
Análise do Formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo

George Luiz Guedes de Oliveira¹

1 Major Aviador, graduado pela AFA em 1999. Formou-se piloto de caça em 2000. Voou F-5 por 8 anos e participou da Operação Red Flag (EUA - 2008). Realizou os cursos de especialização em Gestão da qualidade pela UFRN em 2004, Oficial de Segurança de Voo (OSV) pelo Cenipa em 2006, Ensaio em Voo pelo IPEV em 2013 e Comando e Estado-Maior da Aeronáutica pela ECEMAR em 2016. Exerceu a função de OSV do 1º/14º GAV e prestou assessoria técnica ao projeto F-X2 como piloto de prova. Hoje trabalha como Gerente Técnico do projetos F-5BR, CL-X2 e AL-X no DCTA.

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi analisar de que maneira o formulário de gerenciamento de risco utilizado no Instituto de Pesquisa e Ensaio em Voo (IPEV) em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012. Utilizando-se de uma metodologia dedutiva, foi realizado um estudo documental, bibliográfico e qualitativo. Com base nos fatos presentes nos relatórios de investigação foi construída uma árvore de falhas contendo fatores causais dos acidentes. Estes fatores foram comparados aos campos do formulário de gerenciamento de risco. O objetivo do trabalho foi alcançado e o formulário poderia auxiliar na identificação de perigos relacionados aos seguintes fatores: alimentação, baixa experiência, gerenciamento de recursos de cabine, fadiga, estresse, falta de proficiência, privação do sono, problemas familiares, treinamento inadequado e voo noturno. Não seriam identificados os perigos relacionados com a falta de conhecimento, planejamento, briefing, calor intenso na cabine, falta de atividade física e inadequada infraestrutura aeroportuária. O formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais. Para gerenciar esses perigos seria necessária a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário. Como conclusão da pesquisa, confirmou-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes fossem percebidas e utilizadas na gestão da segurança de voo antes do desencadeamento do acidente.

Palavras Chave: Segurança. Identificação. Perigo. Acidente.

Analysis of the Risk Management Form used by the Institute of Flight Research and Testing

ABSTRACT: The objective of this research was to analyse how the risk management form used by the Institute of Flight Research and Testing (IPEV) in 2015 would influence the identification of the hazard present in the aeronautical accidents occurred in the IPEV between the years of 2002 and 2012. A documentary, bibliographic and qualitative study was conducted using a deductive methodology. Based on the facts presented in the investigation reports a fault tree was constructed containing causal factors of the accidents. These factors were compared to the fields in the risk management form. The purpose of the work was achieved and the form could assist in identifying hazards related to the following factors: feeding, low experience, cabin resource management, fatigue, stress, lack of proficiency, sleep deprivation, family problems, inadequate training and flight nocturnal. There would be no identified hazards related to lack of knowledge, planning, briefing, intense heat in the cabin, lack of physical activity and inadequate airport infrastructure. The form, while being updated, would not be able to identify the hazards associated with behavioural aspects. The management of these hazards would require the use of other defences in conjunction with the use of the form. As a conclusion of the research, it was confirmed the importance of combining reactive, proactive and predictive approaches in the evaluation of the processes, in this case the RM form, so that possible latent faults were perceived and used in flight safety management before the accident.

Key words: Safety. Identification. Danger. Accident.

Citação: Oliveira, GLG. (2017) Análise do formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 96-107.

1 INTRODUÇÃO

Uns somatórios de fatores, com destaque para falhas humanas, contribuíram para o desastre de 13 de agosto de 2014, que matou o candidato do PSB à Presidência e exgovernador de Pernambuco, Eduardo Campos, e mais quatro assessores (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

A história descreve o elemento humano como a parte mais valiosa da aviação, mas também, a mais vulnerável. As aeronaves vêm se tornando sistemas cada vez mais confiáveis e os seres humanos têm desempenhado um papel causal progressivamente mais importante nos acidentes aeronáuticos. Lapsos no desempenho humano são citados como fatores causais na maioria dos acidentes, sendo comumente atribuídos a “erro humano” (Wiegmann; Shappell, 2003).

A literatura especializada indica que o erro humano continua a afligir tanto percalços militares como civis, sendo apontado como fator causal em 80% a 90% dos acidentes e é resultado de inúmeras falhas latentes ou condições que precedem falhas

ativas. O conhecimento dos riscos relacionados aos fatores humanos é de fundamental importância para a segurança de voo (ESTADOS UNIDOS, 2005).

Conforme afirma Reason (1997), o risco é a consequência da ameaça ou perigo medido pela probabilidade e severidade. Ferramentas de gerenciamento de risco (GR) vêm sendo desenvolvidas para auxiliar na atividade de prevenção de acidentes aeronáuticos.

A Norma Sistemática do Comando da Aeronáutica 3-3 (NSCA 3-3) descreve que as organizações da Força Aérea Brasileira devem estabelecer métodos de GR de modo a permitir, por meio de indicadores, o monitoramento e a mitigação dos riscos, visando à melhoria contínua da segurança de voo (BRASIL, 2013a). No Comando da Aeronáutica, o GR em ensaios em voo é realizado pelo Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV).

As principais atividades aéreas do IPEV estão associadas à execução de voos de ensaio, instrução aérea e transporte aerológico. O voo fora do envelope (condições de voo ainda não testadas), suportado por atividades de engenharia, conferem ao IPEV aspectos funcionais diferentes dos encontrados nas demais Unidades da Força Aérea Brasileira e, portanto, demandam ações complementares.

O Programa de Segurança de Voo em Ensaios (PSVE) foi criado em 1999 com o objetivo de auxiliar o processo de GR no IPEV. Este documento foi atualizado em 2013, sendo criado um formulário de GR o qual deveria ser preenchido pelos tripulantes antes da realização de cada voo. O objetivo deste formulário consiste na identificação de perigos para o assessoramento dos tripulantes envolvidos na missão, principalmente no que concerne aos fatores humanos (BRASIL, 2013b).

A NSCA 3-3 descreve que o acidente aeronáutico pode ser compreendido como toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, com a intenção de realizar um voo, caracterizada pela presença de danos materiais graves, perda total ou desaparecimento da aeronave, lesão pessoal ou morte (BRASIL, 2013a). O IPEV, entre os anos de 2002 e 2012, experimentou um número significativo de acidentes, a maioria deles devido a fatores humanos. Dos seis acidentes ocorridos no IPEV nesse período, cinco haviam fatores contribuintes associados à falha humana.

Dejoy (1994) afirma que as ações preventivas são baseadas mais em inferências causais do que em reais causas de acidentes. Entre a introdução do formulário de GR e o início deste trabalho não foram observados novos acidentes no IPEV. Contudo floresce uma inquietação no sentido de conhecer quais seriam os perigos identificados pelo formulário e, prioritariamente, quais não seriam percebidos. Estes poderiam ser ameaças latentes ao atual sistema de GR.

Logo, este trabalho tem por objetivo analisar de que maneira o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012. Tal trabalho poderá auxiliar no processo de avaliação e melhoria contínua do sistema de GR no âmbito do IPEV e da Força Aérea Brasileira. Além disso, este trabalho contribuirá para que perigos associados a atividade aérea do IPEV sejam identificados, objetivando a preservação de vidas e equipamentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As teorias de James Reason (1997), em especial o Modelo do Queijo Suíço, foram utilizadas para fundamentar esta pesquisa. Os métodos Human Factors Analysis and Classification System e Fault Tree Analysis serviram de base para a realização da pesquisa. Os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014) foram adotados para embasar as análises e conclusões deste trabalho, além de outros estudiosos do GR, como Alan J. Stolzer, Carl D. Halford e John J. Goglia (2008).

2.1 Modelo de Fatores Humanos

O modelo de James Reason, conhecido como Queijo Suíço ou teoria das causas múltiplas, não defende uma causa única como desencadeadora de uma sequência de eventos que levaria ao acidente, mas combinações lineares de condições latentes e falhas ativas constituintes de várias cadeias que, após ultrapassarem as barreiras de segurança pelo alinhamento de suas vulnerabilidades, culminam no acidente, conforme descrito na Figura 1 a seguir (REASON, 1997).

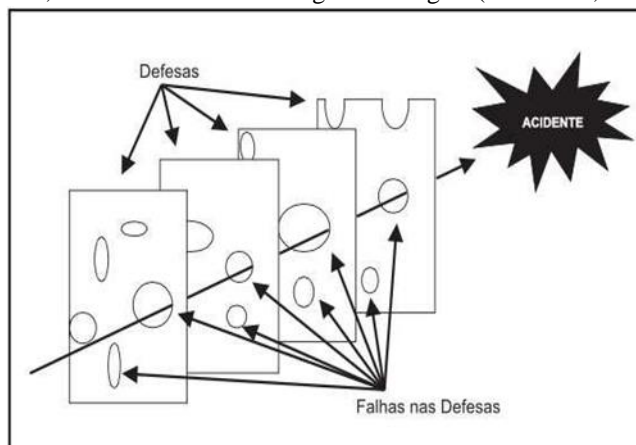


Figura 1 – Modelo da Teoria das Causas Múltiplas. Fonte: Adaptado de Reason (1997).

Reason (1997) comparou o sistema em que ocorre o acidente ao corpo humano. Assim como na atividade aérea, por exemplo, há ameaças à segurança de voo que, no caso do corpo humano, são representadas por vírus e bactérias. Há também proteções ou barreiras, assim como o corpo humano possui o sistema imunológico. Condições latentes podem existir durante muito tempo na atividade aérea sem serem percebidas, até que as falhas nas proteções se alinhem e culminem no acidente aeronáutico. Também no corpo humano, o agente causador da enfermidade pode se manter durante muito tempo imperceptível, até que uma queda na imunidade complete as condições necessárias à instalação da doença. Assim, o modelo do Queijo Suíço pode ser classificado como epistemológico.

Essa abordagem serve de fundamentação teórica para a investigação de acidentes aeronáuticos no Brasil e justifica alguns aspectos descritos nos relatórios apropriados. Por exemplo, a investigação procura os fatores contribuintes latentes no sistema muito antes da ocorrência. Assim sendo, a prevenção mais efetiva deveria identificar ameaças e gerenciar os riscos, reduzindo a potencialidade das condições latentes. Desta forma, destaca-se a necessidade de identificar as ameaças presentes nos acidentes aéreos do IPEV ou em qualquer organização ligada à aviação e de aprofundar os estudos no que concerne aos fatores humanos.

2.2 Human Factors Analysis and Classification System

Com base na teoria das causas múltiplas de Reason, foi criado o Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) que é um modelo de análise de erros, originariamente desenvolvido e testado nas Forças Armadas Americanas. O HFACS é uma ferramenta utilizada para investigar e analisar as causas de acidentes aeronáuticos decorrentes de fatores humanos (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003).

O advento desta ferramenta decorre da dificuldade encontrada por pesquisadores em analisar e investigar os dados armazenados nos diversos sistemas de registro de acidentes aeronáuticos. As estruturas de dados desses sistemas, por serem concebidas e empregadas por engenheiros e operadores com pouca experiência em fatores humanos, não incorporam a teoria e conceitos afins, dificultando as análises de acidentes decorrentes de erros humanos e, por conseguinte, impedindo o estabelecimento de adequadas estratégias de prevenção (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003).

O HFACS implementa os conceitos do acidente organizacional de Reason e força o investigador a correlacionar os erros humanos identificados nas investigações de acidentes aeronáuticos, permitindo classificar os fatores de risco (falhas ativas e condições latentes) de acordo com os códigos (nanocodes) da taxonomia estabelecida (ESTADOS UNIDOS, 2005). Devido a essas características, o HFACS auxilia a compreender porque os atos inseguros dos indivíduos envolvidos em um acidente têm condições precedentes que propiciam suas ocorrências como resultado final de uma série de causas primárias.

Esse modelo, portanto, é projetado para apresentar uma abordagem sistemática e multidimensional para análise de erros, abrangendo o erro humano sob perspectivas de integração cognitiva, de interação entre indivíduos, de aspectos socioculturais e de fatores organizacionais. A sétima versão do HFACS, utilizado nesta pesquisa, organiza os fatores no nível humano e material. O foco desta pesquisa são os fatores de nível humano, pois os de nível material estão relacionados com a manutenção da aeronave, ou seja, além do controle do tripulante. Os fatores de nível humano são apresentados na Figura 2 a seguir (ESTADOS UNIDOS, 2005).

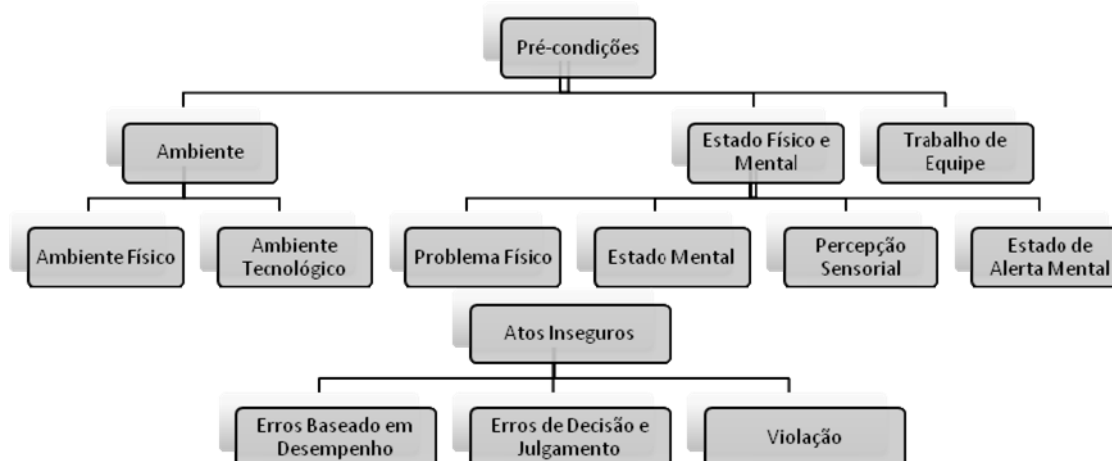


Figura 2 – Fatores de nível humano. Fonte: Adaptação de United States (2005).

Esses grupos subdividem-se em outros menores (categorias, subcategorias). Cada subdivisão está estruturada em denominações mais básicas compostas de códigos (nanocodes), cujas definições permitem correlacioná-los com as evidências encontradas nas investigações de forma mais precisa e objetiva, mitigando a subjetividade do processo de identificação de perigo (ESTADOS UNIDOS, 2005).

2.3 Identificação de Perigo

Em 2012, a Força Aérea Americana atualizou o seu processo de GR por meio da Diretriz de Política 90-8 (ESTADOS UNIDOS, 2012), a qual descreveu o GR como um processo contínuo envolvendo cinco fases distintas, conforme é apresentado na Figura 3 a seguir.

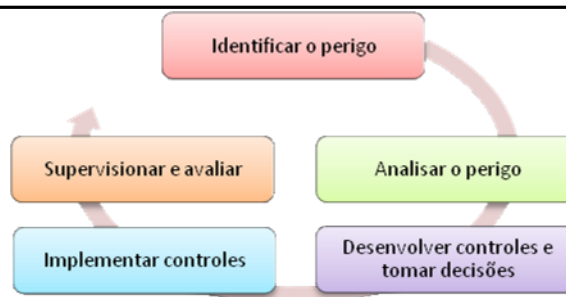


Figura 3 – Fases do processo de GR. Fonte: Adaptação de United States (2012).

De acordo com Müller e Drax (2014), o GR começa com o processo de identificação de perigo que é a atividade fundamental na gestão da segurança. Tal atividade visa localizar qualquer condição com potencial de causar ferimentos pessoais, danos aos equipamentos ou estruturas, perda de material ou redução da capacidade de executar determinada tarefa.

Para operações seguras, é vital a realização de uma avaliação contínua dos processos a fim de que as possíveis alterações sejam percebidas e utilizadas na gestão proativa da segurança. Os processos centrais de gestão envolvem a análise da segurança, rastreando tendências e mudanças, a fim de fornecer informações essenciais para a manutenção da segurança (ICAO, 2013).

Para Stolzer, Halford e Goglia (2008), a abordagem tradicional dos operadores aéreos no sentido de identificação de perigo só incide sobre a monitorização e avaliação das áreas operacionais, não importando os aspectos intrínsecos dos fatores humanos. A abordagem é chamada de reativa porque os dados operacionais são usados para entender o ambiente, o estado do equipamento e meio, a fim de identificar o perigo. Apenas ser reativo e somente responder as demandas advindas dos acidentes aeronáuticos é uma clara deficiência de qualquer sistema de gestão da segurança.

A moderna identificação de perigo está focada na análise dos processos a fim de encontrar pontos fracos, bem como identificar potenciais falhas. O objetivo principal é corrigir ou eliminar os pontos fracos antes que eles se transformem em acidentes. Esta nova forma de pensar é uma abordagem proativa. Ao ser capaz de compreender os perigos e riscos associados às operações diárias, as organizações podem trabalhar para minimizar condições perigosas e responder de forma proativa. Isto pode ser conseguido através da análise contínua dos processos de investigação e de GR de uma organização (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

O caminho para uma superioridade na segurança é através da abordagem preditiva, onde são utilizados sistemas de monitoramento de dados de voo em tempo real para fornecer informações que possam possibilitar a identificação de problemas futuros. O foco é transformar os emergentes perigos à segurança em riscos aceitáveis (ICAO, 2013).

Para Müller e Drax (2014), a combinação de métodos reativos, proativos e preditivos levará a efetiva identificação de perigos e irá fornecer informações fundamentais para o GR. Por meio da combinação de mais de uma abordagem é possível identificar vulnerabilidades as quais não poderiam ser visualizadas por meio da utilização de abordagens isoladas. Desta forma, destaca-se a importância de análises que combinem os estudos dos fatores causais dos acidentes aeronáuticos (abordagem reativa) juntamente com processos atuais de GR (abordagem proativa) para aperfeiçoar a gestão da segurança de voo.

2.4 Fault Tree Analysis



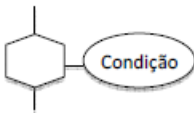




Desde a sua introdução em 1961, a Fault Tree Analysis (FTA), ou seja, a análise da árvore de falhas tornou-se uma das principais técnicas para avaliação da confiabilidade de sistemas, sendo largamente utilizada em todos os setores industriais onde a confiabilidade dos sistemas envolvidos é fundamental para a operação segura e eficiente. Inicialmente essa técnica foi concebida para a avaliação da confiabilidade do sistema de controle de lançamento de mísseis. Posteriormente, ela foi refinada a fim de, entre outras atividades, ser utilizada para identificar as causalidades dos acidentes (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

Há vários exemplos bem sucedidos da FTA nas investigações de acidentes, dentre eles a análise da cadeia concebível de causalidade que levou à perda do Space Shuttle Columbia, STS-107, em 2003 (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

A FTA trabalha com análise tanto quantitativa como qualitativa e é orientada para o evento e, devido a isso, tem várias vantagens sobre outros métodos, pois auxilia no entendimento de todas as combinações possíveis de eventos de baixa ordem que irá causar uma falha do sistema. A FTA possui forma gráfica, permitindo ser relativamente fácil de entender. Além de possibilitar a combinação de contribuições de fatores humanos e materiais na mesma análise (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

A FTA consiste na construção de um diagrama lógico, através de um processo dedutivo se busca as possíveis causas de tal evento partindo de um evento indesejado prédefinido. O processo segue investigando as sucessivas combinações de falhas dos componentes até atingir os chamados eventos básicos, os quais constituem o limite de resolução da análise. O evento indesejado é comumente chamado de “evento topo” da árvore.

A construção do diagrama é feita através da utilização de nomenclatura e simbologia própria, a qual é formada por dois tipos principais de símbolos, porta e evento, conforme pode ser observado no Quadro 1 a seguir.

Simbolo	Nome	Significado
	Porta E	Evento acima ocorre se todos eventos abaixo acontecerem.
	Porta OU	Evento acima ocorre somente se um ou mais dos eventos de entrada ocorrem.
	Porta Inibidora	Evento acima ocorre quando uma entrada única atende a alguma condição (entrada condicional) que é colocada numa elipse do lado direito da porta inibidora.
	Porta de Combinação	Evento que resulta da combinação de eventos que passam através da porta abaixo do mesmo.
	Evento Básico	Círculo que descreve um evento básico de falha inicial, cujo limite apropriado de resolução tem sido alcançado.
	Evento Básico não desenvolvido	Evento que possui eventos contribuintes porém não são apresentados.
	Evento Básico Remoto	Evento que possui eventos contribuintes porém são mostrados em outro diagrama.

Quadro 1 – Simbologia FTA. Fonte: Adaptação de Vasquez (2015, p.21).

3 GESTÃO DA SEGURANÇA DE VOO NO IPEV

No Comando da Aeronáutica, a atividade de ensaios em voo é desenvolvida pelo IPEV. A finalidade deste Instituto é a prestação de serviços tecnológicos especializados na área de ensaios em voo, instrumentação de aeronaves e telemetria de dados para apoio à pesquisa, desenvolvimento e certificação de produtos aeronáuticos, bem como a formação de pessoal especializado em ensaios em voo (BRASIL, 2013b).

No IPEV coexistem atividades administrativas, técnicas e logísticas em suporte à atividade aérea, a qual está organizada em três grandes áreas: voos de ensaio com e sem abertura de envelope (condições de voo ainda não testadas), instrução aérea de pessoal especializado (curso de ensaios em voo e curso de recebimento de aeronaves) e operações aéreas (instrução de voo básica e transporte aerológico).

De acordo com as normas em vigor, o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáutico (PPAA) é o instrumento por meio do qual se transmite as políticas de segurança de voo, processos, métodos, ferramentas, dados estatísticos, atividades (educativas, promocionais, vistorias e auditorias, programas, gestão do risco, divulgação operacional, reportes) e responsabilidades, visando à prevenção de ocorrências aeronáuticas (BRASIL, 2013a).

Em virtude das peculiaridades do IPEV, o PPAA é complementado pelo PSVE, principal ferramenta de GR em ensaios, cujo processo está estruturado em quatro fases conforme ilustrado na Figura 4 (BRASIL, 2013b).



Figura 4 – Fases do PSVE. Fonte: Brasil (2013, p.3).

Na fase de planejamento (primeira etapa), a equipe de ensaio explora as condições potencialmente inseguras para a realização do ensaio, aplica medidas mitigadoras e classifica o nível de risco. A previsão do comportamento da aeronave ou do sistema a ser ensaiado é um aspecto relevante para diminuir a incerteza do ensaio. Para tal, são considerados testes em laboratório, ensaios no solo, meios computacionais disponíveis, meios de simulação e outras formas de levantamento de dados como meios para mitigar os riscos.

A segunda fase (revisão de segurança) é realizada por pessoal mais experiente e especializado em segurança de voo de modo a inserir medidas extras que visem ao aperfeiçoamento da documentação de ensaio. Nessa fase o revisor poderá aplicar procedimentos adicionais e, se necessário, alterar a classificação inicial do nível de risco.

Durante a execução dos ensaios (terceira etapa), qualquer situação anormal é documentada e encaminhada ao revisor do ensaio, juntamente com as providências tomadas, para registro, revisão dos procedimentos de segurança e utilização em futuros planejamentos.

Ao final (quarta fase), analisam-se as condições inseguras identificadas nas fases anteriores, com o objetivo de renovar e atualizar a base de dados relacionada com a segurança operacional dos ensaios, permitindo a aplicação das lições aprendidas em atividades futuras.

Além desse processo, antes de cada voo, os pilotos preenchem um formulário de GR contendo perguntas relativas aos fatores apresentados no Quadro 2 a seguir.

Fatores Individuais	Fatores Operacionais
Horas de trabalho no dia	Dias desde o último voo no tipo de aeronave
Carga de trabalho	Experiência nesse tipo de aeronave
Alimentação e hidratação	Realização de simulador da aeronave
Descanso da tripulação (última noite)	Prova de emergências críticas válida
Preocupações pessoais	Possui treinamento de CRM
Complexidade da missão	Dias desde o último voo em qualquer aeronave
Experiência na missão	Número de voos realizados no dia
Visibilidade do aeródromo	Número de voos realizados na semana
Altitude do voo	Horário de briefing
Homologação do aeródromo de destino	Composição da tripulação

Quadro 2 – Campos do Formulário de Gerenciamento de Risco do IPEV. Fonte: Brasil (2013b).

Para cada item presente no Quadro 2, há características específicas relacionadas com os graus de risco. O piloto deve avaliar para cada item a condição de risco e escolher a opção entre leve, moderado ou alto, o que corresponde respectivamente aos pontos 1, 2 e 3. Ao final do formulário é inserido o resultado do somatório de todos os campos. De acordo com a pontuação total, a missão é classificada em alto, médio ou baixo risco.

4 METODOLOGIA

Como estratégia para alcançar os objetivos específicos elencados na pesquisa foi utilizado o método dedutivo, por meio de uma pesquisa qualitativa, bibliográfica, consultando-se livros e artigos científicos sobre o tema e também documental, estudando-se os Relatório de Investigação de Acidente Aeronáutico (RELIAA) e PSVE do IPEV.

Foram adotadas as teorias de James Reason (1997) sobre Fatores Humanos e a ocorrência do acidente, por serem utilizadas, não somente como base para as atividades de segurança de voo no Brasil, como também internacionalmente, conforme se observa nos documentos brasileiros e da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI). Dessa forma, além de auxiliar na definição de acidente, contribuiu para localizar os fatores contribuintes no processo que pode levar ao acidente aeronáutico.

O modelo HFACS, baseado em Wiegmann e Shappell (2003), foi empregado para aprofundar o estudo das causas das ocorrências e para servir como base no processo de identificação e padronização dos fatores contribuintes presentes nos acidentes aeronáuticos. Esse modelo foi escolhido por possibilitar a avaliação de um quantitativo maior de fatores contribuintes. Além de ser uma ferramenta consagrada na atividade de investigação dos acidentes aeronáuticos, sendo amplamente utilizada por diversos órgãos de investigações, dentre eles o National Transportation Safety Board (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

Os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014) foram adotados para clarificar a identificação de risco e a importância da combinação das abordagens reativa, proativa e preditiva no GR. Além disso, serviram de instrumentos para embasar as análises e conclusões deste trabalho. Tais conhecimentos são amplamente difundidos pelo Safety Management System (SMS), sistema consagrado na gestão de segurança de organizações ligadas à aviação.

Para verificação dos fatores causais, foi construída uma árvore de falhas utilizando a ferramenta FTA. Tal ferramenta foi considerada apropriada para este estudo, pois permitiu a investigação dos fatores causais em qualquer nível desejado. Além disso, a FTA é uma metodologia recomendada pelo SMS e amplamente utilizada na engenharia de segurança e engenharia de confiabilidade.

4.1 Procedimentos concernentes aos objetivos específicos

Para atingir o primeiro objetivo específico, de conceituar identificação de perigo à segurança de voo foi utilizada a teoria de causa múltipla de James Reason (1997) e os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014).

O segundo objetivo específico, descrever o PSVE e o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, foi atingido por meio de pesquisa documental ao PSVE e ao formulário de GR do IPEV.

Em relação ao terceiro objetivo específico, identificar os fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012, foi realizada pesquisa documental a todas as investigações de acidentes aeronáuticos ocorridos entre 2002 e 2012 com aeronaves e pilotos do IPEV. Utilizou-se a taxonomia do método HFACS para identificar os fatores contribuintes. Para construir a árvore de falhas dos acidentes do IPEV, contendo os fatores causais, foi utilizada a ferramenta FTA.

Para atingir o quarto objetivo específico, comparar os fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012 com o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, foi realizada uma triagem dos fatores causais aplicáveis ao Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (PPAA) e os aplicáveis ao formulário. Os fatores ligados aos aspectos comportamentais do indivíduo e aspectos técnicos da aeronave foram considerados não aplicáveis ao formulário, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto, por meio de tal protocolo, antes da realização do voo. Em seguida, foi verificado se havia correspondência entre os fatores aplicáveis e os campos presentes no formulário.

A fim de cumprir o quinto objetivo específico, analisar a relação entre fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012 e o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, realizou-se uma análise qualitativa do resultado apresentado pelo quarto objetivo específico, baseando-se na teoria das causas múltiplas de Reason (1997) e nos estudos de Müller e Drax (2014).

4.2 Delimitação do Universo

A pesquisa foi realizada considerando-se o formulário de gerenciamento de risco utilizado no IPEV em 2015 e os Relatório de Investigação de Acidente Aeronáutico (RELIAA) do IPEV entre os anos de 2002 e 2012.

Nesse período, foram encontrados seis RELIAA, sendo que um deles relacionava-se diretamente a falha de material. Como o escopo do trabalho foram os aspectos relacionados aos fatores humanos, tal acidente não foi utilizado na pesquisa. Assim, o universo da pesquisa foi reduzido a cinco acidentes.

Foi escolhido o formulário de GR do ano de 2015 por ser o formulário mais recente em uso no IPEV. Em relação ao recorte temporal dos acidentes, foi selecionado o período de 2002 a 2012, pois antes de 2002 não havia RELIAA em mídia a disposição deste pesquisador e, entre 2012 e o início desta pesquisa, não houve acidentes no IPEV.

4.3 Construção da Árvore de Falhas

Para a construção da árvore de falhas, foram consultados os RELIAA entre os anos de 2002 e 2012 encontrados na Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) do IPEV. Foram extraídas informações como: tipo de ocorrência, data, modelo e matrícula das aeronaves, danos pessoais e materiais, fatos, fatores contribuintes e fase de operação.

Iniciou-se a construção da árvore de falhas pela modificação da classificação de fatores contribuintes. Utilizou-se a taxonomia descrita pelo método HFACS ao invés da utilizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), uma vez que a HFACS é mais recomendada para fatores humanos. Os itens relacionados a supervisão e influências organizacionais foram considerados não relevantes para o formulário, pois são itens os quais naturalmente os pilotos, sem formação na área de segurança de voo, não possuem conhecimento para avaliar. Assim, tais itens foram desconsiderados nesta pesquisa.

Os fatos e fatores contribuintes, já identificados na pesquisa documental dos RELIAA, serviram de base para identificar as pré-condições e atos inseguros da taxonomia HFACS presentes em cada acidente. Em seguida foi construído um diagrama, contendo os fatores contribuintes classificados e seus fatores causais para cada acidente isoladamente. Por fim, os diagramas isolados foram unificados.

Com base no diagrama unificado dos fatores contribuintes, foi construída uma árvore de falhas por meio do método FTA. Iniciou-se com a falha, o acidente no IPEV, e as ramificações derivadas as quais destacam as condições latentes que contribuíram para o acidente. As principais ramificações foram selecionadas de acordo com HFACS e endereçadas ao ambiente desfavorável, degradação física e mental e as ações inapropriadas. Ao término, foram inseridas as ramificações contribuintes para a falha até ser atingido o evento básico.

4.4 Limitações da Pesquisa

A limitação desta pesquisa refere-se a influência dos aspectos organizacionais e de supervisão encontrados nos acidentes. Tais aspectos não foram investigados, pois seria necessária uma formação específica na área de segurança de voo e psicologia de aviação para avaliação desses itens antes do voo. Normalmente, o piloto não possui esse tipo de formação.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Com base na pesquisa documental realizada aos RELIAA foi construído o Quadro 3 a seguir, contendo informações a respeito dos acidentes investigados.

Nº	Data	ANV	Tipo de Missão	Ocorrência
1	06/03/02	HB 355F2	Intercâmbio com piloto estrangeiro	Perda de controle em voo
2	02/04/07	EMB- 110	Instrução CEV	Pouso sem trem
3	13/10/10	Neiva T-25	Ensaio em Voo	Pane seca
4	21/11/10	EMB- 110	Transporte Aerológico	Perda de controle no solo
5	24/09/12	EMB- 314	Translado	Pouso antes da pista

Quadro 3 – Acidentes no IPEV entre 2002 e 2012. Fonte: Autor (2016).

O acidente de nº 1 refere-se à missão diurna de instrução em helicóptero para pilotos-alunos da United States Air Force Test Pilot School (USAF TPS), cumprindo programação curricular de intercâmbio entre o IPEV e aquela instituição. Durante o treinamento de decolagem e pouso, na segunda decolagem, o aluno atuou inadequadamente nos comandos provocando perda de controle (rolamento dinâmico) e colisão com o solo, ocasionando perda total do equipamento. O instrutor superestimou a capacidade do piloto-aluno, permitindo a decolagem sem o acompanhamento que a circunstância exigia. Não houve lesões aos tripulantes.

O segundo acidente ocorreu em uma missão de instrução do Curso de Ensaio em Voo (CEV), durante o tráfego para toque monomotor simulado e arremetida bimotor. Realizou-se o pouso na pista com os trens de pouso recolhidos e as hélices colidiram com o solo, ocasionando parada brusca dos motores. Verificou-se que o instrutor acumulava muitas atividades administrativas e teve um período de sono menor que o habitual. O aluno, por sua vez, estava submetido a uma grande carga de trabalho em virtude das características inerentes ao CEV. O briefing ao mecânico foi realizado de forma superficial. Além disso, havia forte ruído no sistema de comunicação e alta temperatura na cabine. A aeronave sofreu danos severos e não houve lesões aos tripulantes.

Em relação ao terceiro acidente, a aeronave estava instrumentada para uma campanha de ensaios em voo que visava identificar a causa da formação de vapor de combustível na linha de alimentação do motor. O piloto não selecionou o tanque principal antes da decolagem, como previa a lista de verificações. Em voo de cruzeiro, ocorreu o apagamento do motor. Foi tentada a partida em voo sem sucesso, pois não foram seguidos todos os itens previstos na lista de verificação. Houve omissão involuntária de procedimento pelo piloto, em decorrência do esquecimento de troca de tanque nos cheques (ponto de espera e falha no motor). A aeronave pousou forçado em pane seca antes da cabeceira da pista, danificando motor, hélice e trem de pouso. Os dois tripulantes não sofreram lesões.

O quarto acidente foi tipificado como perda de controle no solo durante a realização de uma missão de transporte aerológico. Ao efetuar a aterrissagem no aeródromo Santos Dumont (SBRJ), o primeiro piloto optou por utilizar os freios antes do reverso, contrariando o preconizado pelo manual de voo da aeronave. O segundo piloto, por sua vez, manteve a atenção canalizada para o interior da nacele, realizando os procedimentos normais. A aeronave perdeu o controle durante a corrida de pouso, saindo para a esquerda, ultrapassando os limites da pista e atingindo as cercas de proteção do aeroporto. Não houve lesões aos tripulantes.

O quinto acidente refere-se a um translado de aeronave, em condições noturnas, com pouso no aeródromo de Gavião Peixoto (SBGP), que encontrava-se em obras e com a cabeceira de pouso deslocada. O balizamento luminoso não apresentava distinção entre a parte impraticável (em obras) e a disponível para pouso e decolagem. Os limites da pista não foram identificados pelo piloto e a aeronave pousou antes da cabeceira deslocada, colidindo com obstáculos durante a corrida após o pouso. Ao observar o fogo gerado ao redor da aeronave, o piloto comandou a ejeção. A aeronave sofreu danos graves e o piloto não se feriu.

Para verificar as causalidades presentes nos acidentes descritos de forma padronizada e permitir a comparação com o formulário de risco, os fatores contribuintes presentes nos acidentes foram classificados seguindo a taxonomia HFACS (ESTADOS UNIDOS, 2005) de forma individualizada. Em seguida foi construído um diagrama para cada acidente, contendo os fatores contribuintes já classificados e seus respectivos fatores causais. Por fim, todos os diagramas isolados foram unificados, sendo construída uma árvore de falhas dos acidentes investigados no IPEV de acordo com a metodologia FTA. Esta árvore é apresentada por meio da Figura 5 a seguir.

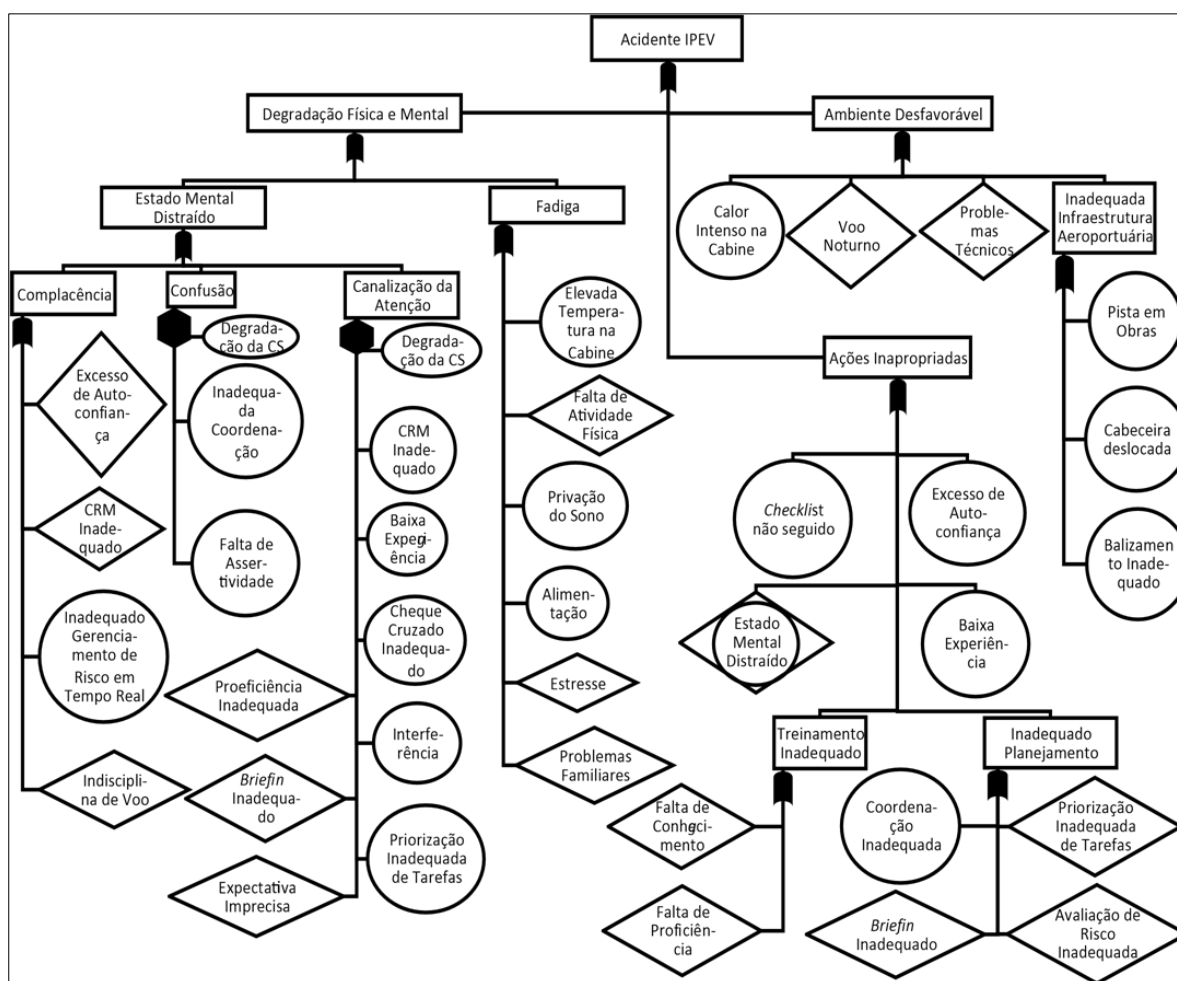


Figura 5 – Árvore de Falhas de Acidentes no IPEV entre 2002 e 2012. Fonte: Autor (2016).

A Figura 5 representa a unificação das causalidades dos acidentes investigados por meio de uma árvore de falha. Esta árvore inicia-se com a falha, o acidente no IPEV, e, na sequência, apresenta as ramificações derivadas as quais destacam as condições latentes que contribuíram para o acidente. As principais ramificações foram selecionadas de acordo com HFACS e endereçadas ao ambiente desfavorável, degradação física e mental e as ações inapropriadas.

O ambiente desfavorável foi influenciado pelo calor intenso na cabine, pelas condições noturnas, problemas técnicos e inadequada infraestrutura aeroportuária. Este derradeiro fator foi justificado pela presença de obras, cabeceira deslocada e balizamento inadequado.

A degradação física e mental sofreu interferência do estado mental distraído e da fadiga. Esta última foi atuada pela elevada temperatura da cabine, falta de atividade física, privação do sono, alimentação, estresse e por problemas familiares. O estado mental distraído foi interferido pela complacência, confusão e canalização da atenção. A complacência foi justificada por aspectos relacionados ao Crew Resource Management (CRM), ou seja, Gerenciamento de Recursos da Tripulação, além do GR, indisciplina e excesso de autoconfiança. A confusão e a canalização foram influenciadas por doze fatores (conforme Figura 5), porém só foram desencadeadas por meio da condicionante degradação da consciência situacional (CS).

As ações inapropriadas foram justificadas pelo checklist não seguido corretamente, excesso de autoconfiança, estado mental distraído, baixa experiência, planejamento e treinamento inadequados. Este derradeiro fator foi interferido pela falta de treinamento e proficiência. O planejamento foi influenciado pelas seguintes inadequações: briefing, coordenação, avaliação do risco e priorização de tarefas.

Dos fatores que causaram os acidentes do IPEV apresentados na árvore de falhas, verificam-se problemas relacionados diretamente aos aspectos comportamentais do ser humano. Tais fatores foram reunidos no Quadro 4 a seguir.

Fatores causais ligados aos lapsos do comportamento humano	
Avaliação de risco inadequada	Excesso de autoconfiança
Canalização da atenção	Expectativa imprecisa
Checklist não seguido corretamente	Inadequado GR em tempo real
Cheque cruzado inadequado	Indisciplina de voo
Complacência	Interferência
Confusão	Priorização inadequada de tarefas
Coordenação inadequada	Proficiência inadequada
Degradação de CS	Saturação de tarefas

Quadro 4 – Relação de fatores causais não aplicáveis ao formulário. Fonte: Autor (2016).

Foram desconsiderados os itens apresentados no Quadro 4, juntamente com os aspectos técnicos da aeronave, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto por meio de tal formulário antes da realização do voo.

Os demais itens apresentados na árvore foram considerados aplicáveis, sendo possível assim a comparação com o formulário de GR do IPEV. O resultado desta comparação está apresentado no Quadro 5 a seguir, sendo separados em itens presentes e ausentes em tal protocolo.

Fatores Presentes no Formulário	Fatores Ausentes no Formulário
Alimentação	Briefing Inadequado
Baixa Experiência	Calor Intenso na Cabine
CRM Inadequado	Falta de Atividade Física
Fadiga e Estresse	Falta de Conhecimento
Falta de Proficiência	Inadequado Planejamento
Privação do Sono	Inadequada Infraestrutura Aeroportuária
Problemas Familiares	Balizamento inadequado
Treinamento Inadequado	Cabeceira deslocada
Voo Noturno	Pista em obras

Quadro 5 – Comparação entre fatores causais dos acidentes e formulário de GR do IPEV. Fonte: Autor (2016).

De acordo com o quadro 5, verifica-se que formulário possibilitaria a identificação dos perigos relacionados na coluna da esquerda. Contudo, o piloto, utilizando tal ferramenta, não identificaria os perigos relacionados na coluna da direita, os quais seriam considerados vulnerabilidades presentes no formulário.

Essas vulnerabilidades podem ser abordadas sob a ótica da teoria do Queijo Suíço de James Reason (1997). Nesta perspectiva, os perigos não identificados no formulário formariam condições latentes e poderiam contribuir para um acidente aeronáutico. Porém, Reason (1997) defende a identificação dessas vulnerabilidades ocultas e a criação de defesas, aumentando a segurança.

Neste caso específico, a atualização do formulário de GR do IPEV, a fim de contemplar os fatores ausentes do Quadro 5, poderia servir como uma barreira para evitar o desencadeamento do acidente. Considerando o acidente como o resultado da combinação de falhas latentes e falhas ativas, a minimização das falhas latentes contribuiria para o aumento do nível de segurança de voo.

Verificou-se, por meio das informações contidas no Quadro 4, a presença de vários itens não aplicáveis ao formulário de gerenciamento em virtude de serem itens diretamente relacionados aos “lapsos do comportamento humanos”.

Tal percepção converge com os estudos Wiegmann e Shappell (2003), os quais citam tais lapsos como fatores causais na maioria dos acidentes, sendo comumente atribuídos a “erro humano”.

O erro é inerente ao comportamento humano. O formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais descritos no Quadro 4. Para gerenciar esses perigos seria necessário a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário, como a ampliação de atividades educativas do PPAA e treinamento de CRM.

Percebeu-se que a combinação da abordagem reativa (estudos dos acidentes) com a proativa (verificação do formulário) evidenciou vulnerabilidades as quais dificilmente seriam identificadas utilizando abordagens isoladas.

Tal apreciação converge com o pensamento de Müller e Drax (2014), em que a combinação de métodos reativos, proativos e preditivos levará a efetiva identificação de perigos e irá fornecer informações fundamentais para o GR.

Nesse sentido, confirma-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes sejam percebidas e utilizadas na gestão da segurança antes do desencadeamento do acidente.

6 CONCLUSÃO

A prevenção de acidentes aeronáuticos auxilia as organizações a atingirem seus objetivos, preservando meios essenciais para o cumprimento de suas atribuições. Dessa forma, pesquisas que busquem reduzir os acidentes aeronáuticos no IPEV, além de contribuir para a eficiência na realização da atividade de ensaio em voo, auxilia na preservação da vida dos envolvidos em tal atividade.

Tendo em vista o objetivo desta pesquisa de analisar de que maneira o formulário de gerenciamento de risco utilizado no IPEV em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012, foi realizada uma pesquisa qualitativa, utilizando o método dedutivo, com base nas teorias de James Reason (1997) e nos estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014). Reason criou a teoria do Queijo Suíço, um modelo linear e epistemológico, que explica a ocorrência do acidente aeronáutico pela existência de condições latentes no sistema que, associado a falhas ativas, ultrapassa as defesas ou barreiras e provoca o evento negativo. Müller e Drax descrevem a importância da combinação das abordagens reativa, proativa e preditiva na identificação de perigos.

Segundo os fatos presentes nos relatórios de investigação, os fatores contribuintes foram classificados seguindo a taxonomia HFACS. Com uso do método FTA, foi construída uma árvore de falhas dos acidentes do IPEV, contendo fatores causais dos acidentes. Os fatores causais associados aos aspectos comportamentais do ser humano e técnicos da aeronave foram considerados não aplicáveis, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto por meio de tal formulário antes da realização do voo. Os demais itens apresentados na árvore foram considerados aplicáveis, e foram comparados ao formulário de GR do IPEV.

Com base nos resultados do trabalho e na convergência destes com os pensadores, entendeu-se que o objetivo da pesquisa foi alcançado. O formulário poderia auxiliar o piloto na identificação dos perigos relacionados aos seguintes fatores: alimentação, baixa experiência, CRM inadequado, fadiga, estresse, falta de proficiência, privação do sono, problemas familiares, treinamento inadequado e voo noturno. Contudo o piloto, utilizando o formulário, não identificaria os perigos relacionados à falta de conhecimento, planejamento, briefing, calor intenso na cabine, falta de atividade física e inadequada infraestrutura aeroportuária.

Na perspectiva de Reason (1997), os perigos não identificados no formulário formariam condições latentes no sistema e poderiam contribuir para um acidente aeronáutico. Porém, ele defende que podemos identificar essas vulnerabilidades ocultas e criar defesas, aumentando a segurança. Neste caso específico, pode-se atualizar o formulário de gerenciamento de risco do IPEV a fim de contemplar tais itens.

Como conclusão da pesquisa, verificou-se que o formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais descritos no Quadro 4. Para gerenciar esses perigos seria necessário a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário, como a ampliação de atividades educativas do PPAA e treinamento de CRM.

Além disso, confirmou-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes fossem percebidas e utilizadas na gestão da segurança antes do desencadeamento do acidente.

A limitação desta pesquisa refere-se a influência dos aspectos organizacionais e de supervisão encontrados nos acidentes que não foram investigados nessa pesquisa.

Sugere-se, para trabalhos futuros, que os perigos identificados na árvore de falhas dos acidentes do IPEV sejam comparados ao demais processos do PSVE e PPAA, com a finalidade de identificar novas vulnerabilidades, aumentar a consciência situacional dos membros da organização em relação aos pontos fracos do sistema e contribuir para o aprimoramento da segurança de voo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica (NSCA) 3-3: Gestão da Segurança de Voo na Aviação Brasileira**. Brasília, 2013, 35p.

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo. Portaria 50/ IPEV-SIPAA, de 22 de maio de 2013. Aprova a reedição do Programa de Segurança em Voos de Ensaio (PSVE). **Boletim Interno do IPEV**, São José dos Campos, SP, n.24, f.15, 24 maio 2013b.
- DEJOY, D. Managing safety in the workplace: an attribution theory analysis and model. **Journal of Safety Research**, [S.I.], v. 25, n. 1, p. 3–17, mar./maio 1994.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Human Factors Analysis and Classification System**: A mishap investigation and data analysis tool. Washington, 2005. Disponível em: <www.uscg.mil/> Acesso em: 02 jun. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. Department of Air Force. **Air Force Policy Directive - AFPD 90-8**. Washington, 2012. Disponível em: <http://static.e-publishing.af.mil/>. Acesso em: 16 jun. 2016.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9859: Safety Management Manual (SMM)**. 3 ed. Montreal, 2013. ISBN 978-92-9249-214-4.
- MÜLLER, R.; DRAX, C. **Aviation Risk and Safety Management**. Springer: Sankt Gallen, 2014
- O ESTADO DE SÃO PAULO. **Jato de Campos caiu por erros dos pilotos, diz FAB**. São Paulo, 20 jan. 2016.
- REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Burlington: Ashgate, 1997.
- STOLZER A. J.; HALFORD C. D.; GOGLIA J.J. **Safety Management Systems in Aviation**. Farnham: Ashgate, 2008.
- VASQUEZ, B. **Analysis of the Effectiveness of F-15E Risk Management during Peacetime Operations**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Systems Engineering, Air Force Institute Of Technology, Ohio, 2015. Disponível em: <http://www.dtic.mil/>. Acesso em: 23 jun. 2016.
- WIEGMANN, D.; SHAPPELL, S. **A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysis and classification system**. Cornwall: MPG Books Bodmin, 2003.