

# 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

*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*

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

Thiago Alexandre Lirio<sup>1</sup>

## 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.

## 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 Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA) – Brasília/DF – Brasil. Mayor Aviador de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Email: thiagolirio@gmail.com

Recibido: 15/03/17

Aceptado: 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.*

## 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.*

---

## 1 CONTEXTUALIZACIÓN

Después de la Segunda Guerra Mundial, hubo la necesidad de reglamentar y normalizar las actividades de la aviación civil en el mundo, entre ellas las de investigación de accidentes e incidentes aeronáuticos. Esto ocurrió a través de la Convención de Aviación Civil Internacional, también conocida como Convención de Chicago, de la

cual Brasil es signatario. El tratado internacional, firmado en 1944, se encuentra en vigor hasta los días actuales. El documento estableció la creación de la *International Civil Aviation Organization*<sup>1</sup> (OACI - Organización de Aviación Civil Internacional) y a través de 19 anexos de la Convención, estableció normas y prácticas recomendadas para la aviación (SOUZA, 2012).

En Brasil, la Ley n° 7.565/1986 que dispone sobre el Código Brasileño de Aeronáutica, en su Artículo 86, versa que,

Compete al Sistema de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (SIPAER) planificar, orientar, coordinar, controlar y ejecutar las actividades de investigación y de prevención de Accidentes Aeronáuticos. (BRASIL, 1986, p. 12).

El SIPAER tiene como órgano central el Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA), que es responsable por conducir esas actividades, en los moldes de la ley arriba citada.

La investigación SIPAER tiene por único objetivo evitar el acontecimiento de ocurrencias aeronáuticas análogas en el futuro, por medio de la identificación de los factores contribuyentes y de la emisión de recomendaciones de seguridad, las cuales posibiliten eliminar o mitigar esos factores. A la luz del SIPAER, las ocurrencias aeronáuticas militares se clasifican en cuatro categorías: accidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico y ocurrencia de suelo (BRASIL, 2013).

El documento donde se concluye la investigación y se divulga las enseñanzas extraídas de una ocurrencia aeronáutica es el informe final, y su concepto está especificado en el SIPAER.

Documento formal, destinado a divulgar la conclusión oficial del SIPAER, fundamentado en los elementos de investigación, en el análisis, en la conclusión y en las recomendaciones de seguridad relativas a un accidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico o ocurrencia de suelo, con el objetivo exclusivamente de prevención de nuevas ocurrencias. (BRASIL, 2014, p. 13).

Los 19 Anexos a la Convención de Chicago se dividen por temas específicos de áreas distintas de la aviación. Los asuntos relacionados con la investigación de accidentes e incidentes aeronáuticos están dispuestos en el Anexo 13 de la Convención de Aviación Civil Internacional de 1944. El punto 6.5 de dicho documento establece que, en interés de la prevención, el Estado, al conducir una investigación de accidente o incidente, debe publicar un informe final en el menor tiempo posible y, si es posible, dentro de un período de doce meses (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION

<sup>1</sup> Organización con 191 países miembros que tiene como objetivo desarrollar normas y métodos recomendados para la aviación civil internacional.

ORGANIZATION, 2010, traducción nuestra). Este pasaje destaca la relevancia que la Organización atribuye al factor tiempo para la prevención de accidentes. Brasil también reconoce el factor tiempo como fundamental para la prevención de futuras ocurrencias y, por ese motivo, el CENIPA tomó actitudes para hacer el proceso de investigación más veloz y eficiente.

En este contexto, en 2013, se creó el Informe Final Simplificado (RFS) en el ámbito de la aviación civil. El RFS es una versión simplificada del Informe Final (RF), que permite una investigación más rápida y compatible con la complejidad de las ocurrencias en las que se aplica. Los frutos generados por esa iniciativa fueron comprobados por Amancio (2015), el cual concluyó en su investigación que la adopción del RFS aceleró en más de 4 veces el tiempo de procesamiento de las investigaciones de la aviación civil brasileña.

Es importante resaltar que el RFS fue una herramienta creada para ser aplicada en casos específicos, de menor complejidad, y que el RF no dejó de existir. Ambos modelos de informe final (RF y RFS) presentan en su contenido factores contribuyentes y recomendaciones de seguridad y representan, por lo tanto, la conclusión oficial del SIPAER para una determinada investigación.

La investigación de accidentes aéreos en Brasil posee característica peculiar por reunir en la misma organización, el CENIPA, las actividades relacionadas a las aviaciones civil y militar. Esta condición posibilita que los conocimientos adquiridos en el ejercicio de las investigaciones de la aviación civil se apliquen a las actividades de prevención e investigación de la aviación militar y viceversa.

Con base en la experiencia vivida en 2013, en la aviación civil, el CENIPA decidió adoptar, a partir del 1 de enero de 2015, el RFS también para la aviación militar. Este informe simplificado se aplica a los incidentes graves, incidentes y ocurrencias de suelo, y sigue un razonamiento análogo al utilizado cuando la herramienta se introdujo en el contexto de la aviación civil. Para las ocurrencias clasificadas como accidentes, el RF sigue siendo el modelo de informe aplicado.

Las diferencias entre RF y RFS no se restringen al formato del informe, ya que además de la estructura del documento, también se ha simplificado el proceso de investigación de los sucesos. Mientras que un accidente investigado a través de RF recorre, obligatoriamente, tres etapas hasta que su investigación se considere concluida, los incidentes menores, investigados por medio de RFS, recorren sólo dos etapas. De esta forma, el proceso gana en velocidad y eficiencia.

El tiempo empleado para la producción de un informe final (sea RF o RFS) tiene importancia destacada

en el contexto de la prevención de accidentes, pues la publicación de estos informes es una de las principales maneras utilizadas por CENIPA para actuar directamente con los actores de la aviación militar. Se puede inferir, por lo tanto, que cuanto más rápido sea el proceso de investigación, más rápidamente las enseñanzas en ella adquiridas serán divulgadas y más brevemente se concluirá el ciclo de la investigación (AMANCIO, 2015).

La celeridad de las investigaciones militares está directamente relacionada con la capacidad de producción de la Subdivisión de Investigación (SDINV) del CENIPA. En el alcance de este documento, el término **capacidad de producción** significa la cantidad de informes finales que el CENIPA puede producir en un período de tiempo dado.

Hasta el momento, no se realizó ninguna evaluación en relación al impacto que la adopción del RFS representó en la capacidad que el CENIPA posee de producir informes finales, en el ámbito de la aviación militar. Al actuar directamente en la conducción de procesos de investigación de éste Centro, se elaboró el siguiente cuestionamiento y corresponde al objetivo general de este trabajo: ¿en qué medida la adopción del Informe Final Simplificado (RFS) impactó en la capacidad de producción de informes finales de la aviación militar por el CENIPA, de enero a septiembre de 2015?

Para la recolección y análisis de los datos se consideraron dos períodos distintos, como se describe a continuación:

- a) Antes de la adopción (AA) - del 1 de enero al 30 de septiembre de 2014; y
- b) Después de la adopción (DA) - del 1 de enero al 30 de septiembre de 2015.

Con el fin de alcanzar el objetivo general, se elaboraron tres cuestiones orientadoras:

CN1: ¿Cuál fue la cantidad de RF y RFS militares iniciados en los períodos AA y DA, respectivamente?

CN2: ¿Cuántos RF fueron finalizados en el período AA, en el ámbito de la aviación militar?

CN3: ¿Cuántos RFS fueron finalizados en el período DA, en el ámbito de la aviación militar?

La resolución de estas cuestiones tiene por objeto alcanzar los objetivos específicos siguientes:

OE1: Identificar la cantidad de RF y RFS militares iniciados en cada uno de los períodos establecidos.

OE2: Identificar la cantidad de RF finalizados en el período AA, en el ámbito de la aviación militar.

OE3: Identificar la cantidad de RFS finalizados en el período DA, en el ámbito de la aviación militar.

La importancia de este trabajo reside en verificar cuantitativamente si hubo evolución en la celeridad del proceso de investigación de las ocurrencias aeronáuticas militares brasileñas, después de la adopción del RFS.

Esta evolución es significativa en el contexto actual de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) y del Estado brasileño en lo que se refiere a la economía de recursos y maximización de los resultados en entidades gubernamentales. Aliado a ello, hay una alta rotación de militares del CENIPA y, cada vez que ocurre una sustitución de personal, el sustituto lleva un tiempo significativo para entender el proceso. Un modelo que es más rápido y eficiente sufre menos con las consecuencias de la rotación de investigadores.

El CENIPA tiene una demanda de investigación mayor en la aviación civil que en la militar, pero necesita tener la misma intensidad en los dos segmentos para que los niveles de seguridad permanezcan equivalentes. Así, cuanto más parecidos sean los procesos, más uniformes serán los resultados.

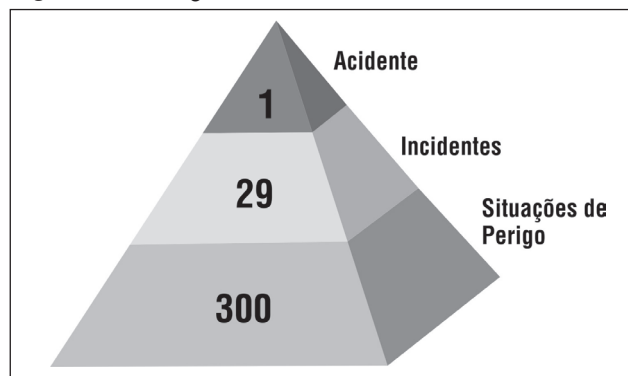
Por último, los resultados de esta investigación pueden ayudar al Comando de la Aeronáutica (COMAER) y al propio CENIPA en la planificación de la dotación de personal y su distribución dentro del Centro, además de permitir un análisis de los efectos del nuevo informe adoptado (RFS) y ratificar su utilización en el ámbito de la investigación de sucesos aeronáuticos militares.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoría del Triángulo de Heinrich

En la década de cincuenta, Heinrich y Granniss desarrollaron una teoría que se conoció mundialmente como Triángulo de Heinrich, Figura 1. En ese estudio, los investigadores analizaron miles de ocurrencias y concluyeron que, para cada accidente con lesiones o muertes, ocurren cientos de otros eventos similares de menor gravedad, sin heridos o víctimas fatales. El enfoque de esta teoría es que los eventos de menor complejidad pueden y deben ser identificados y controlados antes de evolucionar hacia eventos más graves que generen lesiones, fatalidades o pérdidas materiales (MENDONÇA, 2011).

Figura 1 – Triángulo de Heinrich.



Fuente: Adaptado de Mendonça (2011).

Otras teorías establecen razones diferentes entre accidentes, incidentes y situaciones de peligro, pero también describen que estas ocurrencias tienen motivos análogos, diferenciándose sólo por las consecuencias que generan. La mayor contribución de estas teorías es que los casos menos graves (situaciones de peligro e incidentes) son considerados precursores de los accidentes y deben ser investigados (MENDONÇA, 2011).

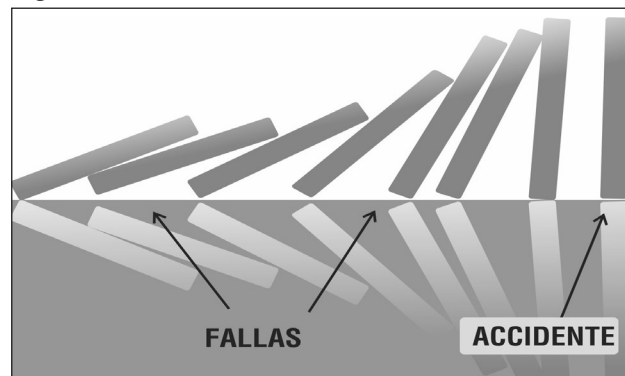
La teoría del Triángulo de Heinrich apoya los estudios de este trabajo, pues resalta que los eventos de la base de la pirámide, cuando se investigan adecuada y oportunamente, se mitigan antes que se conviertan en eventos con consecuencias más graves. En el caso de las ocurrencias aeronáuticas militares, la base de la pirámide está formada por ocurrencias de suelo, incidentes e incidentes graves. Al mejorar la eficiencia del proceso de investigación de estos eventos, el CENIPA está actuando directamente en la prevención de los accidentes, ubicados en la parte superior de la pirámide.

Con base en la teoría presentada, fue posible analizar el comportamiento de la distribución de las ocurrencias militares en los períodos AA y DA, que será explorado en el ítem 4 (Análisis) de este trabajo.

### 2.2 Teoría del dominó

La teoría del dominó (Figura 2), también desarrollada por Heinrich, defiende la idea de que un accidente es el resultado de una cadena de eventos que ocurre en secuencia lógica. Estos eventos pueden ser representados como si fueran piezas de dominós en fila una tras otra. La caída de una de las piezas de dominó significa la ocurrencia de una falla, que llevará a la caída de una segunda pieza (otra falla) y, de esta forma, fallas sucesivas van sucediendo hasta que todas las piezas hayan sido derribadas, haciendo el accidente inevitable (MENDONÇA, 2011).

Figura 2 – Teoría del Dominó.



Fuente: Adaptado de Mendonça (2011).

El principal concepto ligado a esta teoría es el de que, retirándose una pieza de la secuencia de dominós, el accidente será evitado (HEINRICH; GRANNIS, 1959 apud MENDONÇA, 2011).

La relación entre esta teoría y el presente trabajo se evidencia en el hecho de que la pieza a ser retirada puede haber sido identificada durante la investigación de una ocurrencia anterior, ya sea un accidente, un incidente o una ocurrencia de suelo. Al aumentar la producción de informes finales, consecuentemente se aumenta la posibilidad de identificar factores contribuyentes (piezas de dominó) que llevarán a la adopción de acciones mitigadoras. Estas acciones mitigadoras representan la retirada de una pieza de la secuencia de dominós y la consiguiente interrupción de la cadena de eventos, ayudando a prevenir futuros accidentes.

### 2.3 Teoría de los accidentes organizacionales

James Reason, renombrado investigador en el área del error humano, presentó en 1997 el modelo del Queso Suizo para accidentes organizacionales (Figura 3). La teoría de Reason (1997) apunta que sistemas complejos están protegidos por múltiples barreras de defensa para impedir que las situaciones de riesgo evolucionen hacia un accidente. Sin embargo, esas barreras tienen debilidades que, cuando se manifiestan en fallas latentes, pueden permitir la ocurrencia de un evento catastrófico. En esta teoría, las barreras son como rebanadas de un queso suizo, y sus debilidades son representadas por los agujeros del queso en las rebanadas. A la luz de la teoría presentada, esas condiciones se desprenden de la complejidad de la ocurrencia, de modo que las ocurrencias simples tienen condiciones latentes tanto como ocurrencias más complejas (REASON, 1997).

La teoría del Queso Suizo fue ampliamente aceptada en la comunidad aeronáutica y es, hasta los días actuales, utilizada para auxiliar en la investigación de accidentes aéreos por todo el mundo. La conexión entre esta

investigación y la teoría de Reason consiste en identificar fallas latentes durante la investigación de ocurrencias. La ampliación de la posibilidad de identificación de fallas latentes es una consecuencia directa del aumento de la capacidad de producción de informes finales. Las acciones mitigadoras de estas fallas en las barreras de defensa representan la obstrucción de los agujeros de las rebanadas de queso (barreras), contribuyendo a la prevención de futuros accidentes.

### 3 METODOLOGÍA

Atendiendo al objetivo general y, según lo preconizado por Gil (2002), esta investigación se clasificó como descriptiva, pues estableció la relación entre la adopción del RFS y la capacidad de producción de informes de investigación por parte del CENIPA, en los dos períodos especificados en este trabajo.

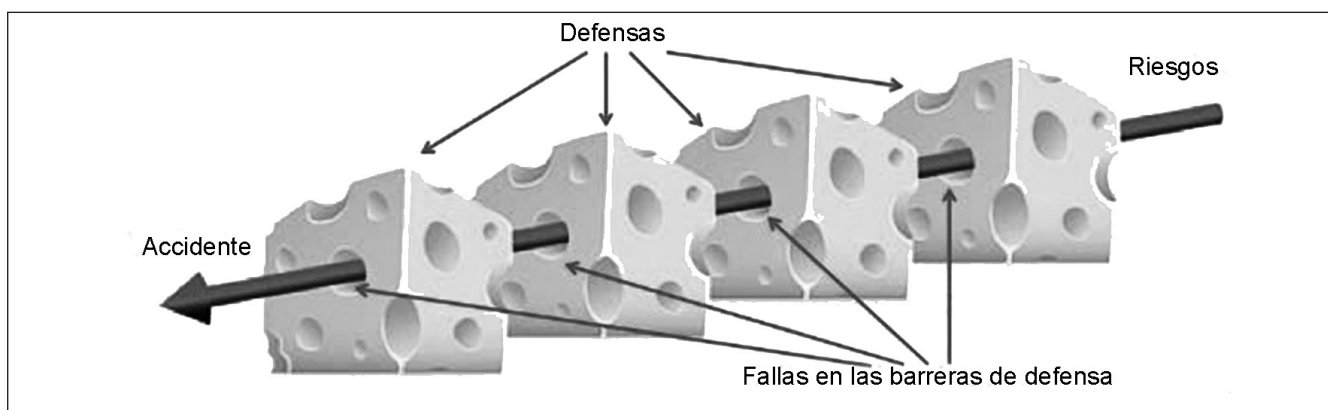
Con el objetivo de introducir el tema, se realizó una revisión de literatura de las principales teorías acerca de las causas de accidentes e incidentes en sistemas complejos, relacionando esas teorías con las actividades desarrolladas por CENIPA, en el ámbito de la investigación de ocurrencias aeronáuticas militares.

En cuanto a los procedimientos técnicos, el delineamiento de la investigación fue clasificado como documental, según Gil (2002), por recolectar datos en las bases estadísticas de ocurrencias aeronáuticas militares y en los registros de producción de informes finales de la Subdivisión de Investigación (SDINV) de la División Operativa (DOP) del CENIPA.

Para que los resultados fueran proporcionales y posibilitasen un análisis uniforme, fueron considerados dos intervalos de tiempo iguales, uno anterior y otro posterior a la adopción del RFS.

a) Antes de la adopción (AA) - del 1 de enero al 30 de septiembre de 2014; y

**Figura 3** – Teoría del Queso Suizo.



**Fuente:** Adaptado de Reason (1997).

b) Después de la adopción (DA) - del 1 de enero al 30 de septiembre de 2015.

Esta investigación fue conducida durante el año 2015, año coincidente con el período DA. Por este motivo, los períodos considerados para recolección de datos y análisis se extendieron hasta el 30 de septiembre en ambos ciclos, siendo esta una limitación del trabajo.

De todo el universo de investigaciones conducidas en el ámbito de la aviación militar, la muestra de este trabajo corresponde a los 105 (ciento y cinco) RF iniciados y 26 (veintiséis) RF finalizados en el período AA; y los 116 (ciento dieciséis) RFS iniciados y 97 (noventa y siete) RFS finalizados en el período DA.

La investigación realizada en la base de datos del CENIPA permitió identificar el cuantitativo de procesos de RF y RFS militares iniciados en los dos períodos. Estas informaciones condujeron a la respuesta de la primera cuestión orientadora y, consecuentemente, al alcance del primer objetivo específico. Los datos obtenidos fueron organizados por tipo de clasificación de ocurrencias (accidente, incidente grave, incidente y ocurrencia de suelo) a fin de averiguar el comportamiento de éstas en relación a su distribución.

Con el fin de responder a las cuestiones segunda y tercera, se verificó el cuantitativo de RF y RFS finalizados en los períodos AA y DA, respectivamente. Al término del levantamiento de datos, los números obtenidos llevaron a la respuesta de las cuestiones orientadoras 2 y 3 y, en consecuencia, al alcance del segundo y del tercer objetivo específico. Con los datos conocidos, se llevó a cabo un análisis exploratorio del escenario, comparando la capacidad de producción en cada uno de los períodos establecidos. Para cuantificar los datos, un indicador llamado Militar Acontecimientos Índice de Investigación se utilizó (IIOM) conjunto, de acuerdo con la Ecuación 1.

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

Donde,

IIOM = Índice de Investigación de Ocurrencias Militares;

$\sum x_i$  = cantidad de informes finales completados en cada período; y

$\sum y_i$  = cantidad de informes finales iniciados en cada período.

El IIOM relaciona la cantidad de RF/RFS iniciados con la cantidad de RF/RFS completados en cada período. La Ecuación 1 se utilizó para determinar el  $IIOM_{AA}$  e  $IIOM_{DA}$ . El análisis de la diferencia entre los valores fue realizado, conforme Ecuación 2.

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

El resultado de la Ecuación 2 demostró porcentualmente un indicio de dependencia entre la adopción del RFS y la

capacidad de producción del CENIPA. Sin embargo, fue necesario probar esta hipótesis para concluir si este indicio era estadísticamente significativo. Para esto, se realizó la prueba estadística Chi-Cuadrado ( $X^2$ ), que se detalla a continuación.

### 3.1 Prueba Chi-Cuadrado ( $X^2$ )

A los datos obtenidos se aplicó la prueba estadística Chi-Cuadrado ( $X^2$ ), conforme Ryan (2009). De acuerdo con el autor, la prueba  $X^2$  es aplicable cuando los datos se presentan en forma de frecuencia. La aplicación de la prueba tiene por finalidad detectar significancia estadística de la diferencia entre dos o más grupos independientes, es decir, probar la independencia entre dos o más variables.

Para la aplicación de la prueba, es necesario validar los siguientes requisitos en el conjunto de datos:

a) nivel de medición a escala nominal;

b) en las tablas 2x2, las frecuencias esperadas deben ser mayor de 5; y

c) los grupos comparados deben ser independientes.

La prueba fue realizada considerando dos hipótesis, son ellas:

$\lambda_0$  : las variables son independientes; y

$\lambda_1$  : las variables no son independientes, es decir, el comportamiento de una interfiere en la otra.

La hipótesis nula ( $\lambda_0$ ) fue probada utilizándose la Ecuación 3.

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

Donde,

$k$  = número de grupos;

$O$  = frecuencia observada; y

$E$  = frecuencia esperada.

El cálculo para encontrar las frecuencias esperadas es dado por la regla, según Ecuación 4.

$$E_{ij} = \frac{\sum \text{línea } i \times \sum \text{columnas } j}{\text{sumatotal}} \quad (4)$$

Los grados de libertad se definen por la Ecuación 5.

$$gl = (\text{cantidad de líneas} - 1) \times (\text{cantidad de columnas} - 1) \quad (5)$$

#### 3.1.1 Aplicación de la prueba $X^2$

Primero fueron extraídos los datos por medio de las respuestas de las tres cuestiones orientadoras. Los resultados obtenidos corresponden a las frecuencias observadas, conforme la Tabla 1.

**Tabla 1** – Tabla de las frecuencias observadas.

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

**Fuente:** El autor.

Tras el conocimiento de los valores de las frecuencias observadas ( $O_{11}$ ,  $O_{12}$ ,  $O_{21}$  e  $O_{22}$ ), se han establecido las sumas de las líneas y las columnas de la tabla, necesarias para la aplicación de las ecuaciones 6 a 9.

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

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

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

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

Las sumas encontradas pueden ser dispuestas, según la Tabla 2.

**Tabla 2** – Frecuencia observada con sumas totales.

Período	Capacidad de Producción		
	RF/RFS iniciados	RF/RFS finalizados	Totales
AA	$O_{11}$	$O_{12}$	$\sum \text{línea 1}$
DA	$O_{21}$	$O_{22}$	$\sum \text{línea 2}$
Totales	$\sum \text{columna 1}$	$\sum \text{columna 2}$	<i>Suma total</i>

**Fuente:** El autor.

A partir de las ecuaciones 6 a 9, se obtienen las frecuencias esperadas  $E_{11}$ ,  $E_{12}$ ,  $E_{21}$  y  $E_{22}$ , como Ecuaciones 10 a 11.

$$E_{11} = \frac{\sum \text{línea 1} \times \sum \text{columna 1}}{\text{sumatotal}} \quad (10)$$

$$E_{12} = \frac{\sum \text{línea 1} \times \sum \text{columna 2}}{\text{sumatotal}} \quad (11)$$

$$E_{21} = \frac{\sum \text{línea 2} \times \sum \text{columna 1}}{\text{sumatotal}} \quad (12)$$

$$E_{22} = \frac{\sum \text{línea 2} \times \sum \text{columna 2}}{\text{sumatotal}} \quad (13)$$

Una vez conocidas las frecuencias esperadas, los datos se validan de acuerdo con los requisitos **a**, **b** y **c** de la prueba, dispuestos en el punto 3.1.

Por último, después de la recolección y validación de todos los datos, fue posible llevar a cabo el cálculo de la estadística de prueba  $X^2$ , así como los grados de libertad de la estadística aplicada. El valor de  $X^2$  se calculó en comparación con el valor crítico de  $X^2$  tabulado (Figura 4), considerando el nivel de significancia de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ). La comparación de los valores  $X^2$  sigue los criterios indicados en las Ecuaciones 14 y 15.

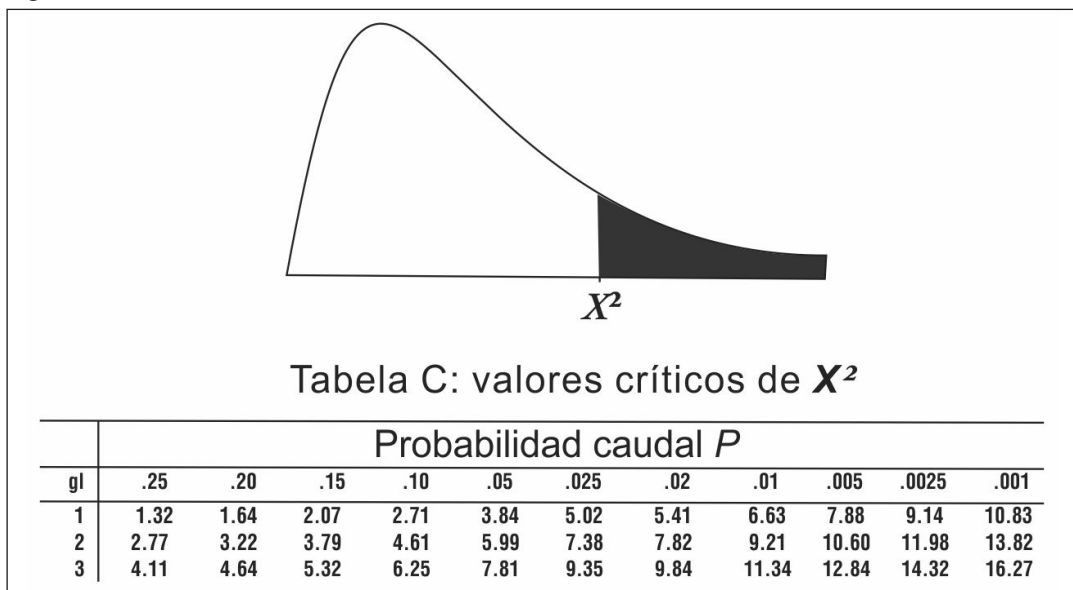
$$X^2 \text{ calculado} > X^2 \text{ tabulado} = \lambda_0; \text{ rechazada} \quad (14)$$

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

El rechazo de una hipótesis válida a otra hipótesis con un grado de confiabilidad del 95%, ya que el nivel de significancia establecido para la prueba fue el de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ).

La comparación entre el valor de  $X^2 \text{ calculado}$  y el valor de  $X^2 \text{ tabulado}$  apoyó el análisis y la comprensión del resultado obtenido, aclarando el objetivo general de este trabajo y respondiendo así al problema de investigación.

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

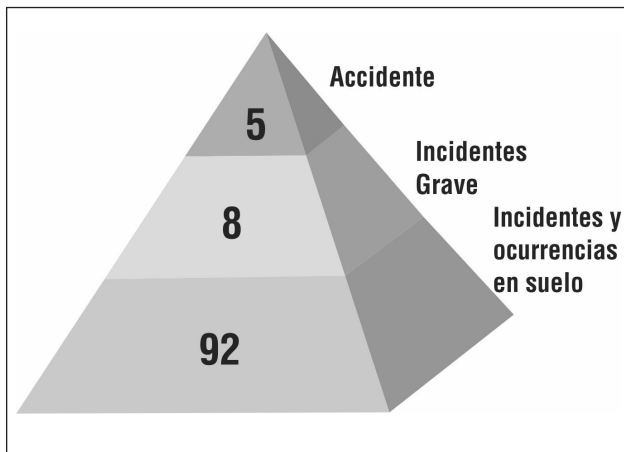


**Fuente:** Adaptado de Ryan (2009, traducción nuestra).

#### 4 ANÁLISIS

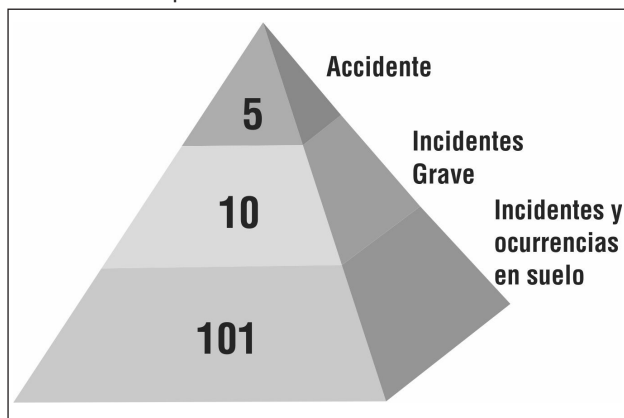
Con el fin de investigar el problema propuesto, se realizó el análisis e interpretación de los datos, con base en el referencial teórico y en la metodología presentados. Inicialmente se llevó a cabo un análisis directo de la distribución de las ocurrencias aeronáuticas militares, en cuanto a su clasificación, en los períodos AA y DA. Aunque la razón entre las ocurrencias no ha sido exactamente como la teoría del triángulo de Heinrich describe en el referencial teórico, la distribución en forma de pirámide pudo ser observada, conforme a las Figuras 5 y 6 a continuación.

**Figura 5** – Distribución de ocurrencias de la aviación militar, clasificadas en período de AA.



Fuente: Adaptado de MENDONÇA (2011).

**Figura 6** – Distribución de ocurrencias de la aviación militar, clasificadas en período de DA.



Fuente: Adaptado de MENDONÇA (2011).

La distribución presentada corrobora el referencial teórico. El aumento de la capacidad de producción de informes finales de las ocurrencias

localizadas en la base del triángulo posibilita la determinación de una cantidad mayor de factores contribuyentes y fallas latentes, representados por los dominós y agujeros en las rebanadas de queso de las teorías discutidas anteriormente.

El paso siguiente consistió en la realización de un análisis exploratorio de la capacidad de producción de RF y RFS, por período, como se muestra en la Figura 7. En el análisis de dicha figura, se percibe que la diferencia entre el número de RF/RFS iniciados y el número de RF/RFS finalizados es menor en el período DA, en comparación con el período AA.

Si la diferencia entre procesos iniciados y procesos finalizados es baja, se puede concluir que la productividad es alta y que el CENIPA es capaz de absorber la demanda de trabajo. En cambio, si esta diferencia es elevada, se puede concluir que la productividad es pequeña y, consecuentemente, que CENIPA no es capaz de absorber la demanda de trabajo que se impone al Centro. Es importante resaltar que, en ambos períodos, la cantidad de investigadores involucrados en el proceso de elaboración de informes fue la misma.

Con el fin de estimar la capacidad de los informes finales, se utilizó el indicador *IIOM* en cada período.

Mediante la aplicación de los valores de la Figura 7, en la Ecuación 1, se obtuvieron los siguientes *IIOM* para cada período:

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

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

Para comprobar la variación de *IIOM*, se utilizó la Ecuación 2.

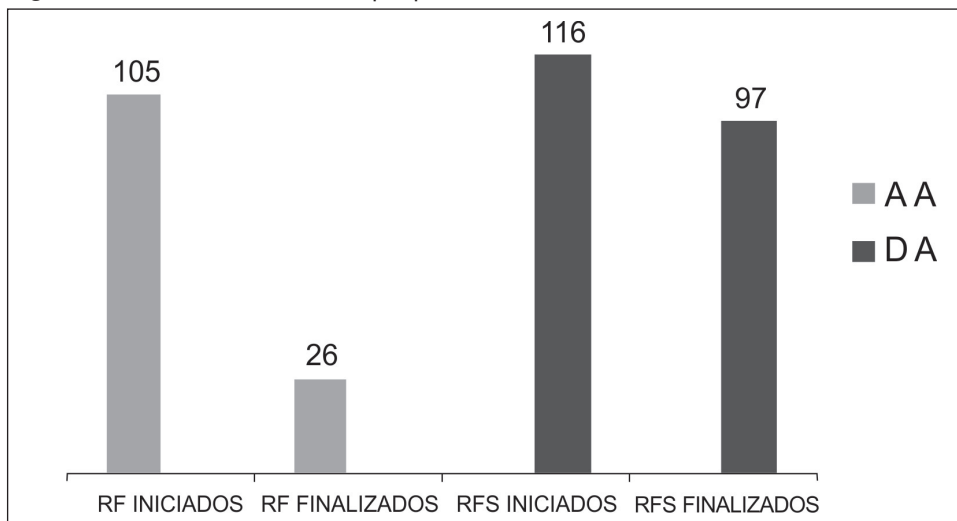
$$\Delta IIOM = 83,62\% - 24,76\%$$

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

El comportamiento encontrado en el análisis de la variación *IIOM* revela un indicio de aumento en la capacidad de producción en el período DA en un 58,86%. Sin embargo, fue necesario probar esta hipótesis para concluir si este indicio era estadísticamente significativo. La prueba seleccionada para esta verificación fue la prueba estadística Chi-Cuadrado.



**Figura 7** – Productividad RF/RFS por período.



Fuente: El autor.

Para la aplicación de la prueba, se utilizaron los datos obtenidos por medio de las respuestas a las preguntas orientadoras. De esta forma, las Tablas 1 y 2, con los valores reales calculados, dieron origen a la Tabla 3, que contiene las frecuencias observadas y los sumatorios de líneas y columnas.

**Tabla 3** – Los valores reales de frecuencias observadas y sumas de líneas y columnas.

Período	Capacidad de Producción		
	RF/RFS iniciados	RF/RFS finalizados	Totales
AA	105	26	131
DA	116	97	213
Totales	221	123	344

Fuente: El autor.

Las hipótesis de dependencia entre el RFS y la capacidad de producción de informes finales se formuló de la siguiente manera:

- $\lambda_0$ : la capacidad de producción de informes finales no ha cambiado con la adopción de RFS; y
- $\lambda_1$ : la capacidad de producción de informes finales ha aumentado tras la adopción de RFS.

Para la realización de la prueba, fue necesario conocer las frecuencias esperadas, las cuales fueron obtenidas por intermedio de las ecuaciones 10, 11, 12 y 13.

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

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

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

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

Una vez conocidas las frecuencias observadas, las frecuencias esperadas y las sumas de líneas y columnas, los datos fueron validados, conforme los requisitos de la prueba, dispuestos en el ítem 3.1. Así, se tiene que:

- el requisito **a** se ha cumplido, pues los datos son cuantitativos discretos;
- el requisito **b** también se ha cumplido, una vez que todos los valores de frecuencia esperada son mayores que 5; y
- el requisito **c** se ha cumplido, por lo que los datos son independientes, es decir, los datos recogidos en período de AA no afectan a los datos recogidos en el periodo DA.

Basado en lo que preconiza Ryan (2009), fue posible calcular el valor de  $X^2$ :

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

Tras el cálculo del  $X^2$ , se calculó la cantidad de grados de libertad de la estadística por medio de la Ecuación 5.

$$gl = \frac{(cantidad\ de\ líneas - 1) \times (cantidad\ de\ columnas - 1)}{(2 - 1) \cdot (2 - 1)}$$

$$gl = 1$$

En la Figura 4 de valores críticos de  $X^2$ , para un grado de libertad ( $gl = 1$ ) y nivel de significación de 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ), el valor crítico de  $X^2$  encontrado fue el 3,84.

En comparación con el valor calculado con el valor tabulado, se tiene que:

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

De esta manera, fue posible rechazar la hipótesis nula  $\lambda_0$  y validar la hipótesis alternativa  $\lambda_1$ , de acuerdo con la Ecuación 14 con el grado de fiabilidad del 95%.

Por lo tanto, a partir de las informaciones presentadas y del resultado de la prueba aplicada, se puede concluir estadísticamente que la capacidad del CENIPA en producir informes finales en el ámbito de la aviación militar aumentó después de la adopción del RFS, confirmando el indicio observado en el análisis de la Figura 7.

Con esta constatación, se puede verificar que la adopción del RFS impactó en el aumento en el 58,86% de la capacidad de producción de informes finales militares producidos por el CENIPA, en los nueve primeros meses del año 2015.

Se puede, por lo tanto, afirmar que el CENIPA aumentó su capacidad de actuación en las ocurrencias que constituyen la base del Triángulo de Heinrich y amplió las posibilidades de identificación de factores contribuyentes y fallas latentes, representados por las teorías del Dominó y del Accidente Organizacional, respectivamente.

## 5 CONCLUSIÓN

El trabajo se llevó a cabo con el objetivo de subsanar la siguiente inquietud: ¿en qué medida la adopción del Informe Final Simplificado (RFS) impactó en la capacidad de producción de informes finales de la aviación militar por el CENIPA, de enero a septiembre de 2015? Con el fin de responder al referido problema de investigación y, así, alcanzar su objetivo general, se elaboraron tres cuestiones orientadoras y tres objetivos específicos.

Inicialmente la investigación documental y la recolección de datos atendieron al primer objetivo específico (OE1)

de identificar la cantidad de RF y RFS militares iniciados en cada uno de los períodos establecidos. En el período AA se contabilizaron 5 accidentes, 8 incidentes graves y 92 incidentes/ocurrencias de suelo, con un total de 105 ocurrencias. En el período DA se registraron 5 accidentes, 10 incidentes graves y 101 incidentes/ocurrencias de suelo, totalizando un total de 116 ocurrencias. Los datos obtenidos fueron organizados por clasificación de ocurrencia y presentaron distribución de acuerdo con lo que preconiza la teoría del Triángulo de Heinrich. Se observó que los eventos de menor gravedad se concentraron en las bases de las pirámides de las Figuras 5 y 6.

A continuación, los documentos de la base de datos del CENIPA fueron consultados con el fin de atender al segundo objetivo específico (OE2) que es identificar la cantidad de RF finalizados en el período AA, en el ámbito de la aviación militar. Los datos obtenidos contabilizaron 26 RF finalizados en el período.

Por medio de la consulta documental a la misma base de datos citada anteriormente, se recolectó información para atender al tercer objetivo específico (OE3) de identificar la cantidad de RFS finalizados en el período DA, en el ámbito de la aviación militar. Los números recogidos contabilizaron 97 RFS finalizados en el período.

Se observó, durante el estudio que, después de la adopción del RFS, el número de procesos de investigación finalizados aumentó en relación al período anterior al cambio. Para cuantificar ese aumento en la capacidad de producción de informes finales, se utilizó un indicador IIOM, que relacionó la cantidad de RF/RFS iniciados con la cantidad de RF/RFS finalizados en cada período de la investigación. La comparación entre el  $IIOM_{AA}$  e  $IIOM_{DA}$  ha demostrado un indicio de aumento de 58,86% en la capacidad de producción de informes finales, tras la adopción del RFS.

El aumento en la capacidad de producción se confirmó mediante la prueba estadística de Chi-Cuadrado que confirmó la significación estadística de las variables y la existencia de una correlación entre el número de informes terminados por CENIPA y la adopción de RFS para el nivel de significación establecido 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ).

Esta estimación condujo a la consecución del objetivo general de esta investigación, a partir del cual se concluye que la adopción del RFS impactó en el aumento en 58,86% de la capacidad de producción de informes finales militares producidos por el CENIPA, en los nueve primeros meses del año 2015.

Al producirse un número mayor de informes, se amplía la posibilidad de identificar factores contribuyentes y fallas latentes. A la luz del referencial

teórico, los factores contribuyentes representan las piezas de dominó, mientras que las fallas latentes representan los agujeros de las rebanadas del queso suizo. Las acciones mitigadoras derivadas de los informes finales representan la retirada de una pieza de la secuencia de dominós y (o) la obstrucción de los agujeros de las rebanadas del queso suizo, contribuyendo a la prevención de futuros accidentes.

De esta forma, el aumento de la capacidad de producción de informes finales tiene implicación directa en la prevención de accidentes de la aviación militar. Esta evolución en la celeridad del proceso de investigación de las ocurrencias aeronáuticas militares en el CENIPA implica una diferencia significativa en el contexto actual de la Fuerza Aérea Brasileña, con ahorro de recursos y maximización de resultados.

Además, los resultados de esta investigación pueden ayudar al Comando de la Aeronáutica y al propio CENIPA en la planificación de la dotación de personal y de su distribución dentro del Centro, disminuyendo las consecuencias de la rotación de personal.

Por último, la presente investigación permite un análisis de los efectos del nuevo informe adoptado (RFS) y ratifica su utilización en el marco de la investigación de sucesos aeronáuticos militares.

Considerando que en este trabajo se abordó sólo el análisis cuantitativo de los datos, se sugiere que otras investigaciones investiguen cualitativamente el impacto de la adopción del RFS en los procesos investigativos conducidos por el CENIPA, en el ámbito de la aviación militar.

## REFERENCIAS

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.