



ANÁLISIS DEL ACCIDENTE DEL P-51D EN INGLATERRA EN 2017 PARA LOS CONCEPTOS DE ERGONOMÍA COGNITIVA

Matheus Prim Markoski dos Santos^{1*}

Luis Felipe Tarle Magalhães²

Víctor Ishizuca Teles³

Alexandre Fonseca Póvoa da Silva⁴

Resumen

En 2017, después de fallas intermitentes en el motor durante su presentación en el salón aeronáutico de Duxford, Inglaterra, el piloto del P-51 Mustang tuvo que realizar un aterrizaje forzoso en una granja cercana a la pista de aterrizaje, causando solo daños a la aeronave y ninguna víctima. Los accidentes aéreos suelen ser analizados desde el punto de vista de la ergonomía cognitiva, buscando dilucidar los aspectos que suelen causar o contribuir al error humano. Sin embargo, se puede destacar que las acciones del piloto en este accidente, en su mayoría, funcionan como buenos ejemplos dentro de los conceptos de ergonomía cognitiva. A partir de estos conceptos, a partir de la revisión de la literatura sobre el rendimiento y el error humano, la atención, la observación de las operaciones en las cabinas y en las salas de control de las centrales nucleares, los autores analizaron informes de noticias, lecciones aprendidas y dos videos del accidente, disponibles en internet.

Palabras clave: Accidente aéreo; Fallo humano; Piloto.

ANALYSIS OF THE P-51D ACCIDENT IN ENGLAND IN 2017 USING COGNITIVE ERGONOMICS CONCEPTS

Abstract

In 2017, after intermittent engine failures during his performance at the Duxford Air Show in England, the pilot of the P-51 Mustang had to make a forced landing on a farm near the runway, causing only damage to the aircraft and no casualties. Aviation accidents are usually analyzed from the perspective of cognitive ergonomics, seeking to elucidate the aspects that normally cause or contribute to human error. However, it is worth noting that the pilot's actions in this accident, for the most part, serve as good examples within the concepts of cognitive ergonomics. Based on these concepts, based on a literature review on human performance and error, attention, observation of operations in cockpits and in nuclear power plant control rooms, the authors analyzed reports, lessons learned and two videos of the accident, available on the internet.

Keywords: Plane Crash; Human Error; Pilot.

¹ Marina de Brasil. * matheus.markoski@marinha.mil.br.

² Marina de Brasil.

³ Fundación PATRIA.

⁴ Marina de Brasil.



1. INTRODUCCIÓN

La aviación es un área en la que se aplican varios conceptos ergonómicos. Inicialmente, los conceptos antropométricos, relacionando temas como las formas y tamaños de los elementos de control y diales y el rango funcional del miembro de la tripulación con estos elementos fueron objeto de estudios y se han incluido desde hace algún tiempo en guías de diseño y estándares, como MIL-STD-1472 (US Department of Defense, 2012). Incluso en una cabina que cumple con todos estos principios ergonómicos, todavía hay espacio para que ocurra lo que se conoce como "error del piloto" (Fitts y Jones, 1947).

Desde entonces, varios factores han contribuido a mejorar la seguridad de la aviación, pero los accidentes siguen existiendo. Especialmente en la aviación comercial y militar, es desde el punto de vista de la ergonomía cognitiva y de los sistemas complejos y automatizados que se analizan y estudian los accidentes, principalmente a través de la base proporcionada por los estudios de Bainbridge (1983), Rasmussen (1983), Wickens (1988, 2010), Reason (1990) y se mejora continuamente, como es el caso del "Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos". HFACS, Shappel, 2000 y Lower et al, 2018).

Los autores de este estudio analizaron dos videos (Air Safety Institute, 2018; High Flight, 2017), el informe (AAIB, 2017) y dos informes (Airscape 2019; Hirschman, 2018) sobre el accidente, evaluando las acciones observadas en los videos y descritas por el piloto a partir de los conceptos ergonómicos mostrados en la revisión de la literatura.

2. DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE

El 9 de julio de 2017, durante la parte final del segundo día de presentaciones en el Salón Aeronáutico de Duxford, Inglaterra, el avión P-51D Mustang formó parte de un paso en formación con otros aviones históricos sobre la pista. Antes de realizar la maniobra, el piloto cambiaba el tanque de combustible, un procedimiento estándar que se realiza cada 30 minutos de vuelo, seleccionando el tanque del ala derecha. Después del paso, la formación de la aeronave se elevó a una altura de aproximadamente 300 metros y, para mantenerse en posición, el piloto tuvo que ajustar continuamente el acelerador. Durante una de estas activaciones, la aeronave tuvo la primera anomalía en el funcionamiento del motor, que rápidamente volvió a funcionar, pero comenzó a exhibir un comportamiento intermitente. El piloto hizo un intento de acercarse a la pista, pero el planeo del avión fue insuficiente para el aterrizaje, dada la poca fiabilidad de la propulsión y la baja altitud. Alternativamente, el piloto buscó algún punto



favorable para un aterrizaje de emergencia en los campos de trigo cercanos. Ya en el procedimiento de descenso, bajo y cerca de la pista, el motor se detuvo definitivamente, provocando el aterrizaje en una granja (AAIB, 2017, Airscape, 2019 y Hirschman, 2018), sin víctimas y solo con daños en la propia aeronave.

Este es uno de los 30 accidentes ocurridos en espectáculos aéreos ese año en todo el mundo, en los que el 34% ocurrió por fallas mecánicas, el doble del promedio histórico de este tipo de fallas (Barker, 2018).

3. AVIÓN

El P-51D Mustang, matrícula G-TFSI (Fig. 1) fue un avión de combate monoplaza entregado originalmente a la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en 1945, permaneciendo en servicio hasta 1956. En 2007, después de seis años de trabajo para revisar, actualizar y convertir el modelo P-51D original a un modelo de entrenador biplaza (TF-51D), la aeronave fue transferida al aeródromo de Duxford, Inglaterra (AAIB, 2017). El avión fue enviado a Estados Unidos para su reparación y, al año siguiente, actuó en la misma feria (AIRSCAPE, 2019).



Figura 1 - TF-51D Mustang "Miss Velma", matrícula G-TFSI, un día antes del accidente Fuente: Leonard (2017), con permiso de distribución CC BY-NC 2.0 (CC, 202?b)

El P-51 Mustang es un avión de combate estadounidense de la Segunda Guerra Mundial, diseñado originalmente por North American Aircraft para la Royal Air Force en 1940. En tan solo 117 días se diseñó y el prototipo realizó su primer vuelo. Después de la participación de los Estados Unidos en esa guerra, entró en uso por la Fuerza Aérea del Ejército de los Estados Unidos, siendo empleado con gran éxito tanto en el teatro europeo como en el asiático. Se produjeron más de 14.000 unidades, siendo el modelo P-51D el más producido, con 8.302



unidades (Smithsonian, 201?). Debido al final de la guerra y la introducción de los aviones de combate poco después del final de la misma, estos cazas se vendieron como excedentes a varias fuerzas aéreas, empresas e incluso particulares. En la actualidad, varios P-51 todavía se mantienen en condiciones de vuelo por parte de particulares, museos, fundaciones o empresas, ya sea para carreras o exhibiciones aéreas, que es el caso en el que encaja este modelo en particular. Las fig. 2 y 3 destacan elementos que se mencionarán más adelante: el acelerador



Figura 2 - Cabina de un P-51D. Las flechas muestran el acelerador (izquierda) y la manija de apertura del capó (derecha)

Fuente: Adaptado de Smithsonian (201?), con permiso de distribución CC0 (CC, 202?a)



Figura 3 - Apertura de la ametralladora en las alas del P-51D

Fuente: Adaptado de Smithsonian (201?), con permiso de distribución CC0 (CC, 202?a)



4. EL PILOTO

El piloto era Mark Levy, que volaba para la empresa de restauración de aeronaves Anglia Aircraft, propietaria de la aeronave (Airscape, 2019). Es piloto de British Airways y cuenta con una amplia experiencia en exhibiciones aéreas sobre otros aviones, participando en ellas desde 1989. Tiene un total de 21.000 horas de vuelo en varias aeronaves, pero solo 9 en Mustang hasta el día del accidente (AAIB, 2017 y Hirschman, 2018).

5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Rasmussen comienza su estudio enfatizando que los seres humanos no actuamos, o nos comportamos, simplemente como dispositivos deterministas de entrada y salida y que nuestro comportamiento se modifica en función de las señales que emanan de los objetivos a alcanzar, lo que se definió como comportamiento teleológico (Rosenbluth y Wiener 1943, apud Rasmussen, 1983). En este contexto, buscó distinguir las categorías del comportamiento humano de una manera cualitativa y lo hizo en **tres niveles de desempeño humano**, que son **la habilidad, la regla y el conocimiento**. El diferente uso de la información disponible en estos niveles de desempeño tiene distinciones, lo que lo llevó a definirlos como **signos, signos y símbolos**, todos dentro del modelo conocido como **SRK, Habilidad, Regla y Conocimiento**.

Con base en este estudio y en las áreas de investigación de errores que lo dividían en "deslizos y lapsos" y "errores", Reason propuso el Sistema Genérico de Modelado de Errores (*GEMS*), en el que crea un marco para comprender las fallas en cada uno de esos niveles de desempeño humano. Un concepto interesante es el *esquema mental "fuerte pero equivocado"* para la resolución de problemas, en el que los procedimientos acumulados durante años de práctica pueden desencadenarse y aplicarse en momentos inapropiados, debido, por ejemplo, a estar fuera de contexto o a la falta de información para diagnosticar correctamente el problema.

En esta misma obra también se hace la distinción entre **el error activo**, aquel cuyas consecuencias se observan de inmediato, y los **latentes**, que son errores causados no necesariamente por los operadores, sino por otras personas involucradas en el proceso, que incluso pueden ser los diseñadores, que causan fallas que se ocultan y revelan en ciertos momentos. El alineamiento de fallas activas y latentes, que es una secuencia posible que culmina en un accidente, se conoció como la "teoría del **queso suizo**", debido a que las diversas capas de "defensa" de un sistema pueden contener, por diversas razones, fallas e imperfecciones que terminan por no evitar el accidente que deberían prevenir.



A partir de esta distinción de falla activa y latente y la teoría del queso suizo, se desarrolló el sistema de análisis y clasificación de factores humanos (**HFACS**) empleado en la aviación, el cual es descrito por Shapppel (2000) y Lower et al. (2018). La razón principal del desarrollo de este sistema es el hecho de que la teoría del queso suizo proporciona pocos detalles sobre cómo aplicarlo en el mundo real de manera práctica (Kelly, 2019). Este sistema describe **cuatro niveles de fallas**: actos inseguros, condiciones previas para actos inseguros, supervisión insegura e influencias organizacionales. También hay que tener en cuenta que hay situaciones en las que "el problema no se comprende plenamente y no se dispone de procedimientos formales ni de opciones de respuesta" (Shapppel, 2000).

Los niveles de rendimiento humano son, en cierto modo, desencadenados por la información del contexto en el que se insertan el equipo y el operador. Pero la plena disponibilidad de la información no es garantía de que el operador esté en el nivel de habilidad más adecuado, ya que los seres humanos tienen una fuerte limitación en su capacidad para procesarla, lo que provoca una **sobrecarga de información**. Wickes et al. (2010) clasifican nuestra **atención** según el tratamiento que se le da a esta información, es decir, a los estímulos externos (o parte de ellos), como **atención selectiva, focalizada y dividida**. Sin embargo, el muestreo de señales dentro de estas modalidades de atención se ve afectado por las limitaciones de la memoria y las condiciones de estrés (Wickens, 1988). En cuanto a la atención y el rendimiento en las tareas, Latorella (1999) afirma que las interrupciones a través del canal auditivo aumentan el tiempo de ejecución y la comisión de errores en estas tareas. Es interesante observar en ese estudio de Wickens que la atención a un estímulo puede suceder de manera inconsciente y, en cierto modo, activar la memoria a largo plazo, a un nivel llamado **pre-atencional**. Este nivel es observado por Woods (1995), cuando reporta que los operadores de centrales nucleares también perciben que algo está sucediendo a través de los sonidos producidos en forma de "clics" por los dispositivos electromecánicos que controlan las barras de control, que ajustan la potencia de un reactor nuclear. Sin mirar necesariamente los parámetros de la planta nuclear, los operadores rápidamente tienen la noción de que el sistema automático está, por alguna razón, actuando en el movimiento de estas barras. A esto lo denomina Mumaw (2000), en su estudio de campo con operadores de centrales nucleares, como "aprovechamiento de **indicaciones no mediadas**" (*exploit unmediated indications*), es decir, información obtenida incluso cuando no existen instrumentos para ello, como una bomba de resonancia y el ruido de indicadores electromecánicos operados intensivamente. Gaver et al. (1991), en la investigación donde sintetizan **sonidos intrínsecos** del sistema en un entorno simulado y mejoran la eficiencia de la operación, mediante la creación de "íconos acústicos"



adecuados, menciona que los sonidos que emiten los motores de los automóviles no están diseñados, sino que son utilizados adecuadamente por las personas para saber si están funcionando correctamente o no.

Además del tema de la sobrecarga de información, que afecta la atención y su capacidad de procesamiento, las señales pueden ser ambiguas, trayendo significados que no ayudan en el diagnóstico de un problema y la consecuente toma de decisiones para resolverlo (Orasanu, 1998). En situaciones de alto riesgo y bajo presión de tiempo, como durante las acciones en operaciones anormales y en emergencias, las decisiones a menudo se toman sobre la base de la comparación de lo que pueden identificar como un patrón que ya han aprendido, conocido como el **modelo de decisión preparado para el reconocimiento** (KLEIN, 2008).

Bainbridge argumenta que incluso en sistemas altamente automatizados, todavía hay ocasiones de error e, irónicamente, tales ocasiones aún pueden aumentar, debido a la **pérdida de la capacidad motora** de los operadores porque ya no son parte activa del control de algún proceso y solo comienzan a monitorear e intervenir en el sistema, cuando la automatización falla. En este estudio destacamos las capacidades *cognitivas* del conocimiento **a largo plazo** y el *almacenamiento en el trabajo*.

En cuanto a la **observación cognitiva de una operación en la cabina**, podemos citar el estudio de Hutchins (1995), que se basa en el análisis de manuales del avión McDonnell Douglas MD-80 y en la observación directa del aterrizaje dentro de la cabina. En este estudio se analizan diferentes pasos, procedimientos y dispositivos utilizados desde el punto de vista de la ergonomía cognitiva. Esta observación muestra que este avión, el MD-80, en la trayectoria de aterrizaje, necesita cambiar la configuración de los flaps en función del peso y la velocidad de la aeronave. Aunque estos valores están incluidos en el manual, que está a disposición de los pilotos en todo momento, se necesita un método que reduzca la carga de trabajo y la memoria a corto y largo plazo de los tripulantes, en esta fase del vuelo con gran presión de tiempo. Esto se hace colocando indicadores alrededor del velocímetro. Cuando se alcanza cada velocidad, el miembro de la tripulación que monitorea el velocímetro informa el valor al otro, quien ajusta los flaps.

6. ANÁLISIS DE LAS ACCIONES DEL PILOTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ERGONOMÍA COGNITIVA

Justo al comienzo del primer video (Air Safety Institute, 2018) el piloto actúa mucho sobre el acelerador (Fig. 2) y es posible observar, a través de la cámara montada en el casco,



que está observando otro avión e intenta mantener el vuelo en graduación con él (también visto en High Flight, 2017), con **atención** enfocada. Luego, a los 47 segundos, el motor tiene la primera falla y podemos ver claramente al piloto a un **nivel de habilidad**, ya que actúa sobre el acelerador. Pero el motor pronto vuelve a funcionar, sin embargo, funciona de forma intermitente. Después de 30 segundos, el piloto se da cuenta de que el rendimiento del motor ya no es confiable y surgen "patrones de comportamiento", lo que le hace mantener la aeronave a una velocidad adecuada para mantener la sustentación en vuelo, mover la palanca de apertura del carenado (Fig. 2) y comenzar a buscar opciones para el aterrizaje de emergencia en los campos circundantes. Esto denota el nivel de rendimiento como **regla general**, que desencadena el **RPD**. La apertura de la capota es importante en este caso, ya que los daños en su mecanismo de apertura en un aterrizaje forzoso pueden dejar al piloto atrapado en la cabina. Esto va en contra del manual, que recomienda tirarlo, pero juzgó que no era una buena solución, tratando de evitar que una pieza de casi 150 kg cayera en una carretera adyacente, con mucho tráfico. En la **clasificación de la HFCAS**, esto se enmarca en una **violación excepcional**, dentro de un **acto inseguro** (Kelly, 2019). Sin embargo, el motor vuelve a arrancar (1:32 del vídeo). Así, afirma que no se trata de un fallo total del motor, al tratarse de un "fallo parcial e intermitente del motor, que es mucho peor que un fallo total", además de que el motor no presenta ningún otro síntoma de la posible causa de esta intermitencia. Al afirmar que esto es mucho peor que el primer tipo de ruptura, está claro que, ahora, el nivel de habilidad se ha convertido en el del **conocimiento**. Hasta este momento, las **señales** y **señas** provienen exclusivamente de los ruidos del motor, ya que el piloto no menciona el uso de instrumentos para buscar más información y no se puede ver una observación más atenta de él ante ningún instrumento. Los movimientos de la cabeza indican una mayor preocupación en el vuelo en formación en el que se encontraba y en busca de un lugar de aterrizaje. Más adelante, en la entrevista, afirma que podría tratarse de un problema episódico, como el agua en el combustible. Ese es el nivel de **habilidad**, ciertamente proveniente de la experiencia con aviones de menor potencia, pero el Mustang consume "40 galones (150 litros) de combustible por hora", por lo que una pequeña ingesta de agua no podría causar tal problema. Este es el **esquema mental** llamado por la Razón "**fuerte pero equivocado**". La comunicación con el control de tráfico aéreo se ha visto afectada, ya que el piloto está **sobrecargado** de información, operando a nivel de **conocimiento** y **atención enfocada**. Informa que es capaz de escuchar, pero no escuchar, procesar y responder a esta comunicación. En este caso, el control de tráfico nota que viene a aterrizar, pero el tren de aterrizaje no se baja. A nivel de **habilidad**, el piloto mantiene el tren



de aterrizaje retrasado para no correr el riesgo de volcar al aterrizar, algo habitual en este tipo de aeronaves.

Aunque es piloto de línea aérea, volando grandes aviones comerciales con un alto nivel de **automatización** y **complejidad**, mantiene la costumbre de realizar tornillos y aterrizajes mensuales con el motor apagado, para no **perder la motricidad** (Bainbridge, 1983). Momentos antes de aterrizar, baja los flaps por completo, de modo que el avión pierde un poco más de velocidad antes de tocar el suelo, una vez más, operando a nivel de **regla**.

Además del ruido del motor, el piloto utiliza "indicaciones no mediadas" (Gaver, 1991 y Mumaw, 2000) cuando percibe que el horizonte "sube" por el parabrisas al mismo tiempo que se produce un silbido producido por el aire al pasar por la salida de los cañones de las ametralladoras en el borde delantero de las alas (Fig. 3). Esto ocurre en el P-51 cuando el avión tiene un ángulo de ataque alto, generalmente ocurriendo en aterrizajes, lo que indica que el flujo laminar de las alas se acerca a la pérdida (Hirschman, 2018). Combinando estos dos datos, el alto ángulo de ataque y la pérdida de altitud, se dio cuenta de que el momento de aterrizar estaba cerca.

7. CONCLUSIÓN

Analizar este accidente desde el punto de vista de la ergonomía cognitiva nos permite ejemplificar y contextualizar varios conceptos muy utilizados. Así, y aliado al sistema de análisis HFACS, se puede observar que, en este caso, no hubo alineación de los fallos previstos en la teoría del "queso suizo" y que las acciones del piloto, que condujeron a un aterrizaje solo con consecuencias para la propia aeronave, en su mayoría, pueden considerarse buenos ejemplos de los conceptos empleados.

REFERENCIAS

AAIB (Air Accidents Investigation Branch), **Boletim EW/G2017/07/06**, 12 out. 2017. Disponível em:

<https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/650139/AAIB_Bulletin_10-2017.pdf> Acesso em: 27 abr. 2021.

AIR SAFETY INSTITUTE, **P-51 Engine Out, Off-Airport Landing - full analysis**, YouTube, 2018. Disponível em: <<https://youtu.be/BBpqvPujZgM>> Acesso em: 21 abr. 2021, 35:04 minutos.

AIRSCAPE, **Valuable lesson**, 04 jan. 2019, AirScape Magazine. Disponível em:



- <<https://airscapemag.com/2019/01/04/decisions-decisions/>> Acesso em: 21 abr. 2021.
- BAINBRIDGE, Lisanne. Ironies of automation. In: **Analysis, design and evaluation of man-machine systems**. Pergamon, 1983. p. 129-135.
- BARKER, DES. **Air show accidents & incidents 2017**. World Airnews, 2018
- CC, Creative Commons. **CC0 1.0 Universal (CC0 1.0) Dedicção ao Domínio Público**, 202?. Disponível em: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.pt_BR> Acesso em: 01 mai. 2021.
- CC, Creative Commons. **Atribuição-NãoComercial 2.0 Genérica (CC BY-NC 2.0)**, 202?. Disponível em: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/deed.pt_BR> Acesso em: 01 mai. 2021.
- Departamento de Defesa dos EUA. **MIL STD-1472G: Design Criteria standard human engineering**. EUA: DoD, 2012.
- GAVER, William W.; SMITH, Randall B.; O'SHEA, Tim. **Effective sounds in complex systems: The ARKola simulation**. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems. 1991. p. 85-90.
- FITTS, P. M.; JONES, R. E. Analysis of errors contributing to 460" pilot-error" experiences in operating aircraft controls. **AAF Air Materiel Command Memo Report TSEAA-694-12, Dayton, Ohio**, v. 2, n. 9, 1947.
- HIRSCHMAN, D. **Inside a P-51 engine-out, off-airport landing**. Air Safety Institute, EUA, 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2018/may/17/inside-a-p-51-engine-out-off-airport-landing>> Acesso em: 21 out. 2021.
- HIGH Flight. **Skilful Emergency Landing - P51 Mustang 'Miss Velma' - Flying Legends 2017**, YouTube, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3LdrY79g99Q>> Acesso em 26 abr. 2021, 3:25 minutos.
- HUTCHINS, Edwin. **How a cockpit remembers its speeds**. Cognitive science, v. 19, n. 3, p. 265-288, 1995.
- KELLY, Damien; EFTHYMIOU, Marina. **An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017**. Journal of safety research, v. 69, p. 155-165, 2019.



KLEIN, Gary. **Naturalistic decision making**. Human factors, v. 50, n. 3, p. 456-460, 2008.

LATORELLA, Kara A. **Investigating interruptions: Implications for flightdeck performance**. NASA, 1999.

LEONARD, Andy. **TF-51D 'Miss Velma' (G-TFSI)**. 08 jul. 2017. 1 fotografia. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/rover75/35649969592/in/photolist-29n5PU-8hNoBu-4nTt2x-55c2RE-Wjgq2j-Wjgqtb-WjgpW9>>. Acesso em 01 mai. 2021.

LOWER, Michał; MAGOTT, Jan; SKORUPSKI, Jacek. **A system-theoretic accident model and process with human factors analysis and classification system taxonomy**. Safety science, v. 110, p. 393-410, 2018.

MUMAW, Randall J. et al. **There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye**. Human factors, v. 42, n. 1, p. 36-55, 2000.

ORASANU, Judith; MARTIN, Lynne. **Errors in aviation decision making: A factor in accidents and incidents**. In: Proceedings of the workshop on human error, safety, and systems development. 1998. p. 100-107.

RASMUSSEN, Jens. **Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models**. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, n. 3, p. 257-266, 1983.

REASON, James. **Human error**. Cambridge university press, 1990.

SMITHSONIAN. **North American P-51D-30-NA Mustang**. 201?. Disponível em: <https://airandspace.si.edu/collection-objects/north-american-p-51d-30-na-mustang/nasm_A19600300000> Acesso em 01 mai. 2021.

SHAPPELL, Scott A.; WIEGMANN, Douglas A. **The human factors analysis and classification system--HFACS**. 2000.

WICKENS, Christopher D.; FLACH, John M. Information processing. In: WIENER, Earl L.; NAGEL, David C. (Ed.). **Human factors in aviation**. Academic Press, 1988., p. 111-155.

WICKENS, Christopher D. et al. **Engineering psychology and human performance**. 3ª edição. Prentice Hall, 2010.

WOODS, David D. **The alarm problem and directed attention in dynamic fault management**. Ergonomics, v. 38, n. 11, p. 2371-2393, 1995.