

MODELO DE ACIDENTE PARA EXCURSÕES DE PISTA

Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, CEP: 12228-900. São José dos Campos, SP, Brasil.

mgalvao20@gmail.com

Anderson Ribeiro Correia

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, CEP: 12228-900. São José dos Campos, SP, Brasil.

correia@ita.br

Marcelo Ramos Martins

Universidade de São Paulo (USP)

Av. Prof. Mello Moraes, 2231, CEP: 05508-030. Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brazil

mrmartin@usp.br

RESUMO

Em todo o mundo, a ocorrência de excursões de pista na aviação ainda são altas. As excursões de pista consistem em dois tipos: *veer-off* e *overrun*. Este último, evento de interesse do estudo, ocorre quando a aeronave ultrapassa os limites do final da pista. O objetivo é apresentar um modelo de acidente com uma nova abordagem em sistemas aeronáuticos, com base na interrelação de fatores (organizacionais, ambientais, humanos e de habilidades) relacionados ao acidente e na estimativa da probabilidade desses fatores; deficiência encontrada em vários estudos desenvolvidos para a análise de risco pois não explicam, de modo satisfatório, a interrelação entre os fatores influenciadores na falha do operador. Com o apoio das Redes Bayesianas, foi obtido o impacto global dos fatores que contribuem com a ocorrência de *overrun*. Os resultados mostraram que os fatores humanos e organizacionais foram os mais críticos, e podem reduzir a chance de ocorrência de *overruns*.

PALAVRAS CHAVE. Modelo de Acidente, Redes Bayesianas, Aviação.

Tópicos: Prêmio SBPO de Tese de (PT).

ABSTRACT

This document presents the format for full papers to be published in the Annals of the XLVII SBPO. Title, affiliation, abstract and keywords must be exactly the same as the author informed when registered the paper through the submission system. The Abstract must not exceed 150 words. The runway excursions are defined as the exit of an aircraft from the surface of the runway. These exits or excursions consist of two types of events: *veer-off* and *overrun*. The latter, event of interest, which occurs when the aircraft exceeds the limits at the end of the runway. This study aims to present an accident model with a new approach in aeronautical systems, based on the interrelation of factors (organizational, environmental, human and abilities) related to the accident and the estimation of the probability of these factors; deficiency found in several studies developed for risk analysis, which consider only the failures on the hardware or that do not satisfactorily explain the interrelationship between the factors influencing the operator failure. With the support of the developed Bayesian networks, the results obtained showed the most critical factors that can reduce the chance of occurrence of overruns, among them: human factor and organizational factor.

KEYWORDS. Accident Model, Bayesian Networks, Aviation.

Paper topics: SBPO Thesis Award.

1. Introdução

Em todo o mundo, a ocorrência de excursões de pista na aviação comercial e na aviação geral são as mais altas. A *International Air Transport Association* (IATA) e a *International Civil*

Aviation Organization (ICAO), por meio do *Runway Excursion Risk Reduction Toolkit* (IATA; ICAO, 2012), definem excursões de pista ou *runway excursion* como a saída de uma aeronave da superfície da pista. Essas saídas ou excursões podem ocorrer na decolagem ou no pouso e consistem em dois tipos de eventos: *veer off* e *overrun*. Para o pouso eles podem ser descritos como: *veer off* (*Landing Veer off*, LDVO), quando ocorre uma saída em que a aeronave ultrapassa os limites laterais de uma pista na fase de pouso (*landing*); e, *overrun* (*Landing Overrun*, LDOR): quando a ultrapassagem ocorre ao final da pista (*runway*) na fase de pouso (evento de interesse do atual estudo). Os dados mais recentes da Boeing (2016) de um levantamento feito de 2006 a 2015, mostram que a fase final e a fase de pouso juntas somam 49% dos acidentes fatais (*fatal accidents*) da frota comercial mundial de jatos. O número de fatalidades a bordo (*onboard fatalities*) da aeronave nessas mesmas fases de voo somam 47% do total. As fases de interesse do estudo – descida, aproximação inicial, aproximação final e pouso – correspondem juntas a 59% dos acidentes fatais e 61% das fatalidades a bordo. As fases de aproximação final e pouso são as mais críticas, pois a chance de falhas operacionais são maiores (BANDEIRA, 2018a).

A motivação para esta pesquisa surgiu da observação do grande número de ocorrências observadas em *runway excursions* pelas agências supracitadas. Consoante a essa constatação, também é grande a preocupação com acidentes desta natureza no Brasil e no mundo (BANDEIRA, 2016). Vale lembrar o fatídico acidente da aeronave TAM-3054 ocorrido em 17 de julho de 2007, no Aeroporto de Congonhas/São Paulo, onde ocorreu o evento *landing overrun*, quando a aeronave não se deteve na pista e chocou-se com um edifício.

O objetivo deste estudo é desenvolver um modelo de acidente para saída de pista de aeronaves de médio e grande portes com o intuito de avaliar a segurança operacional durante a aproximação e pouso segundo uma abordagem probabilística, considerando a atuação do piloto, da companhia aérea, da infraestrutura aeroportuária e das condições ambientais no âmbito da aviação comercial de passageiros.

A principal contribuição desta tese é a introdução de uma nova abordagem de modelo de acidente em sistemas complexos aeronáuticos. Esta nova abordagem baseia-se na interrelação de fatores (organizacionais, ambientais, humanos e de habilidades) relacionados ao acidente e na estimativa da probabilidade desses fatores; deficiência encontrada em vários estudos desenvolvidos para a análise de risco no setor. O modelo de acidente proposto pode ser usado por entidades e/ou instituições que estejam envolvidas na operação do transporte aéreo.

2. Revisão de Literatura

Há uma variedade de modelos chamados comumente de “modelo de acidente” ou “modelo de segurança”. Um dos modelos mais antigos de causas de acidentes é a “Teoria do Dominó” proposta por Heinrich na década de 1940, que descreve um acidente como uma cadeia de eventos discretos que ocorrem em uma ordem temporal particular (HEINRICH *et al.*, 1980). A Tabela 1 apresenta os principais modelos de acidentes na aviação.

Tabela 1: Identificação dos Modelos de Acidentes da Literatura [Fonte: Bandeira, 2018b].

IDENTIFICAÇÃO	Originário ou Adaptado
Reich (1966): Modelo de Reich–Mark	Originário
Hawkins (1987): Modelo SHELL	Adaptado de Edwards (1972)
Helmreich and Merritt (1998): Modelo CRM	Originário
Shappell e Wiegmann (2000): Modelo HFACS	Adaptado do Modelo do Queijo-Suíço (Reason, 1990)
Greenberg (2007): Modelo de Voo	Originário
Liou et al. (2008): Modelo Mapa de Relações de Impacto (IRM)	Originário
Ayres et al. (2011): Modelo de Aproximação (ACRP)	Originário
Roelen et al. (2011): Modelo CATS	Originário

O atual modelo é uma adaptação do modelo de Martins e Maturana (2013) que analisaram a contribuição do erro humano em um modelo de acidente de colisão de navios. Adicionalmente, o modelo atual segue a linha de entendimento de Roelen *et al.* (2011), que desenvolveram um

modelo híbrido, árvore de falhas (FTA) + redes bayesianas (RB) + árvore de eventos (ETA) para a análise de riscos em conjunto com a EUROCONTROL e a FAA.

3. Metodologia

Para obter o modelo de acidente proposto, a metodologia desta pesquisa apresenta quatro etapas – familiarização, análise qualitativa, análise quantitativa e incorporação. Tais etapas foram adaptadas da metodologia proposta por Swain e Guttman (1983) que tinham como objetivo obter uma análise de confiabilidade humana (HRA) (Figura 1).

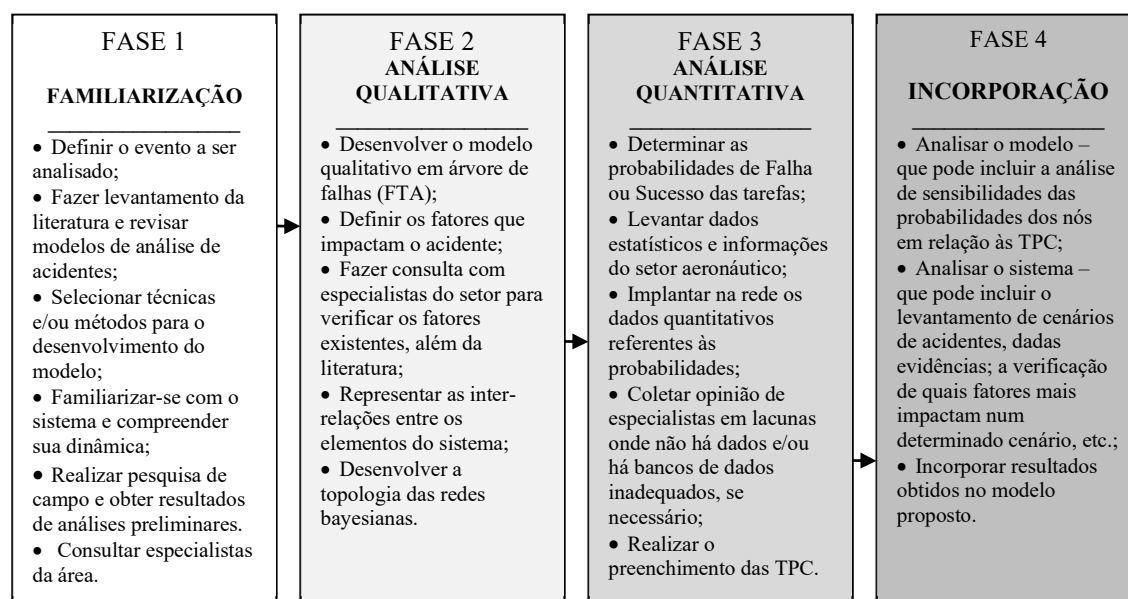


Figura 1: Etapas desenvolvimento do modelo de análise de acidente [Fonte: Bandeira, 2018c].

3.1 Visita de Campo ao Pátio de Simuladores

As visitas técnicas realizadas na CAE do Brasil Ltda., considerado o centro de treinamento de pilotos mais importante do País, foram feitas e acompanhadas juntamente com 1 inspetor de certificação do modelo A320 e 2 pilotos (em cada visita) (Figura 2).



Figura 2: Interface do simulador A320, CAE – Guarulhos, SP [Fonte: Bandeira, 2018d].

3.2 Redes Bayesianas, BBN (*Bayesian Belief Network*)

As “Redes Bayesianas” (RB) foram originárias do campo da Inteligência Artificial, usadas para tratar análises nas quais incertezas estão presentes, e vêm tornando-se usuais na

metodologia de estudos que utilizam o conhecimento probabilístico (LANGSETH e PORTINALI, 2007). Esta ferramenta leva este nome por ser tratada por meio do Teorema de Bayes, publicado por Thomas Bayes em 1763. Uma das primeiras aplicações do método na Europa está relacionada com o procedimento de arremetidas de aeronaves. O método destinou-se a obter a probabilidade de falhas dos sistemas da aeronave, tanto qualitativas quanto quantitativa, fornecendo informações sobre o estado do sistema de segurança útil na tomada de decisão (ROELEN et al., 2008). Em linhas gerais, pode-se dizer que uma RB é um grafo direcionado acíclico o qual é definido por um componente qualitativo e um quantitativo. O componente qualitativo é representado na topologia do grafo e o componente quantitativo é formado pelas probabilidades condicionais associadas ao modelo (NEAPOLITAN, 2004).

Probabilidades de ocorrência de eventos que são condicionadas à ocorrência de outros eventos são de grande interesse para vários pesquisadores e órgãos que estudam a análise de fatores associados aos acidentes, por exemplo. Essas relações são importantes para o atual estudo e foram adotadas na metodologia.

A relação do Teorema de Bayes, está apresentada como (Equação 1):

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que $P(A)$ e $P(B)$ são as probabilidades *a priori* de A e B. Pode-se dizer que $P(B|A)$ e $P(A|B)$ são as probabilidades *a posteriori* de B condicional a A, e de A condicional a B respectivamente.

Segundo Russell e Norvig (2005), a distribuição de probabilidade conjunta de uma variável, é obtida a partir do conceito de independência condicional. Seja $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ equivalente a $P(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)$, onde X_i é a denominação de uma variável e x_i é uma denominação de seus estados. Dessa forma a distribuição conjunta em termos de uma probabilidade condicional, usando a regra do produto é (Equação 2):

$$P(x_1 \dots x_n) = P(x_n|x_{n-1}, \dots, x_1)P(x_{n-1}, \dots, x_1) \quad (\text{Eq.2})$$

Reduzindo cada probabilidade conjuntiva a uma probabilidade condicional, tem-se que (Equação 3):

$$P(x_1 \dots x_n) = P(x_n|x_{n-1}, \dots, x_1)P(x_{n-1}|x_{n-2}, \dots, x_1) \dots P(x_2|x_1)P(x_1) = \prod_{i=1}^n P(x_i|x_{i-1}, \dots, x_1) \quad (\text{Eq.3})$$

Essa identidade é verdadeira para qualquer conjunto de variáveis aleatórias e é chamada Regra da Cadeia. Para o caso de uma rede bayesiana, as equações citadas permitem a representação de independência de um nó em relação aos seus ascendentes, exceto os nós-pais, em que para toda variável X_i na rede, tem-se (Equações 4 e 5):

$$P(X_i|x_{i-1}, \dots, x_1) = P(X_i|Pais(X_i)) \quad (\text{Eq.4})$$

$$Pais(X_i) \subseteq \{x_{i-1}, \dots, x_1\} \quad (\text{Eq.5})$$

A Equação 5 permite a obtenção de qualquer probabilidade conjunta de uma rede bayesiana a partir dos valores encontrados nas tabelas de probabilidades condicionais, no caso de variáveis discretas; para variáveis contínuas, são representadas por meio de função de densidade de probabilidade condicionada.

3.3 Modelo de Acidente TEAMS

Para cada elemento básico (tarefa) destacado da RB foram obtidos os fatores organizacionais, fatores humanos, fatores ambientais e fatores relacionados às habilidades do piloto. Esses fatores foram relacionados entre si por meio de um modelo desenvolvido para analisar a inter-relação entre os fatores que levam ao acidente, chamado TEAMS (T-*Task*; E-*Environmental*; A-*Abilities*; M-*Management*; S-*Shaping*). As categorias do TEAMS são descritas como (BANDEIRA, 2018e):

- 1) **Fatores Organizacionais** (*Management and Organizational Factors*, MOFs): referem-se aos fatores organizacionais da empresa ou organização a que está vinculado o piloto. Os MOFs influenciam diretamente os fatores humanos do piloto.

- 2) **Fatores Humanos** (foram considerados os *Performance Shaping Factors*, PSFs): referem-se aos fatores de desempenho humano do piloto.
- 3) **Fatores Ambientais** (*Environmental Factors*, EFs): fatores ambientais são fatores externos que podem influenciar a equipe de voo no momento em que estão desenvolvendo a tarefa (fatores relacionados à infraestrutura aeroportuária; ao controle de tráfego aéreo; ao clima; e, ao *cockpit* da aeronave).
- 4) **Fatores Habilidades** (*Abilities*): referem-se às aptidões necessárias para que o piloto possa desenvolver as tarefas pertinentes às fases de voo, que incluem, em especial, a aproximação e o pouso da aeronave.

As relações entre os fatores, conforme descrito no Modelo TEAMS, está representada na Figura 3, onde apresenta uma visão geral da relação entre os fatores de cada categoria. A direção dos arcos representa a influência de um fator em relação ao outro.

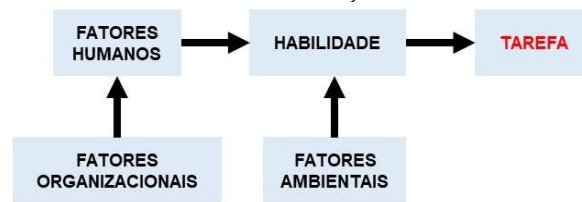
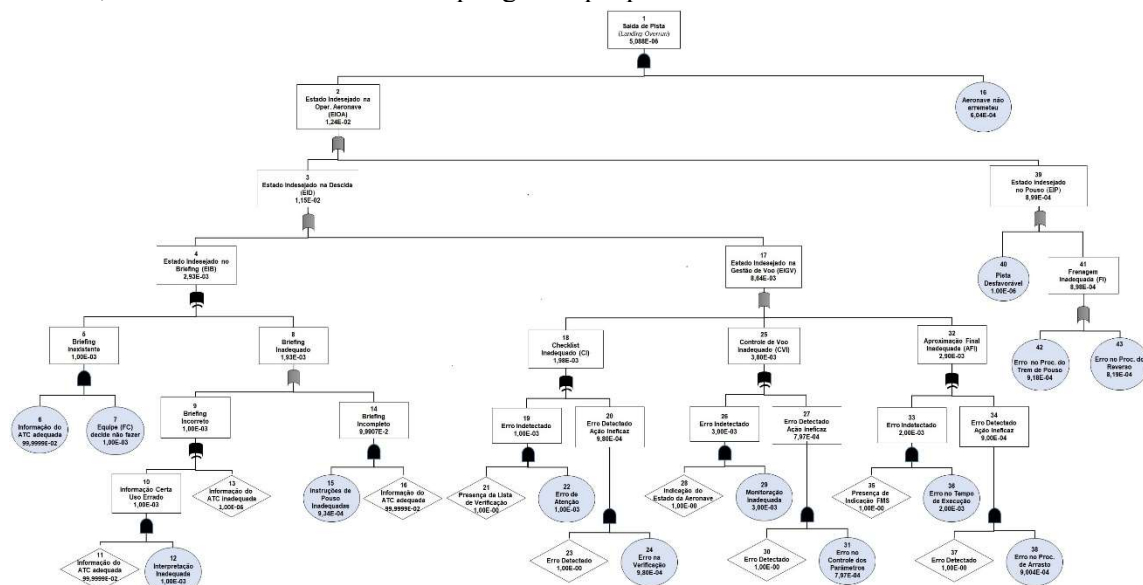


Figura 3: Relação entre as categorias do modelo TEAMS. Fonte: [Bandeira, 2018e].

A FTA, resultado da pesquisa de campo, está na Figura 4. O modelo desenvolvido foi amplamente discutido com os especialistas, que incluiu pilotos (BANDEIRA, 2017). A partir da Árvore de Falhas desenvolvida para o erro na operação de aproximação e pouso, foi possível o desenvolvimento da rede bayesiana, com o mesmo valor de representação de domínio. Por meio da FTA, foram destacados os eventos perigosos que podem levar ao evento de interesse *overrun*.



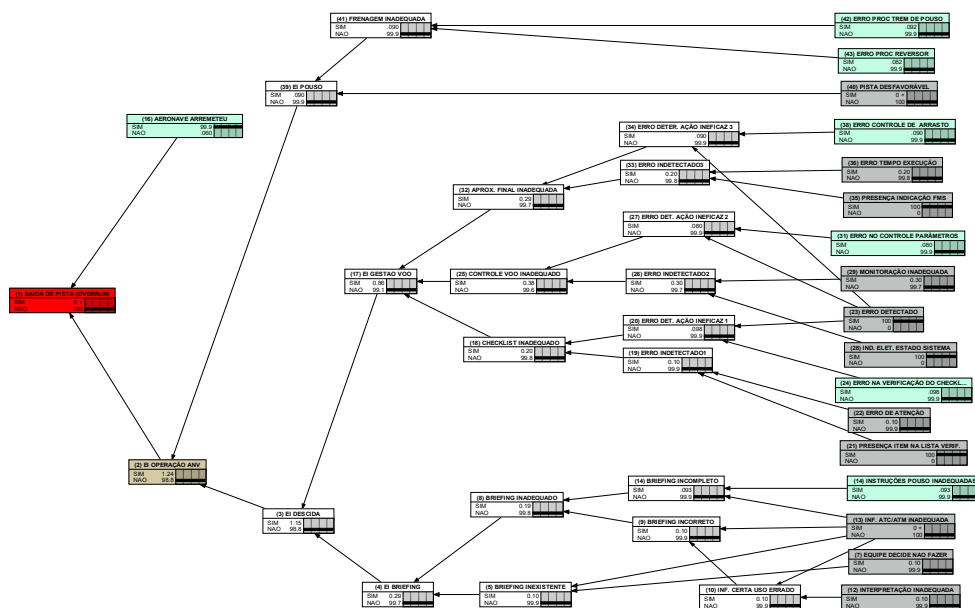


Figura 5: RB para a cadeia de eventos que levam ao *Overrun* de pouso. Fonte: [Bandeira, 2018b].

Para estabelecer essas probabilidades foi levada em consideração a literatura e consulta a especialistas do setor. Esses dados alimentaram as tabelas de probabilidade condicionais (TPCs), disponíveis no apêndice da Tese de Doutorado (BANDEIRA, 2018c).

4. Resultados

Os nós são avaliados segundo o cenário sem evidência e com evidência do acidente. Quanto à evidência, são verificadas quais as probabilidades dos estados dos nós em análise – positivo e negativo. De forma didática, os resultados são apresentados em quatro etapas, a saber:

- (i) *Análise dos eventos básicos*: foram realizadas análises quantitativas dos eventos básicos que podem levar ao acidente;
- (ii) *Análise das Tarefas*: foi realizada uma análise quantitativa das atividades realizadas na operação de aproximação e pouso e que se relacionam com o evento saída de pista;
- (iii) *Análise dos fatores humanos (PSFs), habilidades e fatores ambientais*: foram realizadas análises sobre os PSFs, EFs e habilidades para obter os fatores críticos;
- (iv) *Análise dos fatores organizacionais (MOFs)*: foram realizadas análises para obter os MOFs mais importantes, que podem contribuir com a redução da probabilidade de acidente na operação.

4.1 Análise dos Eventos Básicos

Os eventos básicos com maiores probabilidades de ocorrer, sem a evidência do acidente, são: (1º) monitoração inadequada, (2º) erro no tempo de execução, (3º) interpretação inadequada, (4º) equipe decide não fazer *briefing* e (5º) erro de atenção.

4.2 Análise das Tarefas

Foi destacado o aumento da probabilidade do erro de cada atividade, segundo os dados obtidos das probabilidades com a evidência do acidente e sem a evidência do acidente. Esses dados foram obtidos da rede bayesiana integrada e modelada (RB principal + RBs das atividades). Todas as atividades tiveram um grande aumento na probabilidade do erro com a evidência do acidente, em ordem de importância, tem-se: (1º) equipe de voo não arremeteu, ou seja, a equipe de voo continuou um pouso ciente de condições adversas; (2º) erro na verificação do *checklist* de pouso; (3º) erro nas instruções de pouso relacionada ao *briefing* de pouso.

4.3 Análise dos Fatores Humanos (PSFs), Habilidades e Fatores Ambientais

Os resultados mostraram que o PSF “conhecimento técnico” foi o mais crítico em quatro das atividades. Os outros PSFs foram: experiência em voo e tempo de execução da tarefa. Este último destacou-se no erro do procedimento do controle de arrasto, onde se observou durante a análise dos relatórios de acidentes, que o momento em que a tarefa é executada deve ser levada em consideração a fim de evitar erros e desestabilizar a aeronave.

A habilidade considerada mais crítica foi a “monitoração”, resultado em três das sete atividades desenvolvidas – procedimento do controle de arrasto, procedimento do trem de pouso e controle de parâmetros na gestão de voo. A monitoração é considerada pelos pilotos como uma habilidade solicitada constantemente durante todas as fases de voo.

Sobre os fatores ambientais, o clima foi o fator preponderante em todas as atividades, exceto na atividade não arremeter a aeronave, onde o fator ambiental mais crítico foi a infraestrutura aeroportuária, o que é explicado, uma vez que a pista de pouso é um fator limitante para a equipe de voo e uma pista de pouso contaminada pode levar a aeronave a uma saída de pista.

4.4 Análise de Fatores Organizacionais (MOFs)

Os fatores organizacionais mais críticos para aumentar as chances de um acidente de overrun foram: programa de treinamento, vigilância nas operações e controle de fadiga (Figura 6). Estes fatores são cruciais para melhorar a segurança operacional do transporte aéreo.

5. Conclusões

Com o intuito de obter uma abordagem sistêmica do procedimento operacional da fase de aproximação e pouso de aeronaves de médio e grande portes, o atual estudo desenvolveu um modelo de acidente de saída de pista capaz de obter os fatores críticos relacionados à segurança operacional considerando a atuação do piloto, da companhia aérea, da infraestrutura aeroportuária e das condições ambientais no âmbito da aviação comercial de passageiros. Para alcançar o objetivo, foi utilizado o método de redes bayesianas, já conhecido em modelos para avaliar o controle de tráfego aéreo. Com a aplicação do modelo por meio das redes bayesianas foi possível obter com detalhes os fatores que influenciam a execução das tarefas da equipe de voo. É importante ressaltar que para uma boa aplicação do método é necessário um bom conhecimento do sistema para desenvolver a rede e suas considerações sobre as atividades dos pilotos e a relação com o acidente de saída de pista. Desse modo, a pesquisa de campo realizada no centro de treinamento de pilotos na aviação comercial e a consulta a especialistas foram extremamente importantes para definir as atividades e os eventos perigosos que podem levar ao acidente de *overrun*.

Para a construção da Rede bayesiana do Modelo de Acidente para Saída de Pista duas ferramentas foram fundamentais: primeiro, a utilização da árvore de falhas (FTA) que modelou as ações e os eventos básicos por meio de portas lógicas em uma estrutura booleana segundo, o modelo de análise de fatores humanos TEAMS, adaptado de Martins e Maturana (2013). Para que o modelo pudesse refletir a realidade, foram utilizados dados estatísticos da aviação sobre os acidentes aeronáuticos como referência para popular as TPCs e os relatórios de acidentes da *National Transportation Safety Board* (NTSB). Como resposta, a probabilidade de ocorrer um acidente de *overrun* no pouso simulado no modelo desenvolvido foi muito próxima aos valores encontrados na literatura (em torno de $10E-06$), o que valida o modelo e sua aplicabilidade.

Por fim, pode-se dizer sobre este estudo que, como primeiro modelo de acidente desenvolvido no País, contribui com a literatura do setor, além de colaborar com a segurança operacional do transporte aéreo, com resultados originais sobre uma abordagem sistêmica onde foram considerados os erros humanos e organizacionais, no que diz respeito à fase de aproximação e pouso de aeronaves de médio e grande portes. Este estudo colabora com a literatura do País e do mundo, com um modelo de acidente que pode ser usado também para operações normais e operações com evidência de erro ou falha operacional.

Referências

- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **Análise de fatores humanos e organizacionais relacionados ao procedimento de frenagem de aeronaves em condições ambientais desfavoráveis**. In: XXXII ANPET, 2018, Gramado, RS. XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2018a. v. 1. p. 0939-0950.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **General model analysis of aeronautical accidents involving human and organizational factors**. JOURNAL OF AIR TRANSPORT MANAGEMENT, v. 69, p. 137-146, 2018e.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **Impact of Human and Organizational Factors in the Activities Performed by Pilots**. In: XV Simpósio de Transporte Aéreo - SITRAER, 2016, São Luís-MA. XV AIR TRANSPORTATION SYMPOSIUM (SITRAER). São José dos Campos, SP: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2016. p. 557-571.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **Landing Accident Model for Medium and Large Sized Commercial Aircraft**. In: Air Transport Research Society World Conference, 2018, South Korea. 22nd ATRS World Conference Seoul, 2018d.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **Method for measuring factors that affect the performance of pilots**. TRANSPORTES (RIO DE JANEIRO), v. 25, p. 156-169, 2017.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. **Tree-network overrun model associated with pilots' actions and flight operational procedures**. In: Arif Sikander. (Org.). Aviation and its Management - Global Challenges and Opportunities. 1ed. London: IntechOpen, 2018b, v. , p. 1-20.
- BANDEIRA, Michelle C. G. S. P. **Modelo de acidente de saída de pista em pouso de aeronaves de médio e grande portes**. 2018c. 223f. Tese (Doutorado em Transporte Aéreo e Aeroportos) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- BOEING. **Statistical summary of commercial jet airplane accidents: worldwide operations 1959-2015**. Seattle, Washington: Boeing Commercial Airplanes, 2016.
- GREENBERG, R. A. **Quantitative safety model of systems subject to low probability high consequence accidents**. 2007. 465f. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of South Australia, Australia.
- HAWKINS F. H. **Human factors in flight**. 2nd Edition. Aldershot, UK: Ashgate, 1987.
- HEINRICH, H. W.; PETERSEN, D.; ROOS, N. **Industrial accident prevention: safety management approach**. 5th Edition. New York: McGraw-Hill, 1980.
- INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA), INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, ICAO. **Runway excursion risk reduction toolkit**. 2^a. Ed. IATA e ICAO, 2012. Disponível em: <<https://www.iata.org/iata/RERRtoolkit/main.html>>. Acesso em: 14 mai. 2015.
- LANGSETH, H., PORTINALE, L. Bayesian networks in reliability. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 92, n. 1, p. 92-108, 2007.
- LEVESON, N. **Safeware: system safety and computers**. New York: Addison Wesley, 1995.
- LIU, J. J. H.; et al. Building an effective safety management system for airlines. **Journal of Air Transport Management**, v. 14, n. 1, p. 20–26, 2008.
- MARTINS, M. R.; MATURANA, M. C. Application of Bayesian belief networks to the human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents. **Reliability Engineering and Systems Safety**, v. 110, p. 89-109, 2013.
- NEAPOLITAN, R. E. **Learning Bayesian networks**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.
- REICH, P. Analysis of long-range air traffic systems: separation standards - I, II and III. **Journal of the Institute of Navigation**, v. 19, p. 88-96, 169-176; 31-338, 1966.
- ROELEN, A.; LIN, P.; HALE, A. Accident models and organisational factors in air transport: the need for multi-method models. **Safety Science**, v. 49, n. 1, p. 5-10, 2008.
- ROELEN, A.L.C., LIN, P.H., HALE, A.R. (2011). **Accident models and organisational factors in air transport: the need for multi-method models**. Saf. Sci. n. 49, p. 5–10. DOI:10.1016/j.ssci.2010.01.022
- RUSSEL, J.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. 2. edição, Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004.
- SHAPELL, S.; WIEGMANN, D. **The human factors analysis and classification system (HFACS)**. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2000. (Report N° DOT/FAA/AM-00/7).
- SWAIN, A. D.; GUTTMANN, H. E. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications**. Albuquerque, NM, USA: Sandia National Laboratories, 1983. (Report, NUREG/CR-1278-F, SAND80-0200).