



# LA GESTIÓN DEL RIESGO DE FATIGA EN OPERACIONES AÉREAS

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

MIGNONI JÚNIOR, Larri Antonio<sup>1</sup>, LUCAS, Ivone Aparecida<sup>2</sup>

MIGNONI JÚNIOR, Larri Antonio. LUCAS, Ivone Aparecida. **La gestión del riesgo de fatiga en operaciones aéreas.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Año 08, Ed. 06, Vol. 05, pp. 42-57. Junio de 2023. ISSN: 2448-0959, Enlace de acceso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ciencia-aeronautica/operaciones-aereas>, DOI:

10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/ciencia-aeronautica/operaciones-aereas

## RESUMEN

La fatiga representa entre el 15% y el 20% como el principal factor en accidentes causados por fallas humanas. La creciente demanda anual del transporte aéreo se ha convertido en una preocupación en esta actividad 24/7, ya que la tripulación se ve sometida a una jornada de trabajo irregular para satisfacer toda esa demanda. Las regulaciones actuales limitan la jornada de trabajo de una tripulación, minimizando los riesgos de fatiga, pero no los eliminan. Estudios científicos revelan que existen varios factores contribuyentes que llevan a la fatiga de la tripulación, rompiendo con viejos paradigmas de que la fatiga era consecuencia solo de la acumulación lineal de horas de trabajo. A través de los resultados obtenidos en estas investigaciones científicas, se crea y presenta una nueva herramienta de apoyo, cuyo objetivo principal es mitigar los efectos relacionados con la fatiga, elevando el estado de alerta de la tripulación para que puedan operar a un nivel de rendimiento satisfactorio. Este trabajo tuvo como objetivo, a través de una revisión de la literatura, exponer los riesgos relacionados con la fatiga en las operaciones aéreas y presentar el sistema de gestión de riesgos de fatiga como una palanca competitiva para lograr un equilibrio entre la seguridad y la productividad.

Palabras clave: Seguridad, Pilotos, Estrategias, Fatiga.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ser humano, por su propia naturaleza, comete errores. Por lo tanto, no es sorprendente que el 70% al 80% de los accidentes aéreos fatales sean causados por error humano (WIEGMANN; SHAPPEL, 2001). La fatiga representa aproximadamente entre el 15% y el 20% de esa tasa total (AKERSTEDT *et al.*, 2003), y es considerada



por la *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2011) como el principal factor humano de peligro, ya que afecta la mayoría de los aspectos de la capacidad de un miembro de la tripulación para llevar a cabo su trabajo.

Gestionar los riesgos de seguridad asociados con la fatiga en el entorno laboral requiere una definición clara de fatiga. Según la ICAO (2011), la fatiga se define como:

Um estado fisiológico de redução da capacidade de desempenho mental ou física resultante de perda de sono ou longo tempo sem dormir, fase circadiana, ou carga de trabalho (atividade mental e/ou física) que pode prejudicar o estado de alerta de um membro da tripulação e a capacidade de operar com segurança uma aeronave ou desempenhar funções relacionadas com a segurança. (tradução nossa). (p. 1-1)

La *Federal Aviation Administration* (FAA, 2013) define la fatiga como un estado complejo, caracterizado por la falta de atención y una disminución del rendimiento físico y mental, a menudo acompañado de somnolencia. Se observan cambios en muchos aspectos del rendimiento, incluyendo un aumento en el tiempo de reacción, lapsos de atención, una reducción en la velocidad de las tareas cognitivas, una disminución de la conciencia situacional y una reducción de la motivación.

Existen muchos factores que contribuyen al desarrollo de la fatiga: la hora del día en que se realiza el trabajo, la pérdida de sueño antes del inicio del trabajo y largos períodos de vigilia durante el día de trabajo (AKERSTEDT *et al.*, 2003). Los estudios demuestran que la pérdida de sueño provoca deficiencias psicomotoras equivalentes a las causadas por el consumo de alcohol igual o superior al límite legal. Permanecer despierto durante más de 16 horas diurnas consecutivas puede llevar a un déficit en el rendimiento psicomotor a niveles equivalentes al 0,05% y 0,1% de alcohol en sangre (DURMER; DINGES, 2005).

Basándose en el análisis de accidentes, la *National Transportation Safety Board* (NTSB) recomendó que la FAA incluyera en el código de regulaciones federales, como parte del entrenamiento, un programa para educar a los pilotos sobre las consecuencias perjudiciales de la fatiga y estrategias para evitarla y mitigar sus efectos (NASA, 2002). Además, según investigaciones de la NASA (2002), el 61% de



los pilotos describieron que la fatiga de la tripulación es un fenómeno común en las operaciones regionales. Además, el 85% la calificó como un problema de seguridad moderado o grave cuando ocurre. Casi tres cuartos (71%) admitieron haber dormido en algún momento durante el vuelo.

Es necesario desarrollar estrategias de gestión de riesgos para reducir el efecto negativo asociado a la fatiga humana en las operaciones aéreas. Este riesgo debe ser abordado por un sistema de protección para los usuarios y todas las partes involucradas. Dado que el objetivo final de una empresa es la producción de productos o servicios, los objetivos de producción y protección deben equilibrarse. Este equilibrio es frágil, ya que una producción excesiva puede comprometer la seguridad y un exceso de seguridad puede afectar el desempeño financiero de la empresa (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2011).

## 2. LA SITUACIÓN ACTUAL

La industria del transporte aéreo es uno de los sectores de más rápido crecimiento en el panorama global en la actualidad. La OACI (2023) estimó un aumento del 47% en el número de pasajeros transportados en 2022 en comparación con 2021, mientras que los Pasajeros-Kilómetro Transportados (PKT) aumentaron en aproximadamente un 70% en el mismo período. Esto indica una rápida recuperación del sector del transporte aéreo después de la pandemia de COVID-19. En términos de ingresos anuales, la OACI (2023) estimó un crecimiento del 50% entre 2021 y 2022. Según la *International Air Transport Association* (IATA, 2017), el mercado de transporte aéreo en Brasil se estima que crecerá un 105% en los próximos 20 años, lo que resultará en un aumento de 106 millones de pasajeros adicionales para 2037.

Para satisfacer esta creciente demanda, la tripulación a menudo se ve sometida a jornadas de trabajo irregulares, lo que representa un gran riesgo para la seguridad de los vuelos. La *National Business Aviation Association* (NBAA, 2019) señaló que "algunos vuelos largos pueden mantener a la tripulación despierta durante más de 20 horas, mientras que los vuelos cortos con múltiples escalas pueden resultar físicamente agotadores".



Es importante destacar que, en el contexto de la aviación, la seguridad es el estado en el que la probabilidad de daño a personas o propiedades se reduce y se mantiene en o por debajo de un nivel aceptable a través de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos (OACI, 2011).

Históricamente, la fatiga se asociaba principalmente con la duración total del vuelo y la intensidad de la carga de trabajo (WIENER; NAGEL, 1988).

La forma tradicional de regular y gestionar la fatiga de la tripulación ha sido establecer límites máximos para las horas de servicio y vuelo diario, mensual y anual, junto con la exigencia de pausas mínimas dentro y entre los períodos de servicio (OACI, 2011).

Según la FAA (2013), las regulaciones convencionales, siguiendo este modelo, reducen pero no eliminan las condiciones que contribuyen a la fatiga. Se basan en la suposición de que la fatiga se acumula de manera lineal y no tienen en cuenta las interacciones entre la pérdida de sueño y el ritmo circadiano.

La OACI (2011) describe este paradigma como una reliquia de una larga historia de limitaciones en las horas de trabajo que se remonta a la Revolución Industrial.

En la evidencia científica, existe un notable consenso sobre los parámetros del sueño y el estado de alerta en relación con las operaciones aéreas. Tal es este consenso que los principales científicos han formulado un documento con recomendaciones generales sobre cómo se deben tener en cuenta estos parámetros en la elaboración de regulaciones (AKERSTEDT *et al.*, 2003).

Recientemente ha surgido el concepto de "*Fatigue Risk Management Systems*" (FRMS), que proporciona recomendaciones para la gestión de riesgos relacionados con la fatiga humana en las operaciones aéreas. El FRMS busca lograr un equilibrio realista entre la seguridad, la productividad y los costos (OACI, 2011).

La *European Organisation for the Safety of Air Navigation* (EUROCONTROL, 2012) informó que en la actualidad, las compañías aéreas desean utilizar el FRMS como una forma de aumentar la seguridad mientras expanden sus operaciones. En este



mercado altamente competitivo, hay pocas palancas competitivas disponibles para las compañías. La gestión de la alerta laboral es una de las pocas que ofrece mejoras tanto en seguridad como en la empresa.

Las primeras aerolíneas en adoptar este sistema de gestión de riesgo de fatiga fueron Air New Zealand y EasyJet. En todo el mundo, algunas de las aerolíneas más grandes y competitivas están explorando y adoptando el FRMS en sus operaciones. También hay muchas empresas planeando implementar este sistema, como Delta, Continental-United, US Air, Malaysia, Qantas, Emirates, GOL (Brasil), LAN (Chile y Argentina), Etihad y DHL. "Este nuevo concepto es particularmente relevante en la industria de la aviación, que es la única que combina operaciones 24/7 con vuelos transmeridianos" (OACI, 2011).

### **3. EL RITMO CIRCADIANO**

Para un mejor análisis, es importante comprender que en los seres humanos, el ritmo circadiano es la variación comportamental y fisiológica diaria en una persona. Estos cambios son controlados por un reloj biológico ubicado en el cerebro (FAA, 2013). Es una antigua adaptación a la vida en un ciclo de 24 horas causado por la rotación de la Tierra.

Por lo tanto, dormir de noche no es solo un acuerdo social. Esto está programado por el reloj biológico circadiano. Incluso los organismos muy antiguos tienen algo equivalente, lo que significa que el reloj biológico circadiano ha existido durante miles de millones de años (ICAO, 2011).

A través de este reloj biológico, se coordinan los ciclos diarios de sueño, vigilia, temperatura, digestión, rendimiento, hormonas, etc. Sin ninguna información del entorno, el día biológico dura aproximadamente 24 horas. Desde el comienzo de la Revolución Industrial, hemos desarrollado un entorno cultural en el que existe una presión creciente para operaciones y servicios en torno al tiempo. La suposición oportuna de que podemos y realizamos funciones igualmente en cualquier momento



del día o de la noche subyace a muchas actividades en nuestra sociedad (ROSEKIND *et al.*, 2002).

Según Akerstedt *et al.* (2003), los trabajos nocturnos son especialmente vulnerables a una fatiga grave. Cuanto más se extiende este período de trabajo, mayor es la presión del sueño. Hay fuertes indicios de que los miembros de la tripulación se quedan dormidos, ya sea voluntaria o involuntariamente, en la cabina del avión.

La explicación de esto radica en la producción de una hormona conocida como melatonina, que es producida por la glándula pineal ubicada en el cerebro, detrás del cerebro. Esta glándula tiene un ritmo circadiano, que se inhibe con la luz y se activa en la oscuridad. Por lo tanto, la concentración de la hormona melatonina aumenta por la noche y disminuye durante el día (RAW; KRASILCHIK; MENNUCCI, 2001). En los seres humanos, el sueño comienza con el aumento de la melatonina y, en consecuencia, la disminución de la temperatura corporal (RAJARATNAM; ARENDT, 2001).

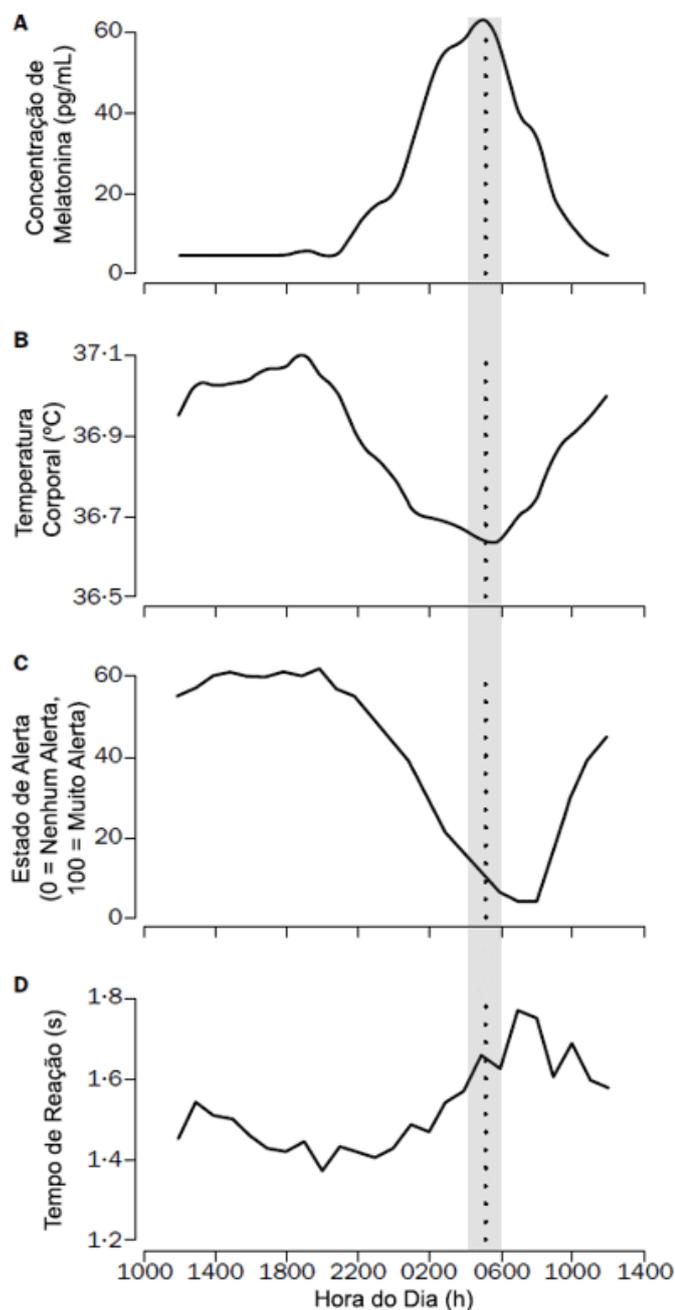
Existen dos períodos de máxima somnolencia durante las 24 horas del día, cuando hay un aumento en la producción de melatonina y una disminución en la temperatura corporal. Según Rosekind *et al.* (2002), estos períodos son entre las 3 a.m. y las 5 a.m., donde se produce un punto bajo en la temperatura, el rendimiento y el estado de alerta (Figura 1). Durante este tiempo, el cerebro desencadena el sueño y la somnolencia. Otro período de somnolencia se encuentra aproximadamente entre las 3 p.m. y las 5 p.m. Estas ventanas pueden utilizarse para programar un período de sueño o siesta, ya que el cerebro proporciona una mayor oportunidad para el sueño.

La mayoría de las personas experimentan un período de somnolencia durante la tarde, pero, según Rajaratnam y Arendt (2001), el aumento de accidentes durante la tarde es pequeño en comparación con el aumento de accidentes nocturnos.

Según Rosekind *et al.* (2002), en general, los seres humanos están fisiológicamente programados para estar despiertos durante el día y dormir durante la noche.

Según *Transport Canada* (2007), se puede concluir que el ritmo circadiano influye en la cantidad y calidad del sueño. Por ejemplo, el sueño durante el día es de menor calidad en comparación con el sueño nocturno, cuando el cuerpo está programado para dormir.

Figura 1: Ritmo circadiano de la concentración de melatonina (A), temperatura corporal (B), estado de alerta (C) y tiempo de reacción (D)



Fuente: Rajaratnam; Arendt (2001).



#### 4. PÉRDIDA DE SUEÑO O LARGOS PERÍODOS SIN DORMIR

La pérdida de sueño o largos períodos sin dormir se está volviendo cada vez más común en la sociedad moderna debido a una amplia variedad de factores, incluyendo condiciones médicas, trastornos del sueño, demandas laborales y responsabilidades sociales y domésticas (DURMER; DINGES, 2005).

El sueño reducido o degradado puede disminuir significativamente el rendimiento y el estado de alerta. La pérdida de sueño afecta todos los aspectos del rendimiento humano, incluyendo la memoria, la vigilancia, la toma de decisiones, el estado de ánimo, el tiempo de reacción, además de aumentar los errores y reducir la motivación y la relajación. No existe un consenso sobre la extensión del daño resultante de una cantidad específica de pérdida de sueño (NERI; DINGES; ROSEKIND, 1997; RAJARATNAM; ARENDT, 2001).

Según Rajaratnam y Arendt (2001), con la creciente demanda económica y social, nos estamos involucrando cada vez más en una sociedad 24 horas. Aproximadamente el 20% de la población trabaja fuera del horario regular, lo que pone de manifiesto que la pérdida de sueño es la consecuencia inmediata más importante del trabajo nocturno.

Neri, Dinges y Rosekind (1997) informaron que el sueño es una función fisiológica vital, tan crítica para la supervivencia humana como la comida, el agua y el oxígeno. Es muy difícil privarse de estas necesidades fisiológicas básicas.

Según Akerstedt *et al.* (2003), el sueño es un estado de regeneración fisiológica significativa. El tiempo óptimo de sueño para una recuperación completa es de aproximadamente 8.5 horas, aunque una pérdida de 1 a 2 horas tiene poco efecto significativo en la fatiga o el rendimiento. Un déficit superior a 2 horas resulta en un aumento de la fatiga y una disminución del rendimiento en la mayoría de las personas.

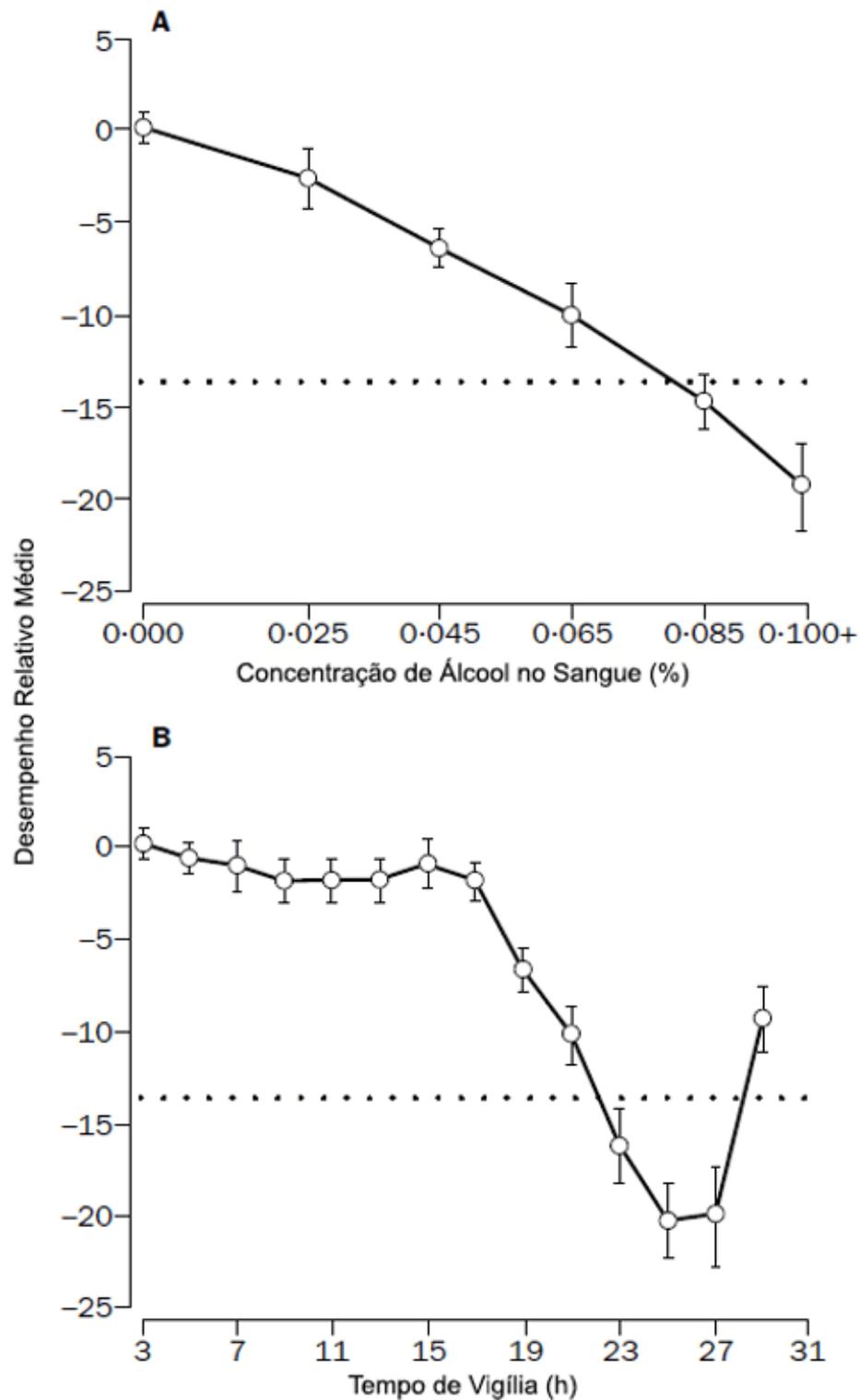
Sin embargo, con el tiempo, la pérdida de sueño puede acumular un déficit de sueño. Perder una hora de sueño durante 7 noches consecutivas resultaría en un déficit de



sueño acumulado de 7 horas, equivalente a una noche de sueño perdida durante una semana (NERI; DINGES; ROSEKIND, 1997).

Además de la pérdida de sueño, otro factor contribuyente a la fatiga es el largo período sin dormir y, según Rajaratnam y Arendt (2001), después de 17-19 horas de vigilia continua, se produce una disminución en el rendimiento equivalente o peor que una concentración de alcohol en sangre del 0.05%. Después de 20-25 horas de vigilia, resulta en una reducción del rendimiento equivalente a una concentración de alcohol en sangre del 0.1% (Figura 2).

Figura 2 - Comparación del efecto de la concentración de alcohol en sangre y las horas de vigilia en el rendimiento de la tarea



Fuente: Rajaratnam; Arendt (2001).



La NASA (2002) afirma que no solo es importante la cantidad de sueño, sino también la calidad del sueño. Si una persona duerme durante 8 horas, pero su sueño se interrumpe varias veces, al despertar se siente como si hubiera dormido solo unas pocas horas. Factores ambientales (ruido, temperatura, iluminación, etc.), medicamentos y alcohol pueden interferir y reducir la cantidad y calidad del sueño.

## 5. SÍNDROME DEL CAMBIO HORARIO O *JET LAG*

Otro factor relevante a considerar es la aparición del síndrome del cambio horario, conocido como *Jet Lag*, que implica el cruce de varios husos horarios, provocando una disonancia en el *Zeitgeber*[3], es decir, una asincronía del organismo con un nuevo huso horario. Después de un vuelo transcontinental, no solo el reloj circadiano estará fuera de sincronía con el *Zeitgeber* local, sino que también las funciones fisiológicas estarán desalineadas entre sí. Sin embargo, gradualmente, el reloj circadiano se resincroniza en el nuevo huso horario. (ROSEKIND *et al.*, 2002).

Los síntomas del *Jet Lag* incluyen fatiga diurna, dificultades para dormir por la noche (después de vuelos hacia el este) o despertar temprano (después de vuelos hacia el oeste), alteraciones del sueño nocturno, vigilancia o desempeño diurnos disminuidos, problemas gastrointestinales, pérdida de apetito y horarios inapropiados para las necesidades fisiológicas (RAJARATNAM; ARENDT, 2001).

Según la OACI (2011), cuantos más husos horarios se crucen, más tiempo tomará que el cuerpo se adapte al nuevo entorno. Sin embargo, la situación que experimenta la tripulación es diferente a la de los pasajeros, que en su mayoría planean pasar más tiempo en el destino, adaptándose por completo al nuevo huso horario. Según la NASA (2001), los miembros de una tripulación no permanecen el tiempo suficiente en un nuevo huso horario para que el reloj circadiano se sincronice completamente con la nueva zona horaria. Por lo general, las escalas en cada destino varían entre 1 y 2 días. Después de eso, se les llama a los miembros de la tripulación para realizar un vuelo de regreso al lugar de origen, seguido de un regreso a su ciudad de origen.



Según la OACI (2011), el grado de adaptación no depende solo del número de husos horarios cruzados, sino de la dirección del vuelo (más rápido después de vuelos hacia el oeste) y de cuánto tiempo el reloj biológico está expuesto a las 24 horas del nuevo huso horario (luz del día, dormir y despertar a la hora local, etc.).

## **6. EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE FATIGA**

La aproximación del FRMS está diseñada para aplicar estos nuevos conocimientos de la ciencia de la fatiga y la ciencia de la seguridad. Tiene como objetivo proporcionar un nivel de seguridad equivalente o reforzado, además de ofrecer una mayor flexibilidad operativa (ICAO, 2011).

EUROCONTROL (2012) describe el FRMS como una alternativa al uso de reglas prescriptivas para gestionar los riesgos derivados de la disminución del estado de alerta durante el servicio.

Según la FAA (2013), estructuralmente, un FRMS se compone de procesos y procedimientos para medir, modelar, gestionar, mitigar y reevaluar el riesgo de fatiga en un entorno operativo específico. Es más que una colección de herramientas; es un proceso de gestión basado en políticas y procedimientos organizativos que implementan un enfoque de sistemas para la gestión de la fatiga. En general, un FRMS proporciona un medio para realizar vuelos más seguros dentro de los límites de la regulación.

"Un FRMS tiene como objetivo garantizar que los miembros de la tripulación de un vuelo estén lo suficientemente alerta como para poder operar a un nivel de rendimiento satisfactorio" (ICAO, 2011).

Además, según la ICAO (2011), las principales actividades son la gestión del riesgo de seguridad y la garantía de seguridad. Estas actividades están reguladas por una política de FRMS y respaldadas por procesos de promoción de FRMS, y el sistema debe estar documentado.



Además, el FRMS debe diseñarse para lograr un equilibrio realista entre seguridad y productividad.

El FRMS cuenta con un concepto efectivo de cultura de informes de seguridad, donde el personal ha sido capacitado y constantemente alentado a informar los peligros siempre que los observen en el entorno operativo. Para fomentar la comunicación del riesgo de fatiga, el operador debe distinguir claramente entre:

- a) Errores humanos no intencionales. Se aceptan como parte normal del comportamiento humano y se reconocen y gestionan dentro del FRMS; y
- b) Violaciones intencionales de reglas y procedimientos. Un operador debe contar con procesos independientes del FRMS para abordar el incumplimiento intencional.

La implementación de un FRMS se puede realizar en etapas. La idea es tener una serie de pasos manejables para que los recursos y la carga de trabajo se puedan asignar en un período de tiempo, en lugar de tener que tener todo disponible antes de que comience la implementación. Tener un enfoque paso a paso también es una forma de gestionar la complejidad de la tarea, centrándose en un paso a la vez. Algunos operadores pueden optar por poner solo ciertas partes de sus operaciones bajo un FRMS o no implementar un FRMS en absoluto (ICAO, 2011).

Según la ICAO (2011), cada operador debe desarrollar un FRMS que sea adecuado para su organización, operaciones y la naturaleza y nivel del riesgo de fatiga. Por lo tanto, según la FAA (2013), el FRMS ofrece un enfoque interactivo y colaborativo con los niveles de rendimiento y seguridad caso por caso. Por lo tanto, el FRMS permite que el titular del certificado adapte las políticas, procedimientos y prácticas a las condiciones específicas que generan fatiga en una operación particular.

Según *Transport Canada* (2007), el éxito en la implementación depende del entrenamiento, considerado un componente esencial en un sistema de gestión de riesgos de fatiga.



Además, según *Transport Canada* (2007), para que el entrenamiento alcance sus objetivos, es necesario considerar:

Antes de projetar e implantar um programa de treinamento, uma organização deve determinar o nível e método de treinamento necessário. Por exemplo, se o gerenciamento de risco da fadiga é relativamente novo para a organização, pode ser necessário começar com um programa de treinamento básico sobre a fadiga e como controlá-la em um nível pessoal, isto é, uma introdução ao gerenciamento de fadiga. Uma organização que compreende o risco de fadiga pode optar por ir diretamente à instrução mais detalhada sobre as estratégias de gestão aplicadas.

Sin embargo, cuando no se implementa un FRMS, sigue siendo responsabilidad del operador gestionar los riesgos relacionados con la fatiga a través de sus procesos de gestión de seguridad existentes (ICAO, 2011).

## 7. VENTAJAS DEL FRMS[4]

Hay muchas ventajas en la implementación de un FRMS para todos, incluyendo:

- Reducción de Riesgos: Una organización con un FRMS identificará peligros y reducirá riesgos para todas las partes involucradas.
- Orientación de todas las partes interesadas sobre el riesgo y el comportamiento de personas fatigadas: Personal capacitado para identificar si están en riesgo y reconocer signos de fatiga en otras personas, tomando medidas para mitigar los efectos de la fatiga.
- Aumento de la productividad, satisfacción de los empleados y niveles de servicio al cliente: Un FRMS puede aumentar la disponibilidad de trabajo y fomentar un mayor compromiso del equipo, lo que conduce a una fuerza laboral más satisfecha y una mayor producción. Los costos directos e indirectos de corrección de errores se reducen significativamente, lo que aumenta los niveles de servicio al cliente.
- Aumento de la flexibilidad: El FRMS proporcionará al personal de la programación las herramientas para ajustar los horarios de trabajo o, según corresponda, seleccionar a quienes estarán en reserva en función de los niveles más bajos de fatiga.



- Bajo costo de implementación: Las pruebas demuestran que, una vez implementado, un FRMS puede ofrecer un buen retorno sobre la inversión. Una aerolínea de bajo costo emplea a cinco personas en su equipo de FRMS, generando más ahorros que su costo.

## 8. CONCLUSIÓN

Este estudio teórico ha permitido aumentar el conocimiento sobre la fatiga como el principal factor de riesgo en accidentes causados por fallas humanas y sobre el riesgo de fatiga cuando el piloto está sometido a jornadas de trabajo irregulares.

A través de datos estadísticos, se pudo observar un aumento en la demanda anual en las operaciones aéreas, lo que hace evidente la necesidad de adoptar medidas para mitigar los efectos causados por la fatiga de la tripulación.

A través de la investigación, se analizó una nueva y poderosa herramienta de apoyo en la gestión del riesgo de fatiga, el FRMS. Se ha encontrado que este sistema de gestión tiene un bajo costo de implementación y presenta varias ventajas, una de las cuales es el equilibrio entre seguridad, productividad y costos. El FRMS es una excelente herramienta para las aerolíneas que desean expandir sus negocios y garantizar la seguridad de los vuelos.

## REFERENCIAS

AKERSTEDT, T. *et al.* **Meeting to discuss the role of EU FTL legislation in reducing cumulative fatigue in civil aviation.** European Transport Safety Council, 2003. Disponible en: <<https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/Akerstedt-Mollard-Samel-Simons-Spencer-2003.pdf>>. Acceso en: 26 abril 2023.

EUROCONTROL. **Some Perspective on Fatigue Risk Management Systems**, mar. 2012. Disponible en: <<https://www.skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/4595.pdf>>. Acceso en: 26 abr. 2023.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Fatigue Risk Management Systems for Aviation Safety.** Advisory Circular No. 120-103A, 06 maio 2013.



INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **The Importance of Air Transport to Brazil**, 2017. Disponível em: <<https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/brazil--value-of-aviation/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Fatigue Risk Management Systems. Implementation Guide for Operators**, jul. 2011. Disponível em:

<<http://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/frms%20tools/frms%20implementation%20guide%20for%20operators%20july%202011.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2023.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **ICAO Forecasts Complete and Sustainable Recovery and Growth of Air Passenger Demand In 2023**, 8 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-forecasts-complete-and-sustainable-recovery-and-growth-of-air-passenger-demand-in-2023.aspx>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

NATIONAL BUSINESS AVIATION ASSOCIATION (NBAA). **Business Aviation Insider: Understanding the Risks of Fatigue**, 12 maio 2019. Disponível em: <<https://nbaa.org/aircraft-operations/safety/human-factors/fatigue/understanding-risks-fatigue/>>. Acesso em: 13 jun. 2023

NERI, D. F.; DINGES, D. F.; ROSEKIND, M. R. Sustained Carrier Operations: Sleep Loss, Performance, and Fatigue Countermeasures. **Fatigue Countermeasures Program Flight Management and Human Factors Division**. NASA Ames Research Center, 1997. Disponível em: <<http://www.nps.navy.mil/orfacpag/resumePages/projects/Fatigue/NeriDingesNimitz.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2014.

PFAFF, D. W. *et al.* **Hormones, Brain and Behavior**. San Diego: Academic Press, 2002.

RAJARATNAM, Shantha MW; ARENDT, Josephine. Health in 24-h Society. **The Lancet**. 2001. Disponível em: <[http://www.um.es/eubacteria/CL\\_SALUD\\_2.pdf](http://www.um.es/eubacteria/CL_SALUD_2.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2023.

RAW, I.; KRASILCHIK, M.; MENNUCCI, L. **A Biologia e o Homem**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

ROSEKIND, M. R. *et al.* **Crew Factors in Flight Operations XV: Alertness**. Management in General Aviation. Education Module. NASA Ames Research Center, 2002. Disponível em: <[http://humanfactors.arc.nasa.gov/publications/B\\_Flight\\_Ops\\_XV\\_GAETM1.pdf](http://humanfactors.arc.nasa.gov/publications/B_Flight_Ops_XV_GAETM1.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2023.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C.; GOGLIA, J. J. **Implementing Safety Management Systems in Aviation**. Farnham: CRC Press LLC, 28 jun. 2011.



TRANSPORT CANADA. Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. **Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System**. 2007. Disponível em: <<https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/TP14575-6041.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2023.

WIEGMANN, D. A.; SHAPPELL, S. A. **A Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents**. Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). Fev. 2001. Disponível em: <[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0103.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0103.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2023.

WIENER, E. L.; NAGEL, D. C. **Human Factors in Aviation**. San Diego: Academic Press, 1988.

## APÉNDICE - REFERENCIA NOTA A PIE

3. El término "*Zeitgeber*" (donador de tiempo en alemán) se refiere a las variables ambientales que pueden actuar como señales para el ritmo circadiano. El ciclo luz/oscuridad es el *Zeitgeber* más importante, pero otros estímulos, como la actividad o el sueño, también pueden funcionar como *Zeitgeber* (PFAFF *et al.*, 2002, p. 126).

4. Tema traducido y adaptado de EUROCONTROL, 2012, p. 9 y siguientes.

Enviado: 10 de mayo de 2023.

Aprobado: 22 de junio de 2023.

---

<sup>1</sup> Graduado en Administración de Empresas y Ciencias Aeronáuticas. ORCID: 0009-0005-8818-6624.

<sup>2</sup> Orientadora. ORCID: 0009-0009-6990-4618.