

# O impacto da adoção do Relatório Final Simplificado (RFS) nos processos investigativos de ocorrências aeronáuticas da aviação militar, conduzidos pelo CENIPA

*The impact of the application of the Simplified Final Report (SFR) on the investigative processes of aeronautical occurrences of military aviation carried out by CENIPA*

*El impacto de la adopción del Informe Final Simplificado (RFS) en los procesos investigativos de sucesos aeronáuticos de la aviación militar, conducidos por el CENIPA*

Thiago Alexandre Lirio<sup>1</sup>

## RESUMO

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) tem adotado medidas que aumentem a celeridade dos processos de investigação de ocorrências aeronáuticas. Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo verificar a medida em que a adoção do Relatório Final Simplificado (RFS) impactou na quantidade de relatórios finais militares produzidos pelo CENIPA, nos nove primeiros meses do ano de 2015. O foco do estudo residiu em verificar se a capacidade de produção de relatórios finais, pelo CENIPA se alterou após a adoção do RFS para a investigação de ocorrências militares. A análise se embasou na correlação estatística entre dois períodos de igual duração, um anterior e outro posterior à adoção do RFS. Para quantificar o impacto na capacidade de produção de relatórios finais, foi utilizado um indicador que relacionou a quantidade de relatórios iniciados e finalizados em cada período da pesquisa. O indicador demonstrou um indício de aumento de 58,86% na capacidade de produção de relatórios finais, após a adoção do RFS, no âmbito da aviação militar, de janeiro a setembro de 2015. O aumento foi comprovado por meio do exame estatístico Qui-Quadrado que confirmou a significância estatística entre as variáveis e detectou a existência

de correlação entre a quantidade de relatórios finalizados pelo CENIPA e a adoção do RFS, para o nível de significância estabelecido nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** Capacidade de produção. Relatório final simplificado. Relatório final. Aviação militar.

## ABSTRACT

*The Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA) has implemented measures to increase the speed of the investigation process of aeronautical occurrences. In this context, the present study aimed to verify the extent to which the application of the Simplified Final Report (RFS) impacted on the amount of final military reports produced by CENIPA in the first nine months of 2015. The focus of the study was to verify if the production capacity of final reports by CENIPA has changed after the application of the RFS for the investigation of military occurrences. The analysis was based on the statistical correlation between two periods of equal duration, one before and one after the application of the RFS. To quantify the impact on production capacity of final reports, an indicator that related the number of reports initiated and finalized in each period of the survey was applied. The indicator showed an increase of 58.86% in the production*

I. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) – Brasília/DF – Brasil. Major Aviador da Força Aérea Brasileira (FAB). E-mail: thiagolirio@gmail.com

Recebido: 15/03/17

Aceito: 12/04/18

*capacity of final reports after the application of the RFS SFR in the field of military aviation from January to September 2015. The increase was confirmed by the Chi-Square statistical test, which confirmed the statistical significance among the variables and detected a correlation between the number of reports completed by CENIPA and the application of the RFS, at the level of significance established in this research.*

**Keywords:** *Production capacity. Simplified final report. Final report. Military aviation.*

## RESUMEN

*El Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA) ha adoptado medidas que aumenten la celeridad de los procesos de investigación de sucesos aeronáuticos. En este contexto, la presente investigación tuvo por objetivo verificar en qué medida la adopción del Informe Final Simplificado (RFS) impactó en la cantidad de informes finales militares producidos por el CENIPA, en los nueve primeros meses del año 2015. El foco del estudio residía en verificar si la capacidad de producción de informes finales, por el CENIPA había sufrido alteraciones después de la adopción del RFS para la investigación de ocurrencias militares. El análisis se basó en la correlación estadística entre dos períodos de igual duración, uno anterior y otro posterior a la adopción del RFS. Para cuantificar el impacto en la capacidad de producción de informes finales, se utilizó un indicador que relacionó la cantidad de informes iniciados y finalizados en cada período de la investigación. El indicador mostró un indicio de aumento del 58,86% en la capacidad de producción de informes finales, tras la adopción del RFS, en el ámbito de la aviación militar, de enero a septiembre de 2015. El aumento se confirmó mediante la prueba estadística de Chi-Cuadrado que confirmó la significación estadística de las variables y se encontró una correlación entre el número de informes terminados por CENIPA y la adopción de RFS para el nivel de significación establecido en este estudio.*

**Palabras clave:** *Capacidad de producción. Informe final simplificado. Informe final. Aviación militar.*

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Após a Segunda Guerra Mundial, houve a necessidade de se regulamentar e normatizar as atividades da aviação civil no mundo, dentre elas as de investigação de acidentes

e incidentes aeronáuticos. Isso aconteceu por meio da Convenção de Aviação Civil Internacional, também conhecida por Convenção de Chicago, da qual o Brasil é signatário. O tratado internacional, assinado em 1944, encontra-se em vigor até os dias atuais. O documento criou a *International Civil Aviation Organization*<sup>1</sup> (ICAO – Organização da Aviação Civil Internacional) e estabeleceu, por meio de 19 Anexos à Convenção, normas e práticas recomendadas para a aviação (SOUZA, 2012).

No Brasil, a Lei nº 7.565/1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, em seu Artigo 86, versa que,

Compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de Acidentes Aeronáuticos. (BRASIL, 1986, p. 12).

O SIPAER tem como órgão central o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), que tem por responsabilidade conduzir essas atividades, nos moldes da lei supra citada.

A investigação SIPAER tem por único objetivo evitar o acontecimento de ocorrências aeronáuticas análogas no futuro, por meio da identificação dos fatores contribuintes e da emissão de recomendações de segurança, as quais possibilitem eliminar ou mitigar aqueles fatores. À luz do SIPAER, as ocorrências aeronáuticas militares são classificadas em quatro categorias: acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico e ocorrência de solo (BRASIL, 2013).

O documento onde se conclui a investigação e se divulga os ensinamentos extraídos de uma ocorrência aeronáutica é o relatório final, e seu conceito está especificado no SIPAER.

Documento formal, destinado a divulgar a conclusão oficial do SIPAER, fundamentado nos elementos de investigação, na análise, na conclusão e nas Recomendações de Segurança relativas a um acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico ou ocorrência de solo, visando, exclusivamente, à prevenção de novas ocorrências. (BRASIL, 2014, p. 13).

Os 19 Anexos à Convenção de Chicago são divididos por temas específicos de áreas distintas da aviação. Os assuntos relacionados à investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos estão dispostos no Anexo 13 da Convenção de Aviação Civil Internacional de 1944. O item 6.5 do referido documento estabelece que, em interesse da prevenção, o Estado, ao conduzir uma investigação

<sup>1</sup> Organização com 191 países-membros que tem por objetivo desenvolver Normas e Práticas Recomendadas para a aviação civil internacional.

de acidente ou incidente, deve publicar um relatório final no menor tempo possível e, se possível, dentro de um período de doze meses (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010, tradução nossa). Esse trecho destaca a relevância que a Organização atribui ao fator tempo para a prevenção de acidentes. O Brasil também reconhece o fator tempo como fundamental para a prevenção de futuras ocorrências e, por esse motivo, o CENIPA tomou atitudes a fim de tornar o processo de investigação mais veloz e eficiente.

Nesse contexto, em 2013, criou-se o Relatório Final Simplificado (RFS) no âmbito da aviação civil. O RFS é uma versão simplificada do Relatório Final (RF), que possibilita uma investigação mais célere e compatível com a complexidade das ocorrências nas quais é aplicado. Os frutos gerados por essa iniciativa foram comprovados por Amancio (2015), o qual concluiu em sua pesquisa que a adoção do RFS acelerou em mais de 4 vezes o tempo de processamento das investigações da aviação civil brasileira.

É importante ressaltar que o RFS foi uma ferramenta criada para ser aplicada em casos específicos, de menor complexidade, e que o RF não deixou de existir. Ambos os modelos de relatório final (RF e RFS) apresentam em seu conteúdo fatores contribuintes e recomendações de segurança e representam, portanto, a conclusão oficial do SIPAER para uma determinada investigação.

A investigação de acidentes aéreos no Brasil possui característica peculiar por reunir na mesma organização, o CENIPA, as atividades relacionadas às aviações civil e militar. Essa condição possibilita que os conhecimentos adquiridos no exercício das investigações da aviação civil sejam aplicados às atividades de prevenção e investigação da aviação militar e vice-versa.

Com base na experiência vivenciada em 2013, na aviação civil, o CENIPA resolveu adotar, a contar de 1º de janeiro de 2015, o RFS também para a aviação militar. Esse relatório simplificado está sendo aplicado aos incidentes graves, incidentes e ocorrências de solo, e segue raciocínio análogo ao utilizado quando a ferramenta foi inserida no contexto da aviação civil. Para as ocorrências classificadas como acidentes, o RF continua sendo o modelo de relatório aplicado.

As diferenças entre RF e RFS não se restringem ao formato do relatório, pois além da estrutura do documento, o processo de investigação das ocorrências também foi simplificado. Enquanto um acidente investigado por meio de RF percorre, obrigatoriamente, três etapas até sua investigação ser considerada concluída, os incidentes menores, investigados por meio de RFS, percorrem apenas duas etapas. Dessa forma, o processo ganha em velocidade e eficiência.

O tempo despendido para a produção de um relatório final (seja ele RF ou RFS) tem importância destacada no contexto da prevenção de acidentes, pois a publicação desses relatórios é uma das principais maneiras utilizadas pelo CENIPA para atuar diretamente com os atores da aviação militar. Pode-se inferir, portanto, que quanto mais veloz for o processo de investigação, mais rapidamente os ensinamentos nela adquiridos serão divulgados e mais brevemente será concluído o ciclo da investigação (AMANCIO, 2015).

A celeridade das investigações militares está diretamente relacionada com a capacidade de produção da Subdivisão de Investigação (SDINV) do CENIPA. No escopo deste trabalho, o termo **capacidade de produção** significa a quantidade de relatórios finais que o CENIPA é capaz de produzir em um determinado período de tempo.

Até o presente momento, não se realizou nenhuma avaliação em relação ao impacto que a adoção do RFS representou na capacidade que o CENIPA possui de produzir relatórios finais, no âmbito da aviação militar. Ao atuar diretamente na condução de processos de investigação daquele Centro, surgiu o seguinte questionamento e corresponde ao objetivo geral deste trabalho: em que medida a adoção do Relatório Final Simplificado (RFS) impactou na capacidade de produção de relatórios finais da aviação militar pelo CENIPA, de janeiro a setembro de 2015?

Para a coleta e análise dos dados foram considerados dois períodos distintos, conforme descrito abaixo:

a) Antes da Adoção (AA) – de 1º de janeiro a 30 de setembro de 2014; e

b) Depois da Adoção (DA) – de 1º de janeiro a 30 de setembro de 2015.

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral, foram elaboradas três questões norteadoras:

QN1: Qual foi a quantidade de RF e RFS militares iniciados nos períodos AA e DA, respectivamente?

QN2: Quantos RF foram finalizados no período AA, no âmbito da aviação militar?

QN3: Quantos RFS foram finalizados no período DA, no âmbito da aviação militar?

A resolução dessas questões visa atingir os objetivos específicos abaixo relacionados:

OE1: Identificar a quantidade de RF e RFS militares iniciados em cada um dos períodos estabelecidos.

OE2: Identificar a quantidade de RF finalizados no período AA, no âmbito da aviação militar.

OE3: Identificar a quantidade de RFS finalizados no período DA, no âmbito da aviação militar.

A importância deste trabalho reside em verificar quantitativamente se houve evolução na celeridade do processo de investigação das ocorrências aeronáuticas militares brasileiras, após a adoção do RFS. Esta evolução

é significativa no contexto atual da Força Aérea Brasileira (FAB) e do Estado brasileiro no que tange à economia de recursos e maximização dos resultados em entidades governamentais. Aliado a isso, a rotatividade de militares do CENIPA é bastante alta e, toda vez que acontece uma substituição de pessoal, o substituto demora um tempo significativo para entender o processo. Um modelo que seja mais célere e eficiente sofre menos com as consequências da rotatividade de investigadores.

O CENIPA tem uma demanda de investigação maior na aviação civil do que na militar, porém precisa ter a mesma intensidade nos dois segmentos para que os níveis de segurança permaneçam equivalentes. Assim, quanto mais parecidos os processos forem, mais uniformes serão os resultados.

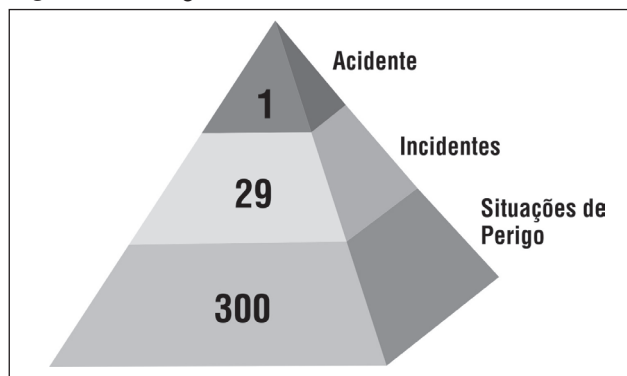
Por fim, os resultados desta pesquisa podem auxiliar o Comando da Aeronáutica (COMAER) e o próprio CENIPA no planejamento da dotação de pessoal e sua distribuição dentro do Centro, além de permitir uma análise dos efeitos do novo relatório adotado (RFS) e ratificar a sua utilização no âmbito da investigação de ocorrências aeronáuticas militares.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoria do Triângulo de Heinrich

Na década de cinquenta, Heinrich e Granniss desenvolveram uma teoria que ficou mundialmente conhecida como Triângulo de Heinrich, Figura 1. Nesse estudo, os pesquisadores analisaram milhares de ocorrências e concluíram que, para cada acidente com lesões ou mortes, acontecem centenas de outros eventos semelhantes de menor gravidade, sem feridos ou vítimas fatais. O foco dessa teoria é que eventos de menor complexidade podem e devem ser identificados e controlados antes de evoluírem para eventos mais graves que venham a gerar lesões, fatalidades ou prejuízos materiais (MENDONÇA, 2011).

Figura 1 – Triângulo de Heinrich.



Fonte: Adaptado de Mendonça (2011).

Outras teorias estabelecem razões diferentes entre acidentes, incidentes e situações de perigo, mas também descrevem que essas ocorrências possuem motivos análogos, diferenciando-se apenas pelas consequências que geram. A maior contribuição dessas teorias é a de que os casos menos graves (situações de perigo e incidentes) são considerados precursores dos acidentes e devem ser investigados (MENDONÇA, 2011).

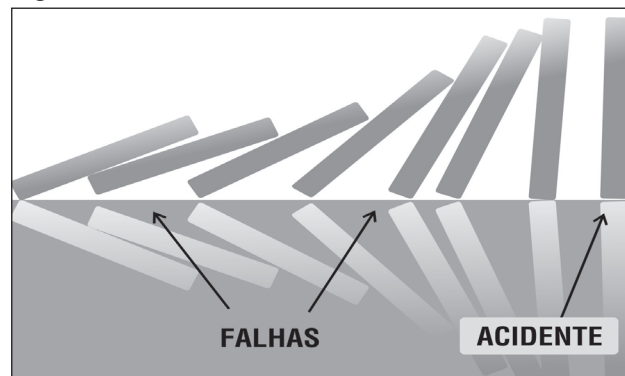
A teoria do Triângulo de Heinrich suporta os estudos deste trabalho pois ressalta que os eventos da base da pirâmide, quando investigados adequada e oportunamente, são mitigados antes que evoluam para uma condição de eventos com consequências mais graves. No caso das ocorrências aeronáuticas militares, a base da pirâmide é formada por ocorrências de solo, incidentes e incidentes graves. Ao melhorar a eficiência do processo de investigação desses eventos, o CENIPA está atuando diretamente na prevenção dos acidentes, localizados no topo da pirâmide.

Com base na teoria apresentada, foi possível analisar o comportamento da distribuição das ocorrências militares nos períodos AA e DA, que será explorado no item 4 (Análise) deste trabalho.

### 2.2 Teoria do dominó

A teoria do dominó (Figura 2), também desenvolvida por Heinrich, defende a ideia de que um acidente é resultado de uma cadeia de eventos que ocorre em sequência lógica. Esses eventos podem ser representados como se fossem peças de dominós enfileiradas uma após a outra. A queda de uma das peças de dominó significa o acontecimento de uma falha, que levará a queda de uma segunda peça (outra falha) e, dessa forma, falhas sucessivas vão acontecendo até que todas as peças tenham sido derrubadas, tornando o acidente inevitável (MENDONÇA, 2011).

Figura 2 – Teoria do Dominó.



Fonte: Adaptado de Mendonça (2011).

O principal conceito atrelado a essa teoria é o de que, retirando-se uma peça da sequência de dominós, o acidente será evitado (HEINRICH; GRANNIS, 1959 apud MENDONÇA, 2011).

A relação entre essa teoria e o presente trabalho evidencia-se no fato de que a peça a ser retirada pode ter sido identificada durante a investigação de uma ocorrência anterior, seja ela um acidente, um incidente ou uma ocorrência de solo. Ao aumentar a produção de relatórios finais, conseqüentemente aumenta-se a chance de identificação de fatores contribuintes (peças de dominó) que levarão à adoção de ações mitigadoras. Essas ações mitigadoras representam a retirada de uma peça da sequência de dominós e a conseqüente interrupção da cadeia de eventos, auxiliando a prevenir futuros acidentes.

### 2.3 Teoria dos acidentes organizacionais

James Reason, renomado pesquisador na área do erro humano, apresentou em 1997 o modelo do Queijo Suíço para acidentes organizacionais (Figura 3). A teoria de Reason (1997) aponta que sistemas complexos são protegidos por múltiplas barreiras de defesa a fim de impedir que situações de risco evoluam para um acidente. Todavia, essas barreiras possuem fraquezas que, quando se manifestam em falhas latentes, podem permitir a ocorrência de um evento catastrófico. Nessa teoria, as barreiras são como fatias de um queijo suíço, e suas fraquezas são representadas pelos buracos do queijo nas fatias. À luz da teoria apresentada, essas condições independem da complexidade da ocorrência, de forma que ocorrências simples possuem condições latentes tanto quanto ocorrências mais complexas (REASON, 1997).

A teoria do Queijo Suíço foi amplamente aceita na comunidade aeronáutica e é, até os dias atuais, utilizada

para auxiliar na investigação de acidentes aéreos por todo o mundo. A ligação entre esta pesquisa e a teoria de Reason consiste em identificar falhas latentes durante a investigação de ocorrências. A ampliação da possibilidade de identificação de falhas latentes é uma conseqüência direta do aumento da capacidade de produção de relatórios finais. As ações mitigadoras dessas falhas nas barreiras de defesa representam a obstrução dos furos (falhas) das fatias de queijo (barreiras), contribuindo para a prevenção de futuros acidentes.

### 3 METODOLOGIA

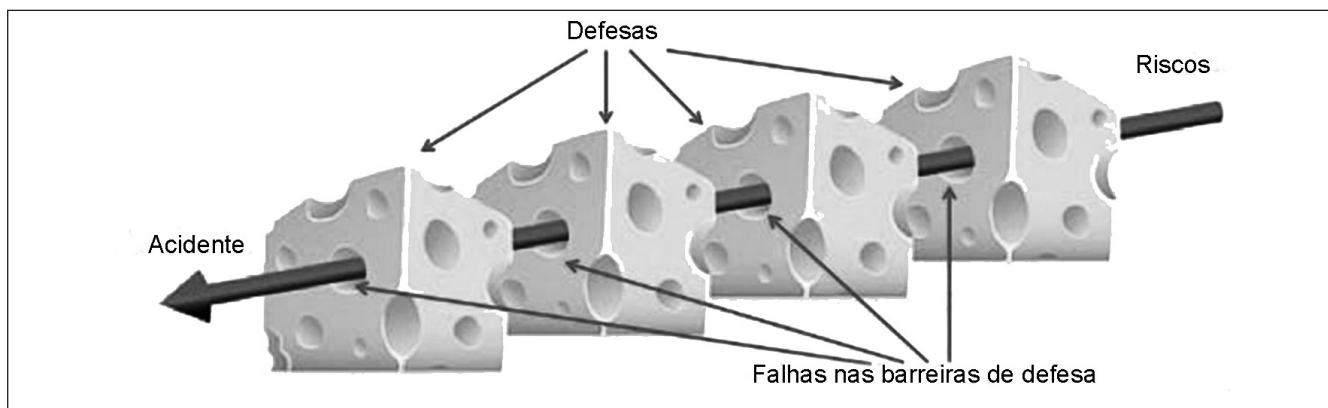
Atendendo ao objetivo geral e, segundo o que preconiza Gil (2002), esta pesquisa classificou-se como descritiva, pois estabeleceu a relação entre a adoção do RFS e a capacidade de produção de relatórios de investigação por parte do CENIPA, nos dois períodos especificados neste trabalho.

Com o objetivo de introduzir o assunto, foi realizada uma revisão de literatura das principais teorias a respeito das causas de acidentes e incidentes em sistemas complexos, relacionando essas teorias com as atividades desenvolvidas pelo CENIPA, no âmbito da investigação de ocorrências aeronáuticas militares.

Quanto aos procedimentos técnicos, o delineamento da pesquisa foi classificado como documental, segundo Gil (2002), por coletar dados nas bases estatísticas de ocorrências aeronáuticas militares e nos registros de produção de relatórios finais da Subdivisão de Investigação (SDINV) da Divisão Operacional (DOP) do CENIPA.

Para que os resultados fossem proporcionais e possibilitassem uma análise uniforme, foram considerados dois intervalos de tempo iguais, um anterior e outro posterior à adoção do RFS.

**Figura 3** – Teoria do Queijo Suíço.



Fonte: Adaptado de Reason (1997).

- a) Antes da Adoção (AA) – de 1º de janeiro a 30 de setembro de 2014; e
- b) Depois da Adoção (DA) – de 1º de janeiro a 30 de setembro de 2015.

Esta pesquisa foi conduzida durante o ano de 2015, ano coincidente com o período DA. Por esse motivo, os períodos considerados para coleta de dados e análise estenderam-se até 30 de setembro em ambos os ciclos, sendo esta uma limitação do trabalho.

De todo o universo de investigações conduzidas no âmbito da aviação militar, a amostra deste trabalho corresponde aos 105 (cento e cinco) RF iniciados e 26 (vinte e seis) RF finalizados no período AA; e aos 116 (cento e dezesseis) RFS iniciados e 97 (noventa e sete) RFS finalizados no período DA.

A pesquisa realizada na base de dados do CENIPA permitiu identificar o quantitativo de processos de RF e RFS militares iniciados nos dois períodos. Estas informações conduziram à resposta da primeira questão norteadora e, conseqüentemente, ao alcance do primeiro objetivo específico. Os dados obtidos foram organizados por tipo de classificação de ocorrências (acidente, incidente grave, incidente e ocorrência de solo) a fim de averiguar o comportamento destas em relação a sua distribuição.

Visando responder à segunda e à terceira questões norteadoras, verificou-se o quantitativo de RF e RFS finalizados nos períodos AA e DA, respectivamente. Ao término do levantamento de dados, os números obtidos levaram à resposta das questões norteadoras 2 e 3 e, em consequência, ao alcance do segundo e do terceiro objetivo específico. Com os dados conhecidos, foi conduzida uma análise exploratória do cenário, comparando-se a capacidade de produção em cada um dos períodos estabelecidos. Para quantificar os dados, foi utilizado um indicador denominado Índice de Investigação de Ocorrências Militares (IIOM) definido, segundo a Equação 1.

$$IIOM = \left( \frac{\sum x_i}{\sum y_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde,

IIOM = Índice de Investigação de Ocorrências Militares;

$\sum x_i$  = quantidade de relatórios finais finalizados em cada período; e

$\sum y_i$  = quantidade de relatórios finais iniciados em cada período.

O IIOM relaciona a quantidade de RF/RFS iniciados com a quantidade de RF/RFS finalizados em cada período. A Equação 1 foi aplicada para determinação do  $IIOM_{AA}$  e  $IIOM_{DA}$ . A análise da diferença entre os valores foi realizada, conforme Equação 2.

$$\Delta IIOM = IIOM_{DA} - IIOM_{AA} \quad (2)$$

O resultado da Equação 2 demonstrou percentualmente um indicio de dependência entre

a adoção do RFS e a capacidade de produção do CENIPA. Entretanto, foi necessário testar essa hipótese para concluir se este indicio era estatisticamente significativo. Para isso, foi realizado o teste estatístico Qui-Quadrado ( $X^2$ ), que será detalhado a seguir.

### 3.1 Teste Qui-Quadrado ( $X^2$ )

De posse dos dados obtidos, o teste estatístico Qui-Quadrado ( $X^2$ ) foi aplicado, conforme Ryan (2009). De acordo com o autor, o teste  $X^2$  é aplicável quando os dados são apresentados em forma de frequência. A aplicação do teste tem por finalidade detectar significância estatística da diferença entre dois ou mais grupos independentes, ou seja, testar a independência entre duas ou mais variáveis.

Para a aplicação do teste, é necessário validar as seguintes exigências no conjunto de dados:

- a) nível de mensuração em escala nominal;
- b) em tabelas 2x2, as frequências esperadas devem ser maior do que 5; e
- c) os grupos comparados devem ser independentes.

O teste foi realizado considerando duas hipóteses, são elas:

$\lambda_0$  : as variáveis são independentes; e

$\lambda_1$  : as variáveis não são independentes, ou seja, o comportamento de uma interfere na outra.

A hipótese nula ( $\lambda_0$ ) foi testada utilizando-se a Equação 3.

Onde,

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (3)$$

$k$  = número de grupos;

$O$  = frequência observada; e

$E$  = frequência esperada.

O cálculo para encontrar as frequências esperadas é dado pela regra, segundo Equação 4.

$$E_{ij} = \frac{\sum \text{linha } i \times \sum \text{coluna } j}{\text{soma total}} \quad (4)$$

Os graus de liberdade são definidos pela Equação 5.

$$gl = (\text{quantidade de linhas} - 1) \times (\text{quantidade de colunas} - 1) \quad (5)$$

#### 3.1.1 Aplicação do teste $X^2$

Primeiramente foram extraídos os dados por meio das respostas das três questões norteadoras.

Os resultados obtidos correspondem às frequências observadas, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** – Tabela de frequências observadas.

Período	RF/RFS iniciados	RF/RFS finalizados
AA	$O_{11}$	$O_{12}$
DA	$O_{21}$	$O_{22}$

Fonte: O autor.

Conhecidos os valores das frequências observadas ( $O_{11}$ ,  $O_{12}$ ,  $O_{21}$  e  $O_{22}$ ), foram estabelecidos os somatórios das linhas e colunas da tabela, necessários para a aplicação das Equações 6 a 9.

$$\sum \text{linha } 1 = O_{11} + O_{12} \quad (6)$$

$$\sum \text{linha } 2 = O_{21} + O_{22} \quad (7)$$

$$\sum \text{coluna } 1 = O_{11} + O_{21} \quad (8)$$

$$\sum \text{coluna } 2 = O_{12} + O_{22} \quad (9)$$

As somas encontradas podem ser dispostas, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2** – Frequências observadas com somatórios totais.

Período	Capacidade de Produção		
	RF/RFS iniciados	RF/RFS finalizados	Totais
AA	$O_{11}$	$O_{12}$	$\sum \text{linha } 1$
DA	$O_{21}$	$O_{22}$	$\sum \text{linha } 2$
Totais	$\sum \text{coluna } 1$	$\sum \text{coluna } 2$	<i>Soma total</i>

Fonte: O autor.

A partir das Equações 6 a 9, obtêm-se as frequências esperadas  $E_{11}$ ,  $E_{12}$ ,  $E_{21}$  e  $E_{22}$ , conforme Equações 10 a 11.

$$E_{11} = \frac{\sum \text{linha } 1 \times \sum \text{coluna } 1}{\text{soma total}} \quad (10)$$

$$E_{12} = \frac{\sum \text{linha } 1 \times \sum \text{coluna } 2}{\text{soma total}} \quad (11)$$

$$E_{21} = \frac{\sum \text{linha } 2 \times \sum \text{coluna } 1}{\text{soma total}} \quad (12)$$

$$E_{22} = \frac{\sum \text{linha } 2 \times \sum \text{coluna } 2}{\text{soma total}} \quad (13)$$

Uma vez conhecidas as frequências esperadas, os dados obtidos foram validados, de acordo com as exigências **a**, **b** e **c** do teste, dispostas no item 3.1.

Finalmente, após a obtenção e validação de todos os dados, foi possível realizar o cálculo do teste estatístico  $X^2$ , bem como dos graus de liberdade da estatística aplicada. O valor de  $X^2$  calculado foi comparado com o valor crítico de  $X^2$  tabelado (Figura 4), considerando o nível de significância de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ). A comparação de valores de  $X^2$  segue os critérios indicados nas Equações 14 e 15.

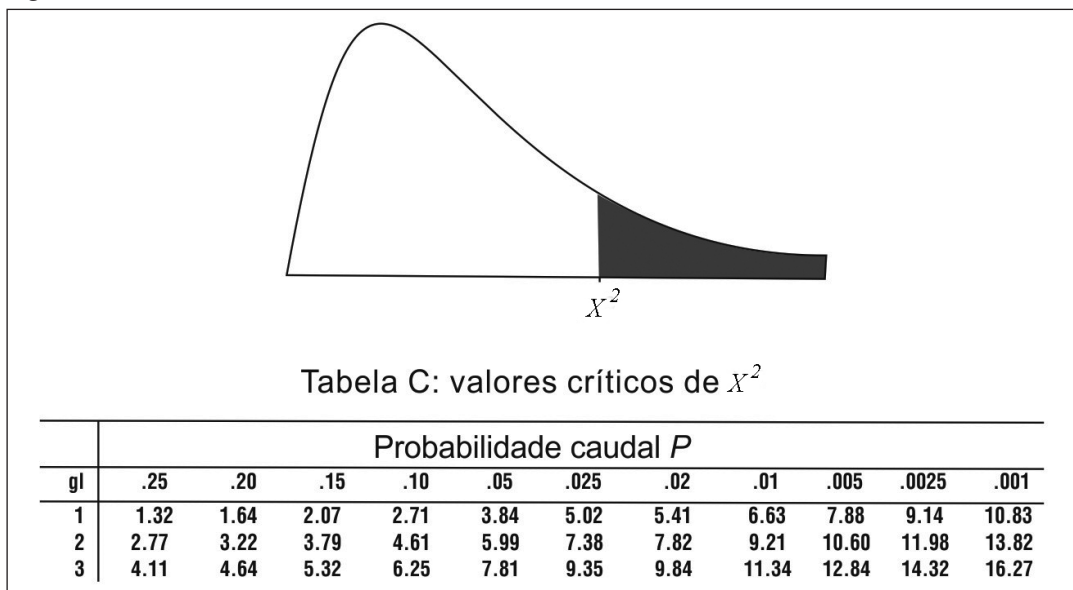
$$X^2 \text{ calculado} > X^2 \text{ tabelado} = \lambda_0; \text{ rejeitada} \quad (14)$$

$$X^2 \text{ calculado} < X^2 \text{ tabelado} = \lambda_0; \text{ verdadeira} \quad (15)$$

A rejeição de uma hipótese válida a outra hipótese com grau de confiabilidade de 95%, uma vez que o nível de significância estabelecido para o teste foi o de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ).

A comparação entre o valor de  $X^2$  calculado e o valor de  $X^2$  tabelado subsidiou a análise e a compreensão do resultado obtido, elucidando o objetivo geral deste trabalho e respondendo ao problema de pesquisa.

**Figura 4** – Valores críticos de  $X^2$ .

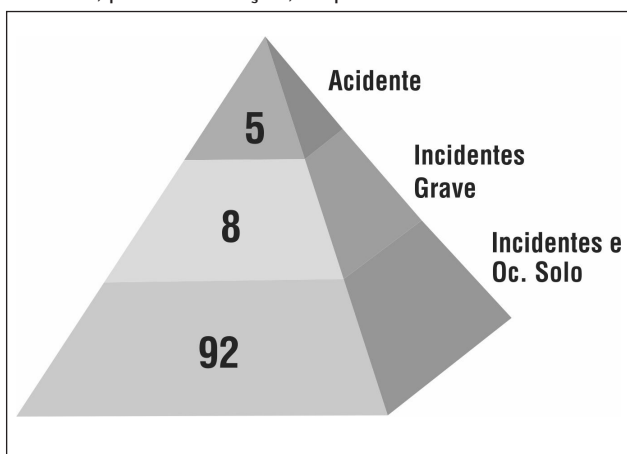


Fonte: Adaptado de Ryan (2009, tradução nossa).

#### 4 ANÁLISE

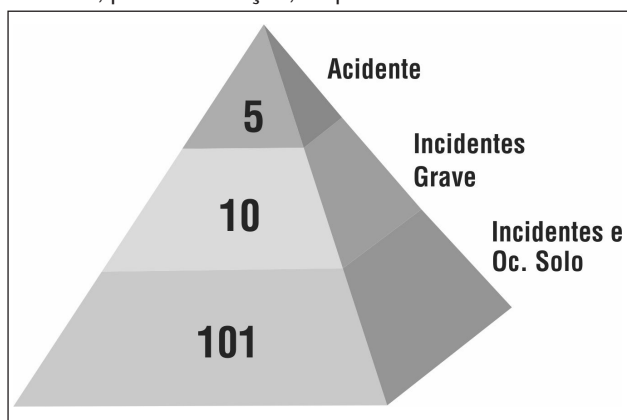
Com vistas a investigar o problema proposto, foi realizada a análise e interpretação dos dados, com base no referencial teórico e na metodologia apresentados. Inicialmente foi conduzida uma análise direta da distribuição das ocorrências aeronáuticas militares, quanto a sua classificação, nos períodos AA e DA. Apesar de a razão entre as ocorrências não ter sido exatamente como a teoria do triângulo de Heinrich descreve no referencial teórico, a distribuição em forma de pirâmide pôde ser observada, conforme Figuras 5 e 6 a seguir.

**Figura 5** – Distribuição das ocorrências aeronáuticas militares, por classificação, no período AA.



Fonte: Adaptado de MENDONÇA (2011).

**Figura 6** – Distribuição das ocorrências aeronáuticas militares, por classificação, no período DA.



Fonte: Adaptado de MENDONÇA (2011).

A distribuição apresentada corrobora o referencial teórico. O aumento da capacidade de produção de relatórios finais das ocorrências

localizadas na base do triângulo possibilita a determinação de uma quantidade maior de fatores contribuintes e falhas latentes, representados pelos dominós e buracos nas fatias de queijo das teorias discutidas anteriormente.

O passo seguinte consistiu na realização de uma análise exploratória da capacidade de produção de RF e RFS, por período, conforme ilustrado na Figura 7. Analisando a referida figura, percebe-se que a diferença entre o número de RF/RFS iniciados e o número de RF/RFS finalizados é menor no período DA, em comparação ao período AA.

Se a diferença entre processos iniciados e processos finalizados é baixa, pode-se concluir que a produtividade é alta e que o CENIPA é capaz de absorver a demanda de trabalho. Em contrapartida, se essa diferença é elevada, pode-se concluir que a produtividade é pequena e, conseqüentemente, que o CENIPA não é capaz de absorver a demanda de trabalho que é imposta ao Centro. Vale ressaltar que, em ambos os períodos, a quantidade de investigadores envolvidos no processo de produção de relatórios foi a mesma.

Como forma de estimar a capacidade de produção de relatórios finais, foi utilizado o indicador *IOM* em cada período.

Ao aplicar os valores da Figura 7, na Equação 1, foram obtidos os seguintes *IOM* para cada período:

$$IOM_{AA} = \left( \frac{26}{105} \right) \times 100 = 24,76\%; \text{ e}$$

$$IOM_{DA} = \left( \frac{97}{116} \right) \times 100 = 83,62\%$$

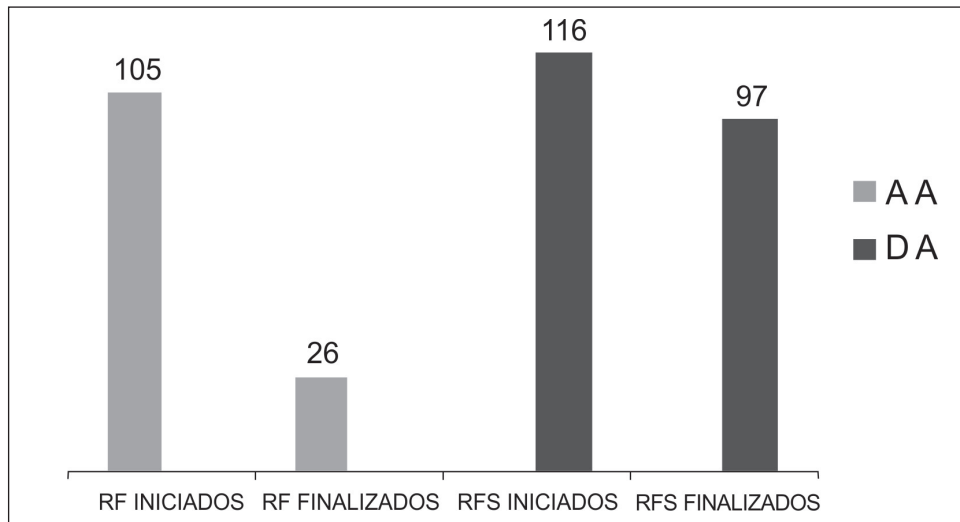
Para verificar a variação do *IOM*, foi utilizada a Equação 2.

$$\Delta IOM = 83,62\% - 24,76\%$$

$$\Delta IOM = 58,86\%$$

O comportamento encontrado na análise da variação do *IOM* denota um indício de aumento na capacidade de produção no período DA em 58,86%. Entretanto, foi necessário testar essa hipótese para concluir se este indício era estatisticamente significativo. O teste selecionado para essa verificação foi o teste estatístico Qui-Quadrado.



**Figura 7** – Produtividade de RF/RFS, por período.

Fonte: O autor.

Para a aplicação do teste, foram utilizados os dados obtidos por meio das respostas às questões norteadoras. Dessa forma, as Tabelas 1 e 2, com os valores reais calculados, deram origem à Tabela 3, que contém as frequências observadas e os somatórios de linhas e colunas.

**Tabela 3** – Valores reais de frequências observadas e somatórios de linhas e colunas.

Período	Capacidade de Produção		
	RF/RFS iniciados	RF/RFS finalizados	Totais
AA	105	26	131
DA	116	97	213
Totais	221	123	344

Fonte: O autor.

As hipóteses de dependência entre o RFS e a capacidade de produção de relatórios finais foram formuladas da seguinte maneira:

- $\lambda_0$ : a capacidade de produção de relatórios finais não se alterou com a adoção do RFS; e
- $\lambda_1$ : a capacidade de produção de relatórios finais aumentou após a adoção do RFS.

Para a realização do teste, foi necessário conhecer as frequências esperadas, as quais foram obtidas por intermédio das Equações 10, 11, 12 e 13.

$$E_{11} = \frac{131 \times 221}{344} = 84,15$$

$$E_{12} = \frac{131 \times 123}{344} = 46,84$$

$$E_{21} = \frac{213 \times 221}{344} = 136,84$$

$$E_{22} = \frac{213 \times 123}{344} = 76,15$$

Uma vez conhecidas as frequências observadas, as frequências esperadas e os somatórios de linhas e colunas, os dados foram validados, conforme as exigências do teste, dispostas no item 3.1. Assim, tem-se que:

a) a exigência **a** foi atendida, pois os dados são quantitativos discretos;

b) a exigência **b** também foi atendida, uma vez que todos os valores de frequência esperada são maiores do que 5; e

c) a exigência **c** foi atendida, em razão dos dados serem independentes, ou seja, os dados coletados no período AA não interferem nos dados coletados no período DA.

Com base no que preconiza Ryan (2009), foi possível calcular o valor de  $X^2$ :

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \frac{(O_{11} - E_{11})^2}{E_{11}} + \frac{(O_{12} - E_{12})^2}{E_{12}} + \\
 &\quad \frac{(O_{21} - E_{21})^2}{E_{21}} + \frac{(O_{22} - E_{22})^2}{E_{22}} \\
 X^2 &= \frac{(105 - 84,15)^2}{84,15} + \frac{(26 - 46,84)^2}{46,84} + \\
 &\quad \frac{(116 - 136,84)^2}{136,84} + \frac{(97 - 76,15)^2}{76,15} \\
 X^2 &= 5,17 + 9,27 + 3,17 + 5,71 \\
 X^2 &= 23,32
 \end{aligned}$$

Após o cálculo do  $X^2$ , calculou-se a quantidade de graus de liberdade da estatística por meio da Equação 5.

$$gl = \frac{(quantidade\ de\ linhas - 1) \times (quantidade\ de\ colunas - 1)}{}$$
$$gl = (2 - 1) \cdot (2 - 1)$$
$$gl = 1$$

Na Figura 4 de valores críticos de  $X^2$ , para um grau de liberdade ( $gl = 1$ ) e nível de significância de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ), o valor crítico de  $X^2$  encontrado foi 3,84.

Comparando-se o valor calculado com o valor tabelado, tem-se que:

$$valor\ calculado\ (23,32) > valor\ tabelado\ (3,84)$$

Dessa forma, foi possível rejeitar a hipótese nula  $\lambda_0$  e validar a hipótese alternativa  $\lambda_1$ , conforme a Equação 14, com grau de confiabilidade de 95%.

Sendo assim, a partir das informações apresentadas e do resultado do teste aplicado, pode-se concluir estatisticamente que a capacidade do CENIPA em produzir relatórios finais no âmbito da aviação militar aumentou depois da adoção do RFS, confirmando o indício observado na análise da Figura 7.

Com essa constatação, pode-se verificar que a adoção do RFS impactou no aumento em 58,86% da capacidade de produção de relatórios finais militares produzidos pelo CENIPA, nos nove primeiros meses do ano de 2015.

Pode-se, portanto, afirmar que o CENIPA aumentou a sua capacidade de atuação nas ocorrências que constituem a base do Triângulo de Heinrich e ampliou as possibilidades de identificação de fatores contribuintes e falhas latentes, representados pelas teorias do Dominó e do Acidente Organizacional, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho foi conduzido com o objetivo de sanar a seguinte inquietação: em que medida a adoção do Relatório Final Simplificado (RFS) impactou na capacidade de produção de relatórios finais da aviação militar pelo CENIPA, de janeiro a setembro de 2015? Com a finalidade de responder o referido problema de pesquisa e, assim, alcançar o seu objetivo geral, foram elaboradas três questões norteadoras e três objetivos específicos.

Inicialmente a pesquisa documental e a coleta de dados atenderam ao primeiro objetivo específico (OE1) de identificar a quantidade de RF e RFS militares iniciados em cada um dos períodos estabelecidos.

No período AA foram contabilizados 5 acidentes, 8 incidentes graves e 92 incidentes/ocorrências de solo, perfazendo um total de 105 ocorrências. No período DA foram registrados 5 acidentes, 10 incidentes graves e 101 incidentes/ocorrências de solo, perfazendo um total de 116 ocorrências. Os dados obtidos foram organizados por classificação de ocorrência e apresentaram distribuição condizente com o que preconiza a teoria do Triângulo de Heinrich. Observou-se que os eventos de menor gravidade concentraram-se nas bases das pirâmides das Figuras 5 e 6.

Em seguida os documentos da base de dados do CENIPA foram consultados com a finalidade de atender ao segundo objetivo específico (OE2) que é de identificar a quantidade de RF finalizados no período AA, no âmbito da aviação militar. Os dados obtidos contabilizaram 26 RF finalizados no período.

Por meio da consulta documental à mesma base de dados citada anteriormente, foram coletadas informações a fim de atender ao terceiro objetivo específico (OE3) de identificar a quantidade de RFS finalizados no período DA, no âmbito da aviação militar. Os números coletados contabilizaram 97 RFS finalizados no período.

Observou-se, durante o estudo que, após a adoção do RFS, o número de processos de investigação finalizados aumentou em relação ao período anterior à mudança. Para quantificar esse aumento na capacidade de produção de relatórios finais, foi utilizado o indicador  $IOM$ , que relacionou a quantidade de RF/RFS iniciados com a quantidade de RF/RFS finalizados em cada período da pesquisa. A comparação entre o  $IOM_{AA}$  e  $IOM_{DA}$  demonstrou um indício de aumento de 58,86% na capacidade de produção de relatórios finais, após a adoção do RFS.

O aumento na capacidade de produção foi comprovado por meio da aplicação do exame estatístico Qui-Quadrado que confirmou a significância estatística do valor calculado e a existência de correlação entre a quantidade de relatórios finalizados pelo CENIPA e a adoção do RFS no escopo da aviação militar, para o nível de significância 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ).

Esta estimativa conduziu ao alcance do objetivo geral desta pesquisa, a partir do qual se conclui que a adoção do RFS impactou no aumento em 58,86% da capacidade de produção de relatórios finais militares produzidos pelo CENIPA, nos nove primeiros meses do ano de 2015.

Produzindo-se um número maior de relatórios, amplia-se a possibilidade de identificação de fatores contribuintes e falhas latentes. À luz do referencial teórico, os fatores contribuintes representam as

peças de dominó, enquanto as falhas latentes representam os buracos das fatias do queijo suíço. As ações mitigadoras decorrentes dos relatórios finais representam a retirada de uma peça da sequência de dominós e (ou) a obstrução dos buracos das fatias do queijo suíço, contribuindo para a prevenção de futuros acidentes.

Dessa forma, o aumento da capacidade de produção de relatórios finais tem implicação direta na prevenção de acidentes da aviação militar. Essa evolução na celeridade do processo de investigação das ocorrências aeronáuticas militares no CENIPA implica diferença significativa no contexto atual de Força Aérea Brasileira, com economia de recursos e maximização de resultados.

Ademais, os resultados desta pesquisa podem auxiliar o Comando da Aeronáutica e o próprio CENIPA no planejamento da dotação de pessoal e de sua distribuição dentro do Centro, diminuindo as consequências da rotatividade de pessoal.

Por fim, a presente pesquisa permite uma análise dos efeitos do novo relatório adotado (RFS) e ratifica a sua utilização no âmbito da investigação de ocorrências aeronáuticas militares.

Considerando que neste trabalho foi abordada apenas a análise quantitativa dos dados, sugere-se que outras pesquisas investiguem qualitativamente o impacto da adoção do RFS nos processos investigativos conduzidos pelo CENIPA, no âmbito da aviação militar.

## REFERÊNCIAS

AMANCIO, D. B. **O impacto da adoção do Relatório Final Simplificado nos processos Investigativos de Acidentes Aeronáuticos realizados pelo Comando da Aeronáutica.**

2015. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais). Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 1986. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7565.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria nº 2230/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-6, que dispõe sobre a Investigação de Ocorrências Aeronáuticas com Aeronaves Militares. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 248, 30 dez. 2013.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 166/GC3, de 12 de fevereiro de 2014. Aprova a reedição da NSCA 3-13, que dispõe sobre os Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da

Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 34, 18 fev. 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation.** 10. ed. Montreal, 2010.

MENDONÇA, F. A. C. A ficha CENIPA 15 e as atividades de prevenção do risco aviário. **Revista Conexão SIPAER**, v. 2, n. 3, 2011.

REASON, J. T. **Managing the Risks of Organizational Accidents.** Aldershot: Ashgate, 1997.

RYAN, T. **Estatística moderna para engenharia.** Campus: Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, R. **Guia Técnico de Ação Inicial de Investigação de Acidentes Aeronáuticos com Aeronaves de Asas Fixas de Acordo com Técnicas Recomendadas Internacionalmente.** 2012. 206 f. Dissertação (Mestrado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada)—Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2012.