Pesquisa

A pesquisa foi aplicada por meio de um formulário na plataforma SurveyMonkey, e direcionada a profissionais atuantes e especializados em SGSO.

O formulário coleta informações a respeito de: área de formação dos respondentes; ocupação no momento da pesquisa; há quanto tempo atuam com SGSO; em qual(is) estado(s) atua com SGSO; número do código do aeroporto de maior complexidade que atua (de acordo com a classificação da ICAO); letra do código do aeroporto de maior complexidade que atua (de acordo com a classificação da ICAO). Estas informações são coletadas visto que a utilização da Lógica Fuzzy tem por objetivo balizar as incertezas de avaliações de risco, e a experiência de cada profissional naturalmente gera vieses em sua avaliação individual e específica.

A avaliação de riscos no formulário é aplicada a duas simulações de operações aeroportuárias (Manutenção de Pista e Pouso de Emergência), que serão melhor apresentadas no item 4.1.2. Após a apresentação da operação, são destacados alguns eventos de risco associados a cada uma, e então os

respondentes são convidados a avaliar numericamente a Severidade e Probabilidade associadas a cada evento de risco. Esta avaliação de risco foi baseada num exemplo de matriz de risco adaptada pelo Aeroporto Internacional de Incheon, na Coreia do Sul, disponibilizada como exemplo pela ICAO¹, destacando 3 parâmetros de perda na avaliação de severidade (perdas humanas, de equipamentos e em operações) e o tempo de recorrência para a probabilidade (em meses). As legendas foram disponibilizadas no próprio formulário, como nas figuras 4.1 e 4.2. Estas legendas foram utilizadas para embasar as respostas, trazendo alguns limites norteadores, visto que as respostas requeridas são numéricas, e portanto específicas.

LEGENDA PARA AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE			
N°	Severidade	Perda	Significado
A	Catastrófico	Humanas	Provavelmente mais que 10 pessoas
		Equipamentos	Mais de 10 milhões de dólares
		Operações	Aeroporto fechado ou suspensão de operação
B	Grave	Humanas	Provavelmente entre 1 e 9 pessoas
		Equipamentos	Mais de 1 milhão de dólares e menos de 10 milhões
		Operações	Pista fechada por mais de 24H, Taxiway ou aproximações fechadas por mais de
C	Moderado	Humanas	Danos sérios, pessoas hospitalizadas
		Equipamentos	Mais de 100.000 e menos de 1 milhão de dólares
		Operações	Pista fechada por mais de 12H, Taxiway ou aproximações fechadas por menos
D	Fraco	Humanas	Danos leves, mais de 4 semanas de tratamento
		Equipamentos	Mais de 10.000 e menos de 100.000 dólares
		Operações	Cancelamento de vôos ou atrasos de até 3H
E	Insignificante	Humanas	Danos leves, menos de 4 semanas de tratamento
		Equipamentos	Menos de 10.000 dólares
		Operações	Sem efeitos às operações

Figura 4.1: Legenda para avaliação da Severidade (Fonte: Aeroporto Internacional de Incheon - KOR, adaptada).

LEGENDA PARA AVALIAÇÃO DE PROBABILIDADE		
N°	Probabilidade	Significado
5	Frequente	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada mês
4	Ocasional	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada ano
3	Remoto	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada 5 anos
2	Improvável	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada 20 anos
1	Muito Improvável	Nestas condições, é improvável que o evento ocorra em 20 anos

Figura 4.2: Legenda para avaliação da Probabilidade (Fonte: Aeroporto Internacional de Incheon - KOR, adaptada).

4.1.2. Eventos de Risco Propostos

Diante dos dados explanados no item 2.4, foram definidas algumas situações que facilitam a ocorrência de eventos de risco, em contextos que contemplem pelo menos 1 fator contribuinte dentre os destacados nas figuras 2.4, 2.5 e 2.6, e o tipo de ocorrência preferencialmente presente na figura 2.7.

As simulações das duas operações avaliadas foram apresentadas aos respondentes com os tópicos: Descrição da Operação, Descrição dos Perigos Analisados, Consequências dos Perigos (Eventos de Risco) e Medidas Mitigadoras Existentes. Os perigos e suas consequências foram propostos de maneira limitada, já que o objetivo é ter uma análise experimental. A seguir, serão apresentadas as situações propostas:

Situação 01 - Operação de Manutenção de Pista

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO

Após uma precipitação de 10 minutos, está prevista uma operação para manutenção da pista, para remoção do acúmulo de água e de borracha na área de toque. A operação é em um aeroporto de pista única, que realiza cerca de 350 operações diárias de pouso e decolagem.

DESCRIÇÃO DOS PERIGOS ANALISADOS

- 1) Trabalhador inexperiente entra/permanece na pista sem a autorização da TWR (do inglês “Tower” - Torre de Controle);
- 2) Invasão dos motores à área lateral da pista.

CONSEQUÊNCIAS DOS PERIGOS

- 1) Colisão de Aeronave com veículo/pessoas;
- 2) Ingestão de componentes pelas turbinas e consequente falha nos motores.

MEDIDAS MITIGADORAS EXISTENTES

1) Exame prático para admissão de motoristas; Supervisão da fraseologia utilizada por motoristas e controladores; Comunicações de trabalhadores de manutenção, pilotos e TWR em VHF; Plano Operacional de Obras e Serviços (POOS).

2) Check-list de operação para os trabalhadores da manutenção

Situação 02 - Pouso Emergencial

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO

Por conta de um passageiro passando mal, o piloto avalia a possibilidade de um pouso emergencial de um Boeing 747-8 num aeroporto com operação máxima de Boeing 747-400, de classificação 4E.

DESCRIÇÃO DOS PERIGOS ANALISADOS

1) Habilidades do piloto insuficientes para realizar a frenagem no comprimento de pista disponível;

2) Esforços aplicados ao pavimento além de sua resistência.

CONSEQUÊNCIAS DOS PERIGOS

1) Excursão de pista;

2) Deterioração do pavimento da pista de pouso/decolagem ou pistas de táxi.

MEDIDAS MITIGADORAS EXISTENTES

1) Monitoramento de dados de vôo; Line Operational Safety Audit - LOSA; Runway End Safety Area - RESA; Emissões de reportes de condições da pista;

2) Inspeção operacional rotineira da pista de pouso/decolagem; Plano de manutenção preventiva das pistas de pouso/decolagem e táxi.

4.2. RESULTADOS OBTIDOS

Foram avaliadas as respostas de 5 avaliadores, com diferentes experiências, e com as mesmas situações apresentadas a todos. Algumas respostas foram coletadas para trazer o panorama de experiência de atuação de cada um, que foram: Área de formação, área de atuação, tempo de atuação em SGSO (em anos) e o código do aeródromo de maior complexidade que atua. Estas informações estão presentes na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Informações sobre os avaliadores

Avaliador	Área de Formação	Área de Atuação	Tempo de Atuação em SGSO	Código do Aeródromo
Avaliador 01	Gestão de Aviação Civil	Gestor de SGSO	12	4F
Avaliador 02	Ciências Aeronáuticas	Aeroportuário	40	4F
Avaliador 03	Aviação Civil e Segurança de Voo	Gestor Safety	11	4F
Avaliador 04	Ciências Aeronáuticas	Analista de Qualidade e Segurança	6	4F
Avaliador 05	Tecnologia	Gerente de Operações	15	3C

Diante das situações propostas, e considerando apenas as medidas mitigadoras apresentadas no roteiro, os avaliadores propuseram valores de Severidade, considerando apenas perdas de equipamentos, em dólares, e Probabilidade, levando em conta o tempo de recorrência, em meses.

Para a Situação 01, foram apresentados 2 eventos de risco: 1.1) Colisão de Aeronave com veículo/pessoas e 1.2) Ingestão de componentes pelas turbinas e conseqüente falha nos motores. Os resultados da avaliação de severidade e probabilidade destes eventos são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Avaliação de severidade e probabilidade dos eventos 1.1 e 1.2

Avaliador	Severidade 1.1	Probabilidade 1.1	Severidade 1.2	Probabilidade 1.2
Avaliador 01	\$10.000,00	2	\$10.000,00	7
Avaliador 02	\$50.000.000,00	1	\$100.000,00	1
Avaliador 03	\$100.000.000,00	60	\$100.000.000,00	60
Avaliador 04	\$80.000,00	180	\$100.000,00	48
Avaliador 05	\$100.000.000,00	240	\$100.000.000,00	240

Para a Situação 02, foram apresentados 2 eventos de risco: 2.1) Excursão de pista e 2.2) Deterioração do pavimento da pista de pouso/decolagem ou pistas de táxi. Os resultados da avaliação de severidade e probabilidade destes eventos são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Avaliação de severidade e probabilidade dos eventos 2.1 e 2.2

Avaliador	Severidade 2.1	Probabilidade 2.1	Severidade 2.2	Probabilidade 2.2
Avaliador 01	\$10.000,00	2	\$0,00	3
Avaliador 02	\$500.000,00	1	\$100.000,00	1
Avaliador 03	\$100.000.000,00	240	\$60.000,00	600
Avaliador 04	\$8.000.000,00	50	\$100.000,00	60
Avaliador 05	\$100.000.000,00	600	\$10.130.000,00	600

A análise direta dos valores obtidos mostra discrepâncias entre as respostas. Para este trabalho, serão considerados todos os valores, para com eles realizar uma média. Desta forma, valores muito altos reforçam a tendência do avaliador a se inclinar a uma avaliação mais crítica, e valores muito baixos denotam a perspectiva de que as medidas mitigadoras existentes na simulação já são boas alternativas para os eventos de risco analisados. Também é levado em consideração que a experiência com SGSO é aplicada de diversas formas, em vários setores, tendo como o mínimo a matriz proposta pela ICAO. Apenas foi

considerado como inválido o valor nulo da severidade 2.2 para o Avaliador 1, e descartado para fazer a média.

Portanto, utilizando as médias dos valores obtidos, e então lançando estes valores nos intervalos das figuras 4.1 e 4.2, são atingidos os resultados da tabela 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4: Média e classificação de severidade e probabilidade dos eventos 1.1 e 1.2

	Severidade 1.1	Probabilidade 1.1	Severidade 1.2	Probabilidade 1.2
Média	\$50.018.000,00	96,60	\$40.042.000,00	71,20
Classificação ICAO	A	3	A	3

Tabela 4.5: Média e classificação de severidade e probabilidade dos eventos 2.1 e 2.2

	Severidade 2.1	Probabilidade 2.1	Severidade 2.2	Probabilidade 2.2
Média	\$41.702.000,00	178,60	\$2.597.500,00	252,80
Classificação ICAO	A	3	B	2

Os resultados obtidos trazem, então, 3 eventos de risco com a mesma classificação (3A), que pela tabela 2.4 são associados à categoria Intolerável, sendo necessário desenvolver medidas mitigadoras para todos os eventos, visando reduzir sua classificação. É notório que a criticidade da severidade é o fator de maior impacto, sendo necessário desenvolver mais medidas voltadas a esta redução. Além disso, um dos eventos é de classificação 2B, e consequentemente Tolerável, necessitando de medidas mitigatórias.

Entretanto, a classificação idêntica dos eventos de risco, reforça o objetivo da pesquisa. No próximo tópico, será realizada a aplicação da Lógica Fuzzy aos valores obtidos para se promover um valor adicional à categoria utilizando a metodologia explicada no item 2.5.

4.3. APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY

Os dados obtidos no item 4.2 são utilizados como input para o Sistema de Controle Fuzzy, como na Figura 2.10. O Sistema foi criado utilizando o software Scilab® em sua versão 6.1.1, com o apoio do Toolbox sciFLT.

4.3.1. Funções de Pertinência

As funções utilizadas levaram em consideração os intervalos nas figuras 4.1 e 4.2. Foram arbitradas funções trapezoidais para os intervalos das extremidades, e triangulares para os intervalos centrais. A Lógica Fuzzy é aplicada por levar em consideração que existe um intervalo de valores de classificação duvidosa, onde um mesmo valor pode ser associado a pelo menos duas classificações linguísticas. Portanto, aos valores limites de Severidade descritos na Figura 4.1 foi adicionada uma margem de 10% para mais e para menos deste valor. Por exemplo, para a avaliação da Severidade, o intervalo de severidade “Fraco” é compreendido pelos limites inferior e superior \$10.000,00 e \$100.000,00 respectivamente. Foi adotado um intervalo de \$9.000,00 a \$110.000,00 com a margem de 10%. Os valores centrais que representam 100% da função de pertinência de severidade foram atribuídos ao valor exatamente no centro do intervalo. O mesmo se repete a todos os valores de Severidade, como mostra a Figura 4.3.

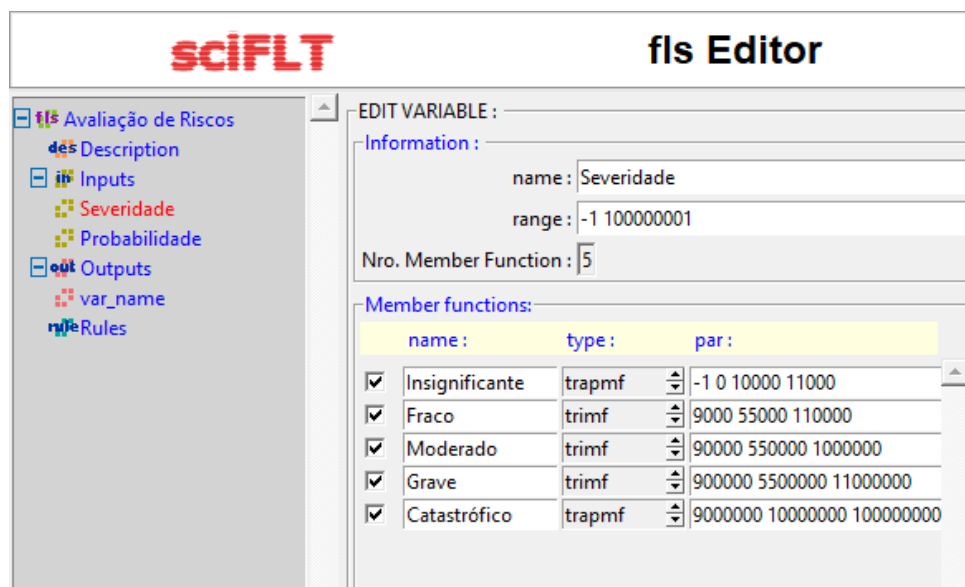


Figura 4.3: Intervalos de Severidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).

As curvas de pertinência de Probabilidade foram realizadas com os mesmos formatos das de Severidade, entretanto, os limites dos intervalos foram tomados diferentemente. O limite inferior de um intervalo é dado como o inverso do valor que representa a variável linguística anterior. O limite superior é dado como o inverso valor que representa a variável linguística subsequente. Por exemplo, a Figura 4.2 associa o valor de Remoto como 60 meses, portanto os limites inferior e superior de sua função de pertinência são 1/12 meses (valor atribuído a Ocasional) e 1/240 meses (valor atribuído a Improvável), sendo o Remoto associado diretamente ao valor 1/60. Os intervalos das funções de Probabilidade são mostrados na Figura 4.4.

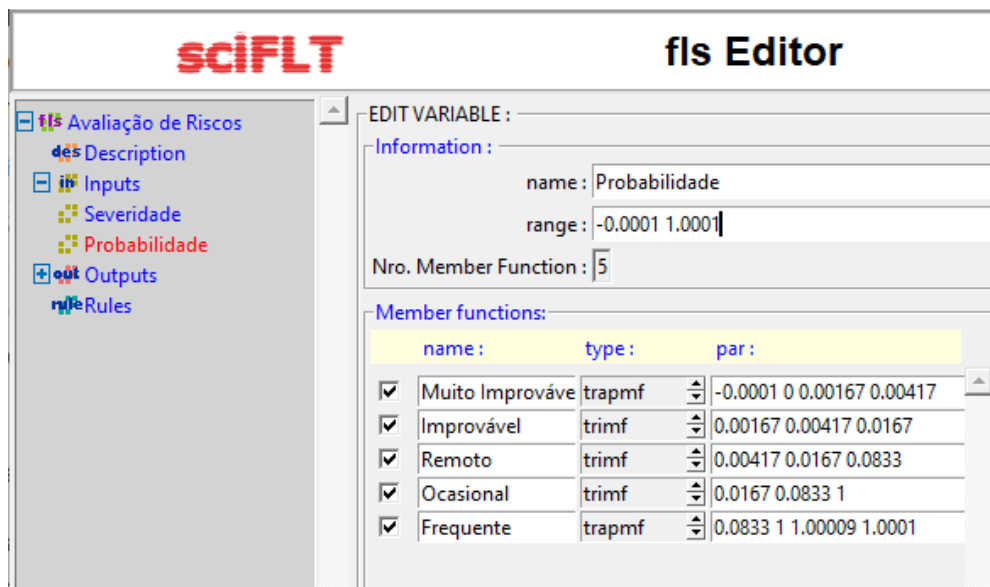


Figura 4.4: Intervalos de Probabilidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).

É importante notar que os valores de Probabilidade serão analisados como o inverso do número de meses de recorrência, sendo o input da probabilidade $1/X$, onde X é o número de meses resultado da média dos respondentes.

Também foram constituídas as funções de pertinência para a Tolerabilidade, associando os valores dos intervalos Aceitável, Tolerável e Intolerável. Não há regra numérica para estes intervalos, portanto arbitrou-se os intervalos das Figura 4.5a e 4.5b.

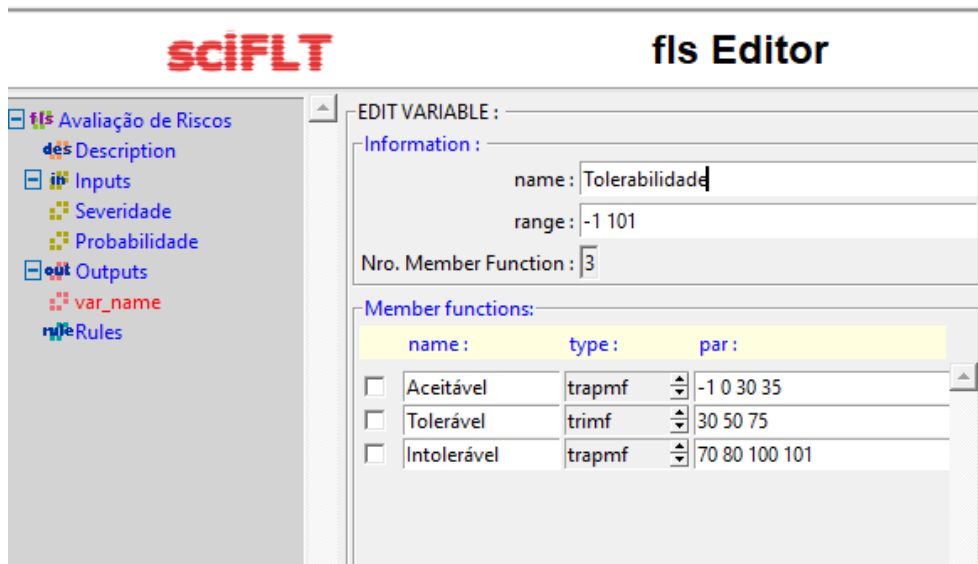
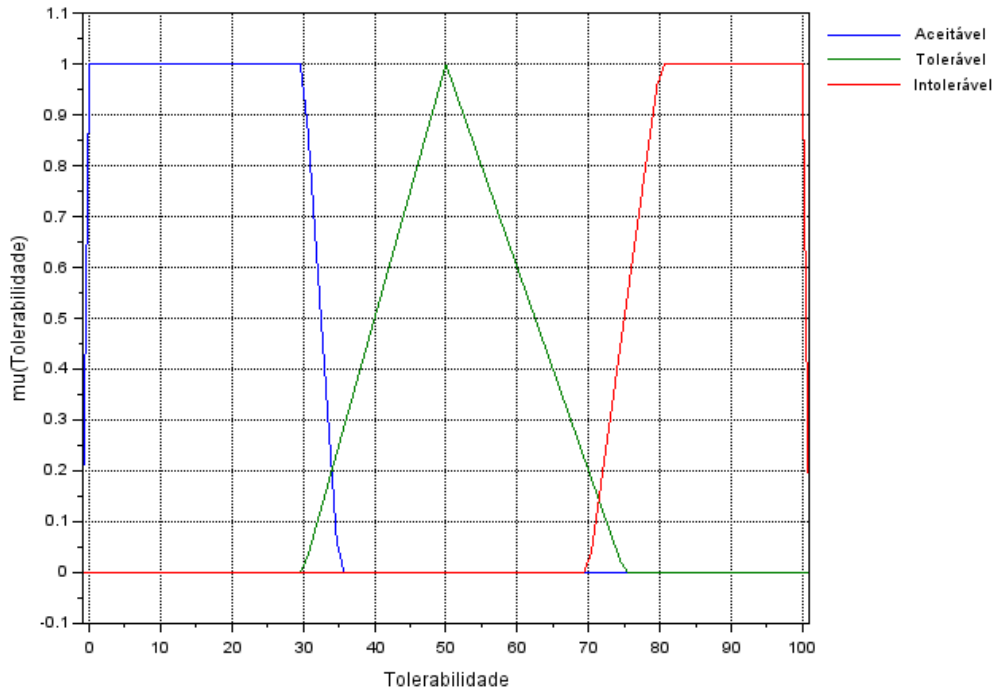


Figura 4.5a e 4.5b: Intervalos de Tolerabilidade utilizados no Scilab® (Fonte: Scilab).

4.3.2. Sistema de Controle Fuzzy

4.3.2.1. Fuzzificação

Este processo é realizado de maneira direta. Um valor numérico é convertido em variável linguística, de acordo com o intervalo em que é compreendido. Naturalmente, neste processo um valor pode ser associado a mais de uma variável. Nestes casos, é avaliado o grau de pertinência deste valor para

cada função, associando à variável o valor da ordenada no ponto X dado como input (probabilidade/severidade).

4.3.2.2. Inferência

A inferência é primeiramente apoiada pelas regras base. Estas regras são as correlações de Severidade X Probabilidade = Tolerabilidade. Por exemplo:

Se Severidade = 5 (Catastrófica) e Probabilidade = A (Frequente), Tolerabilidade = 5A (Intolerável).

Ao todo são 25 regras, seguindo a Tabela 2.4, como mostra a Figura 4.6.

sciFLT	fls Editor
RULE EDITION	
<pre> R1: IF {Severidade IS Catastrófico} AND {Probabilidade IS Frequente} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R2: IF {Severidade IS Catastrófico} AND {Probabilidade IS Ocasional} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R3: IF {Severidade IS Catastrófico} AND {Probabilidade IS Remoto} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R4: IF {Severidade IS Catastrófico} AND {Probabilidade IS Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R5: IF {Severidade IS Catastrófico} AND {Probabilidade IS Muito Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R6: IF {Severidade IS Grave} AND {Probabilidade IS Frequente} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R7: IF {Severidade IS Grave} AND {Probabilidade IS Ocasional} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R8: IF {Severidade IS Grave} AND {Probabilidade IS Remoto} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R9: IF {Severidade IS Grave} AND {Probabilidade IS Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R10: IF {Severidade IS Grave} AND {Probabilidade IS Muito Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R11: IF {Severidade IS Moderado} AND {Probabilidade IS Frequente} THEN {Tolerabilidade IS Intolerável} weighth=1.0 R12: IF {Severidade IS Moderado} AND {Probabilidade IS Ocasional} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R13: IF {Severidade IS Moderado} AND {Probabilidade IS Remoto} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R14: IF {Severidade IS Moderado} AND {Probabilidade IS Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R15: IF {Severidade IS Moderado} AND {Probabilidade IS Muito Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R16: IF {Severidade IS Fraco} AND {Probabilidade IS Frequente} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R17: IF {Severidade IS Fraco} AND {Probabilidade IS Ocasional} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R18: IF {Severidade IS Fraco} AND {Probabilidade IS Remoto} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R19: IF {Severidade IS Fraco} AND {Probabilidade IS Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R20: IF {Severidade IS Fraco} AND {Probabilidade IS Muito Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R21: IF {Severidade IS Insignificante} AND {Probabilidade IS Frequente} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R22: IF {Severidade IS Insignificante} AND {Probabilidade IS Ocasional} THEN {Tolerabilidade IS Tolerável} weighth=1.0 R23: IF {Severidade IS Insignificante} AND {Probabilidade IS Remoto} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R24: IF {Severidade IS Insignificante} AND {Probabilidade IS Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 R25: IF {Severidade IS Insignificante} AND {Probabilidade IS Muito Improvável} THEN {Tolerabilidade IS Aceitável} weighth=1.0 </pre>	

Figura 4.6: Regras base utilizadas no Scilab® (Fonte: Scilab).

4.3.2.3. Defuzzificação

A Defuzzificação associa uma série de operações gráficas para trazer um resultado numérico ao output do Sistema de Controle Fuzzy. As tabelas 4.6 e 4.7 trazem os resultados obtidos como output para os valores de entrada já mencionados. O processo de defuzzificação utilizado foi o de centróide.

Tabela 4.6: Resultados da defuzzificação dos eventos 1.1 e 1.2

	Severidade 1.1	Probabilidade 1.1	Severidade 1.2	Probabilidade 1.2
Input (Média)	\$50.018.000,00	$1/96,6 = 0,0104$	\$40.042.000,00	$1/71,2 = 0,0140$
Classificação ICAO	3A		3A	
Output	67,452		76,940	

Tabela 4.7: Resultados da defuzzificação dos eventos 2.1 e 2.2

	Severidade 2.1	Probabilidade 2.1	Severidade 2.2	Probabilidade 2.2
Input (Média)	\$41.702.000,00	$1/178,6 = 0,00560$	\$2.597.500,00	$1/252,8 = 0,00396$
Classificação ICAO	3A		2B	
Output	55,978		46,075	

Os resultados obtidos da análise dos eventos de risco trazem outro parâmetro para agregar a avaliação. Se o número associado é interpretado como potencializador do risco, considera-se que quanto maior o número, maior a criticidade do evento, e conseqüentemente, maior a necessidade de desenvolvimento de ações para eliminar ou mitigar o risco associado.

Em ordem decrescente de criticidade os eventos são classificados da seguinte forma:

- ① Evento 1.2: 3A - 76,940
- ② Evento 1.1: 3A - 67,452
- ③ Evento 2.1: 3A - 55,978
- ④ Evento 2.2: 2B - 46,075

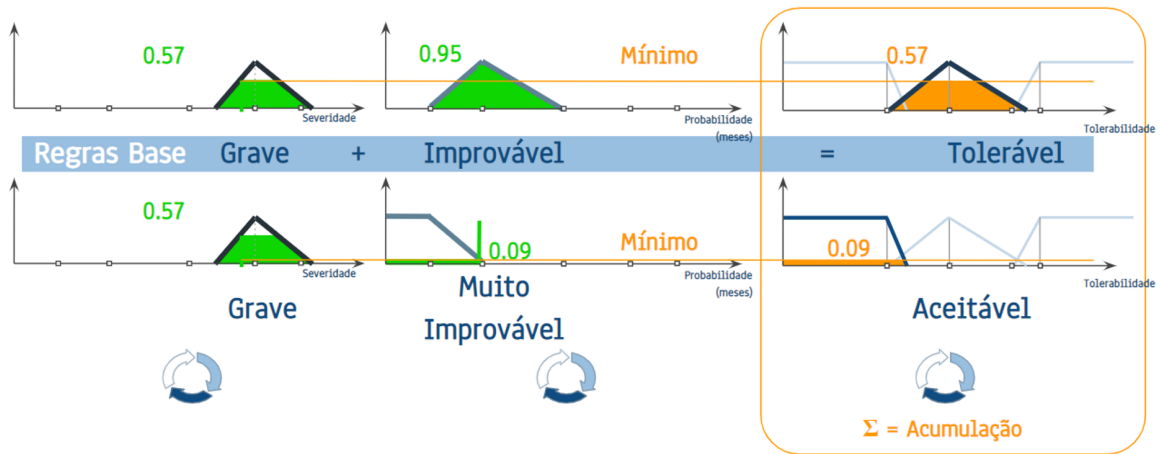
Os resultados, portanto, reforçam que a análise numérica de eventos de risco auxilia na diferenciação das ações para uma mesma classificação. Mesmo tendo 3 eventos de mesma classificação (3A), foi possível estabelecer um ranqueamento para estes eventos, o que torna satisfatório o desempenho da

ferramenta Lógica Difusa para complementar o trabalho de gerenciamento de riscos na aviação civil.

Graficamente, entretanto, é possível identificar que a verificação destes resultados à figura 4.5a não retornou o valor linguístico esperado. Considera-se como prioritária a classificação da ICAO (3A - Intolerável, 2B = Tolerável).

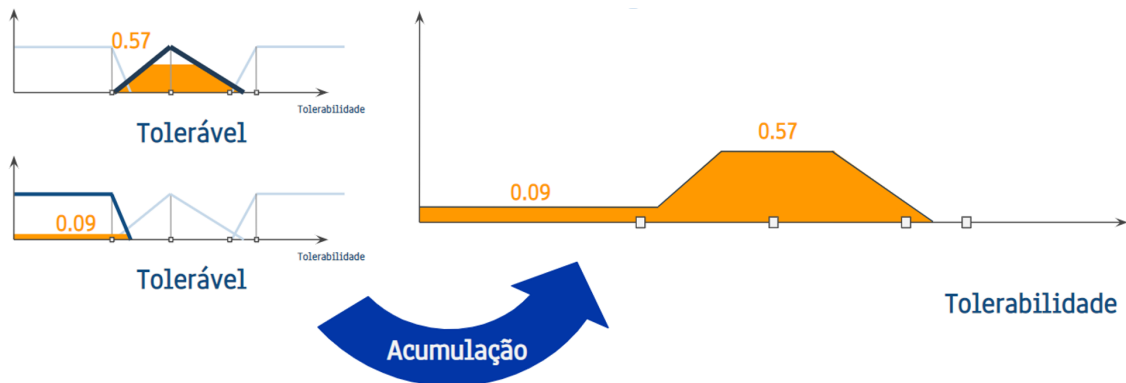
4.3.2.4. Exemplo da aplicação do SCF

As Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 ilustram o funcionamento do Sistema de Controle Fuzzy aplicado ao evento 2.2, classificado como 2B pela Matriz de Riscos da ICAO.



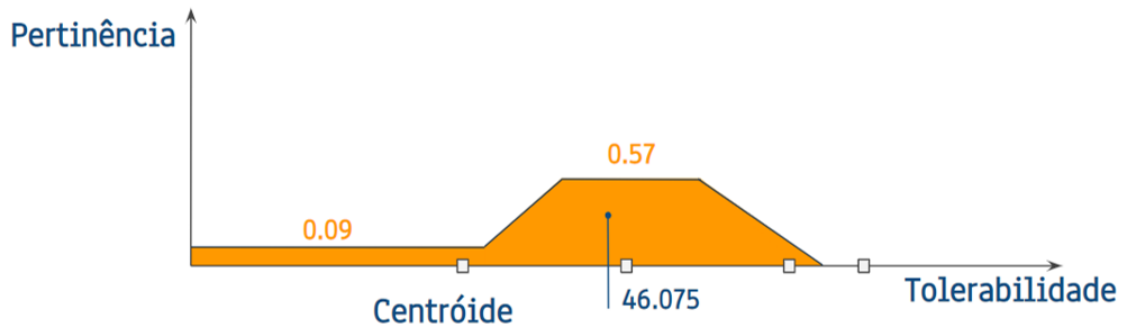
Representação sem escala.

Figura 4.7: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Fuzzificação, Agregação e Ativação. (Fonte: Acervo pessoal).



Representação sem escala.

Figura 4.8: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Acumulação. (Fonte: Acervo pessoal).



Representação sem escala.

Figura 4.9: Processo gráfico do Sistema de Controle Fuzzy - Defuzzificação.

(Fonte: Acervo pessoal).

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi associar a avaliação de riscos com a matriz de riscos da ICAO com a Lógica Fuzzy, para se obter um parâmetro quantitativo de avaliação de eventos de risco, e promover uma diferenciação de eventos de mesma categoria na matriz. A avaliação dos eventos de risco foi realizada de maneira preventiva, considerando que os eventos nas simulações já estavam em andamento.

A pesquisa aplicada obteve 5 respostas válidas de especialistas e a partir disto os eventos foram classificados de acordo com a Matriz de Risco da ICAO, além de também serem avaliados sob a perspectiva da Lógica Fuzzy, sendo providos de um valor numérico associado. Os quatro eventos foram ranqueados, estabelecendo-se uma ordem de prioridades para promoção de medidas para mitigar/eliminar os riscos. Em ordem decrescente de prioridade, os eventos foram classificados da seguinte forma: Evento 1.2: 3A - 76,940; Evento 1.1: 3A - 67,452; Evento 2.1: 3A - 55,978; Evento 2.2: 2B - 46,075.

Como foi possível observar pelas avaliações coletadas com especialistas, a avaliação de riscos carrega certa subjetividade, podendo variar um especialista para outro, mas que obteve discrepâncias significantes nesta coleta, o que torna necessário um balizador para que esta subjetividade retorne a diferenciação desejada para os eventos. Mesmo com variações nas respostas dos especialistas, a lógica fuzzy ainda colaborou para que eventos de maior gravidade fossem contemplados por sua criticidade. Os 3 eventos que colocavam em risco vidas foram classificados com severidade catastrófica, como esperado mesmo antes de uma análise numérica. Destaca-se que o objetivo principal da pesquisa foi atingido, e que ao término de análise dos resultados, foi possível ranquear os eventos de risco de acordo com a sua criticidade, associando o output do Sistema de Controle Fuzzy, e mantendo as suas classificações de acordo com a matriz de riscos da ICAO.

A utilização da ferramenta, no entanto, mostra grande necessidade de utilização prévia de metodologias ou ferramentas para quantificar a severidade e probabilidade de um evento de risco. A disparidade entre as respostas de

especialistas denota que a subjetividade ainda gera grandes diferenças nos resultados de uma avaliação de riscos. A quantidade de informação disponível para os especialistas avaliarem os eventos de risco também é considerada como um complicador para a obtenção de resultados mais concisos.

O output do Sistema de Controle Fuzzy forneceu uma avaliação numérica adequada, mas a classificação linguística foi incoerente, e foi necessário desconsiderar esta resposta, e recorrer à classificação da ICAO, trazendo uma problemática ao estudo apresentado.

Visto que a avaliação numérica de eventos de risco é um tema recorrente, e que demanda pesquisas e desenvolvimento, são recomendações para complementar este trabalho outras contribuições científicas:

- Estudar o comportamento das funções de pertinência para as classificações linguísticas da matriz de risco da ICAO (Probabilidade, Severidade e Tolerabilidade);
- Realizar a mesma avaliação numérica de forma reativa (considerando dados já consolidados sobre os eventos de risco);
- Realizar a mesma avaliação numérica de forma proativa (considerando pesquisas e ferramentas para a determinação proativa do risco associado a eventos na aviação civil).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 31000:2018. **Gestão de Riscos - Diretrizes**

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2020)¹. **Anuário do Transporte Aéreo 2019.**

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2019). **Guia para o Gerenciamento de Riscos da Aviação Civil.**

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2020)². **Mercado aéreo em 2019: maior número de passageiros transportados da série histórica.** Disponível em <https://www.anac.gov.br/noticias/2020/mercado-aereo-registra-maior-numero-de-passageiros-transportados-da-serie-historica>. Acesso em 26/04/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2020)³. **Relatório Anual da Segurança Operacional (RASO) - 2019.**

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2017). **ANAC participa de reunião com COMAER para revisão do PSO-BR.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2017/anac-participa-de-reuniao-com-comaer-para-revisao-do-pso-br>. Acesso em 17/04/2021.

ALEX SIDORENKO (2019). **30 PRACTICAL STEPS TO IMPLEMENT RISK MANAGEMENT 2. FOLLOW THESE STEPS TO INTEGRATE RISK MANAGEMENT INTO DECISION-MAKING, PROCESSES AND CULTURE.** EDPACS, 60:1, 11-18, DOI: 10.1080/07366981.2019.1661964

BARROSO, Luiza Franco. **Avaliação de Risco de Acidentes Aéreos em Aeroportos utilizando Simulação Monte Carlo: Uma Aplicação ao Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão.** 2015. 127f. Dissertação de mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Área de Transporte Aéreo e Aeroportos - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CANALE, S; DISTEFANO, N; LEONARDI, S. **A risk assessment procedure for the safety management of airport infrastructures.** III Convegno Internazionale SIIV (People, Land, Environment and Transport Infrastructures), Bari, Itália, 2005.

DI ZHOU. *et al*¹; **Deep Learning-Based Approach for Civil Aircraft Hazard Identification and Prediction**. Publicado em: IEEE access, 23 Maio 2020, pp.1-1

DI ZHOU. *et al*²; **Hazard identification and prediction system for aircraft electrical system based on SRA and SVM**. Journal of Aerospace Engineering - Volume 234, N° 4; pp. 1014-1026. 2020

EXAME (2021). **127 mil tiveram voos cancelados no Brasil no 1º trimestre, mostra estudo**. Disponível em <https://exame.com/economia/127-mil-sofreram-cancelamentos-de-voos-no-brasil-no-1o-tri-mostra-estudo/>. Acesso em 26/04/2021.

FAA, Federal Aviation Administration. **Risk Management Handbook**. Washington DC: FAA, 2009.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **Safety Management Manual**. 4 ed. 2018. E-book.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá)¹. **Chapter 9: Safety Management Systems (SMS)**. Risk Matrix Example. Disponível em https://www.unitingaviation.com/publications/safetymanagementimplementation/content/#/lessons/W0la3XLhZ7fO0MudZfyn-6kXf4TcsY2_. Acesso em 12/10/2021.

JANSEN, S; SHARPANSKYKH, A; CURRAN, R. AbSRiM: **An Agent-Based Security Risk Management Approach for Airport Operations**. Risk Analysis, Vol 39, N 07, 2019.

JOHN WANG, C.H; SHI KUN TAN; KIN HUAT LOW. **Collision risk management for non-cooperative UAS traffic in airport-restricted airspace with alert zones based on probabilistic conflict map**. 2019. 19f. Transportation Research Part C 109. pp 19-39.

KRYKHTINE, Fabio Luiz Peres. **Abordagem Fuzzy para Otimização de Planos de Voo**. 2018, 130f. Tese de doutorado - UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro

LINHARES, G.C; **Gerenciamento do risco em aeroportos durante intervenções de manutenção**. Aviation in Focus (Porto Alegre), v.2, n. 2, pp. 50-62. 2011

MULLER, R; WITTMER, A; DRAX, C. **Aviation Risk and Safety Management: Methods and Applications in Aviation Organizations**. Sankt Gallen, Suíça; Lorsch, Alemanha. Springer International Publishing Switzerland. 2014.

NASCIMENTO, Osmar S. **Introdução à Teoria dos Conjuntos Fuzzy**. 2010. 15f. Relatório Final de Iniciação Científica. Trabalho Vinculado ao Projeto de Pesquisa: Teoria e Aplicações de Memórias Associativas Morfológicas Nebulosas. Cadastro nº 05422 PROPG/UEL. Londrina.

ORLANDO, I.R. (2020). **Proposta de uma Ferramenta para Gerenciamento de Risco em Aeroportos Localizados em Meios Urbanos**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 98 p.

PAPIS, Mateusz; MATYJEWSKI, Marek. **The use of fuzzy logic elements for the risk analysis in aviation**. Journal of KONBiN 2019. Volume 49, n.2. pp. 31-53. Warsaw, Polônia

POKORÁDI, László. **Application of fuzzy set theory for risk assessment**. Journal of KONBiN Volume 14,15; n 2, 3. pp. 195 - 204. Warsaw, Polônia.

RAHMAN, José M. B. **A lógica fuzzy e a eficácia em uma empresa aérea - o uso de uma nova ferramenta**. 2006. 64f. Dissertação de Mestrado profissionalizante em Administração da Faculdade de Economia e Finanças IBMEC. Rio de Janeiro.

RIGNEL, D. G. S; CHENCI, G. P; LUCAS, C. A. **Uma Introdução a Lógica Fuzzy**. 2011. 12f. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica. Volume 01. N 01.

ŠTUMPER M; KRAUS J. **Safety Study in Aviation**. MAD-Magazine of Aviation Development, 01 July 2016, Vol.4(19), pp.19-22.

VERAS, Alan Advíncula. **ANALISE DE RISCOS EM AEROPORTOS: UMA ABORDAGEM PROATIVA**. 2011. 105f. Dissertação de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

WATANABE, D. K; SABBATINO, L. A; BATISTELA, G. C. **Avaliação Qualitativa dos Riscos de um Projeto por meio da Lógica Fuzzy**. 2019. 16f. XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Santos, São Paulo.

APÊNDICE A

Figura A.1 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 1.

Avaliação de Riscos à Segurança Operacional em Aeroportos

Identificação

Nesta seção, queremos conhecer melhor sobre suas experiências, para identificar o perfil dos respondentes, atestando sua classificação como especialista em Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO).

* 2. Qual a sua área de formação?

* 3. Atualmente, qual a sua ocupação?

* 4. Há quanto tempo, EM ANOS, atua com Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)?

Figura A.2 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 2.

* 5. Em qual(is) estado(s) você atua com Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Acre (AC) | <input type="checkbox"/> Paraíba (PB) |
| <input type="checkbox"/> Alagoas (AL) | <input type="checkbox"/> Paraná (PR) |
| <input type="checkbox"/> Amapá (AP) | <input type="checkbox"/> Pernambuco (PE) |
| <input type="checkbox"/> Amazonas (AM) | <input type="checkbox"/> Piauí (PI) |
| <input type="checkbox"/> Bahia (BA) | <input type="checkbox"/> Rio de Janeiro (RJ) |
| <input type="checkbox"/> Ceará (CE) | <input type="checkbox"/> Rio Grande do Norte (RN) |
| <input type="checkbox"/> Distrito Federal (DF) | <input type="checkbox"/> Rio Grande do Sul (RS) |
| <input type="checkbox"/> Espírito Santo (ES) | <input type="checkbox"/> Rondônia (RO) |
| <input type="checkbox"/> Goiás (GO) | <input type="checkbox"/> Roraima (RR) |
| <input type="checkbox"/> Maranhão (MA) | <input type="checkbox"/> Santa Catarina (SC) |
| <input type="checkbox"/> Mato Grosso (MT) | <input type="checkbox"/> São Paulo (SP) |
| <input type="checkbox"/> Mato Grosso do Sul (MS) | <input type="checkbox"/> Sergipe (SE) |
| <input type="checkbox"/> Minas Gerais (MG) | <input type="checkbox"/> Tocantins (TO) |
| <input type="checkbox"/> Pará (PA) | |

* 6. Qual o número do código do aeródromo de maior classificação que você atua?

Utilizando a classificação alfanumérica de aeroportos da OACI para Comprimento Básico da Pista (em metros):

1 - até 799;

2 - de 800 a 1199;

3 - de 1200 a 1799;

4 - 1800 em diante.

- 1
- 2
- 3
- 4

Figura A.3 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Identificação) - Parte 3.

* 7. Qual a letra do código do aeródromo de maior classificação que você atua?

Utilizando a classificação alfanumérica de aeroportos da OACI para a envergadura da aeronave crítica (em metros):

A - até 14,9;

B - entre 15 e 23,9;

C - entre 24 e 35,9;

D - Entre 36 e 51,9;

E - entre 52 e 64,9;

F - entre 65 e 79,9.

A

D

B

E

C

F

8. Os resultados desta pesquisa serão publicados em forma de artigo. Caso queira recebê-lo, por favor preencha com seu e-mail.

Anter.

Próx.

Desenvolvido pela
 SurveyMonkey

Figura A.4 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 4.

Avaliação de Riscos à Segurança Operacional em Aeroportos

Avaliação de Riscos

Serão apresentadas situações curtas de operações aeroportuárias, e o respondente deverá avaliar o risco associado à operação quanto à sua severidade e probabilidade com uma nota de 0 a 10.

Legenda para Avaliação da Severidade

LEGENDA PARA AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE			
N°	Severidade	Perda	Significado
A	Catastrófico	Humanas	Provavelmente mais que 10 pessoas
		Equipamentos	Mais de 10 milhões de dólares
		Operações	Aeroporto fechado ou suspensão de operação
B	Grave	Humanas	Provavelmente entre 1 e 9 pessoas
		Equipamentos	Mais de 1 milhão de dólares e menos de 10 milhões
		Operações	Pista fechada por mais de 24h, Taxiway ou aproximações fechadas por mais de
C	Moderado	Humanas	Danos sérios, pessoas hospitalizadas
		Equipamentos	Mais de 100.000 e menos de 1 milhão de dólares
		Operações	Pista fechada por mais de 12h, Taxiway ou aproximações fechadas por menos
D	Fraco	Humanas	Danos leves, mais de 4 semanas de tratamento
		Equipamentos	Mais de 10.000 e menos de 100.000 dólares
		Operações	Cancelamento de vôos ou atrasos de até 3h
E	Insignificante	Humanas	Danos leves, menos de 4 semanas de tratamento
		Equipamentos	Menos de 10.000 dólares
		Operações	Sem efeitos às operações

Legenda para Avaliação da Probabilidade

LEGENDA PARA AVALIAÇÃO DE PROBABILIDADE		
N°	Probabilidade	Significado
5	Frequente	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada mês
4	Ocasional	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada ano
3	Remoto	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada 5 anos
2	Improvável	Nestas condições, é provável que o evento ocorra uma vez a cada 20 anos
1	Muito Improvável	Nestas condições, é improvável que o evento ocorra em 20 anos

Figura A.5 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 5.

Situação 01 - Operação de Manutenção de Pista

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO

Após uma precipitação de 10 minutos, está prevista uma operação para manutenção da pista, para remoção do acúmulo de água e de borracha na área de toque. A operação é em um aeroporto de pista única, que realiza cerca de 350 operações diárias de pouso e decolagem.

DESCRIÇÃO DOS PERIGOS ANALISADOS

- 1) Trabalhador inexperiente entra/permanece na pista sem a autorização da TWR;
- 2) Invasão dos motores à área lateral da pista.

CONSEQUÊNCIAS DOS PERIGOS

- 1) Colisão de Aeronave com veículo/pessoas;
- 2) Ingestão de componentes pelas turbinas e consequente falha nos motores.

MEDIDAS MITIGATÓRIAS EXISTENTES

- 1) Exame prático para admissão de motoristas; Supervisão da fraseologia utilizada por motoristas e controladores; Comunicações de trabalhadores de manutenção, pilotos e TWR em VHF; Plano Operacional de Obras e Serviços (POOS).
- 2) Check-list de operação para os trabalhadores da manutenção

* 9. Para a avaliação da severidade, qual o valor* estimado da Perda de Equipamentos, EM MILHARES DE DÓLARES*, para a Colisão de Aeronave com veículo/pessoas?

**Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.*

***Divida o valor de sua avaliação por 1.000 para lançar como resposta.*

0 100000

Figura A.6 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 6.

* 10. Para a avaliação da probabilidade, qual o valor* estimado do Tempo de Recorrência, EM MESES, para a Colisão de Aeronave com veículo/pessoas?

1 ano = 12 meses
5 anos = 60 meses
20 anos = 240 meses
50 anos = 600 meses

****Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.***

0 1000



* 11. Para a avaliação da severidade, qual o valor* estimado da Perda de Equipamentos, EM MILHARES DE DÓLARES*, para a Ingestão de Componentes pelas Turbinas?

****Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.***

*****Divida o valor de sua avaliação por 1.000 para lançar como resposta.***

0 100000



* 12. Para a avaliação da probabilidade, qual o valor* estimado do Tempo de Recorrência, EM MESES, para a Ingestão de Componentes pelas Turbinas?

1 ano = 12 meses
5 anos = 60 meses
20 anos = 240 meses
50 anos = 600 meses

****Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.***

0 1000



Figura A.7 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 7.

Situação 02 - Pouso Emergencial

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO

Por conta de um passageiro passando mal, o piloto avalia a possibilidade de um pouso emergencial de um Boeing 747-800 num aeroporto com operação máxima de Boeing 747-400, de classificação 4E.

DESCRIÇÃO DOS PERIGOS ANALISADOS

- 1) Habilidades do piloto insuficientes para realizar a frenagem no comprimento de pista disponível;
- 2) Esforços aplicados ao pavimento além de sua resistência.

CONSEQUÊNCIAS DOS PERIGOS

- 1) Excursão de pista;
- 2) Deterioração do pavimento da pista de pouso/decolagem ou pistas de táxi.

MEDIDAS MITIGATÓRIAS EXISTENTES

- 1) Monitoramento de dados de voo; Line Operational Safety Audit - LOSA; Runway End Safety Area - RESA; Emissões de reportes de condições da pista;
- 2) Inspeção operacional rotineira da pista de pouso/decolagem; Plano de manutenção preventiva das pistas de pouso/decolagem e táxi.

* 13. Para a avaliação da severidade, qual o valor* estimado da Perda de Equipamentos, EM MILHARES DE DÓLARES*, para a Excursão de Pista?

****Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.***

*****Divida o valor de sua avaliação por 1.000 para lançar como resposta.***

0 100000



Figura A.8 - Formulário enviado via SurveyMonkey para coleta de avaliações dos eventos de risco (Avaliação de Riscos) - Parte 8.

* 14. Para a avaliação da probabilidade, qual o valor* estimado do Tempo de Recorrência, EM MESES, para a Excursão de Pista?

1 ano = 12 meses
5 anos = 60 meses
20 anos = 240 meses
50 anos = 600 meses

***Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.**

0 1000

* 15. Para a avaliação da severidade, qual o valor* estimado da Perda de Equipamentos, EM MILHARES DE DÓLARES*, para a Deterioração do pavimento da pista de pouso/decolagem ou pistas de táxi?

***Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.**

****Divida o valor de sua avaliação por 1.000 para lançar como resposta.**

0 100000

* 16. Para a avaliação da probabilidade, qual o valor* estimado do Tempo de Recorrência, EM MESES, para a Deterioração do pavimento da pista de pouso/decolagem ou pistas de táxi?

1 ano = 12 meses
5 anos = 60 meses
20 anos = 240 meses
50 anos = 600 meses

***Você também pode digitar um valor diretamente na caixa de entrada numérica à direita.**

0 1000

17. Gostaria de deixar mais algum feedback para a pesquisa?

Anter. Concluído

Desenvolvido pela
 SurveyMonkey
Veja como é fácil criar um questionário