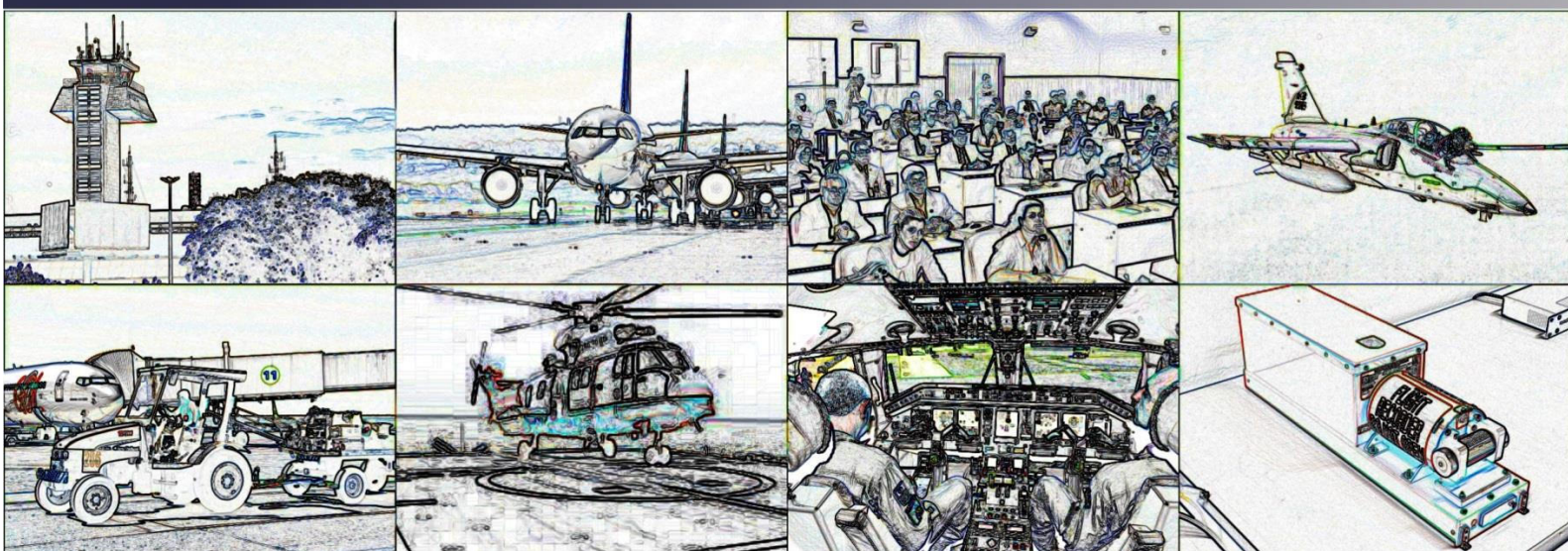


# CONEXÃO SIPAER



Revista Científica de Segurança de Aviação



Revista Conexão Sipaer, Volume 9, Número 1 – Jan/Abr 2018

## **Conexão SIPAER**

A Revista Conexão SIPAER é uma publicação científica periódica, editada eletronicamente pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos com o objetivo de promover a disseminação da informação técnico-científica produzida por pesquisadores e profissionais da área da Ciência Aeronáutica e ciências afins, voltada para a Segurança de Voo, com foco nas atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos.

## **Endereço postal**

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA  
SHIS – QI 05 – Área Especial 12  
VI COMAR – Lago Sul  
Brasília – DF  
BRASIL  
CEP: 71.615-600

## **Contato**

Telefone: +55(61)3364-8834  
Fax: +55(61)3365-1004  
E-mail: [conexaosipaer@gmail.com](mailto:conexaosipaer@gmail.com)

## **WEBPAGE**

<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/index>

O conteúdo e as opiniões expressas nos textos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. O periódico terá direitos autorais reservados sobre os trabalhos publicados sendo permitida a reprodução ou transcrição com a devida citação da fonte.

Nenhum conceito emitido deve ser utilizado diretamente na atividade aérea caso contrarie legislação, regulamentação ou manual de voo emitido ou certificado por autoridade competente.

R747

Revista Conexão SIPAER / Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. v. 9, n. 1 (Abr. 2018), Brasília: CENIPA, 2018.

Quadrimestral

Modo de acesso: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer>

ISSN: 2176-777 (versão on-line)

1. Ciências Aeronáuticas. 2. Segurança de Voo. I. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

CDU 355.354

# SUMÁRIO

## *Editorial*

Apresentação

1

Adriana de Barros Nogueira de Mattos

## *Artigos Científicos*

Ergonomia no Posto de Trabalho do Piloto Militar de Helicóptero: Uma Revisão Sistemática da Literatura 2-8

Vivian Martins Gomes

Francisco de Paula Nunes Sobrinho

O Impacto de Ambientes Térmicos Estressores na Capacidade Cognitiva de Pilotos 9-19

Thiago Shuck Azevedo

André Luís Boff

Estudo de Caso: A Possível Aplicação do Direito Penal na Atividade Aérea 20-25

Bruno Rabelo Coutinho Saraiva

Os Riscos de *Mast Bumping* por Oscilação Induzida pelo Piloto em Helicóptero Bipá Monomotor a Pistão 26-39

Diego Antônio Ortega Cunha

Considerações sobre o Emprego de Aeronaves de Asa Fixa com Elevado Alongamento sob Condições de Turbulência 40-50

Alexandre Galo Lopes

## *Notas*

As Investigações Aeronáuticas e a Persecução Penal: A Lei 12.970/14 e a Interface entre os Princípios 51-83

Marina Trindade Magalhães

Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri 84-97

Carlos Daniel Jabonski

Pedro Ramos da Costa Neto

## Apresentação

Adriana de Barros Nogueira de Mattos <sup>1,2</sup>

1 Editora Gerente da Revista Científica Conexão SIPAER

2 [adrianaabnm@fab.mil.br](mailto:adrianaabnm@fab.mil.br)

---

*É com prazer que lançamos o primeiro número do Volume 09 da nossa publicação científica CONEXÃO SIPAER. Este número, disponível no idioma português, na versão eletrônica, conta com cinco artigos e duas notas que apresentam resultado de pesquisas relevantes focadas na segurança de voo.*

*Na sequência, breves sumas de apresentações dos artigos e das notas.*

*Nesta presente edição, no texto inicial de Vivian Martins Gomes e Francisco de Paula Nunes Sobrinho, “Ergonomia no posto de trabalho do piloto militar de helicóptero: Uma revisão sistemática da literatura”, é sintetizada a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre as queixas recorrentes dos pilotos militares de helicóptero quanto à sensação de dor e de desconforto, associada a Constrangimentos Ergonômicos (CE) e seus impactos nos processos cognitivos desses profissionais, no que se refere à percepção de risco e tomada de decisão.*

*No artigo de Thiago Shuck Azevedo e André Luís Boff, sob o título “O impacto de ambientes térmicos estressores na capacidade cognitiva de pilotos”, há o objetivo de relacionar como um ambiente térmico estressor pode afetar a capacidade cognitiva de pilotos.*

*O artigo de Bruno Rabelo Coutinho Saraiva, intitulado “Estudo de Caso: A possível aplicação do Direito Penal na atividade aérea”, tem como foco demonstrar a inviabilidade jurídica da falácia da descriminalização de acidentes aeronáuticos no Brasil, tendo em vista o texto legal do Código Penal Brasileiro.*

*Em seguida, o artigo de Diego Antônio Ortega Cunha, “Os riscos de MAST BUMPING por oscilação induzida pelo piloto em helicóptero bipá monomotor a pistão”, avalia os riscos de MAST BUMPING causados por oscilações induzidas pelo piloto em helicópteros bipás monomotores à pistão, e discute as técnicas de pilotagem como aspectos contribuintes para os acidentes, além de propor alternativas que possam mitigar os riscos.*

*No artigo de Alexandre Galo Lopes, sob título “Considerações sobre o emprego de aeronaves de asa fixa com elevado alongamento sob condições de turbulência”, busca-se elevar o nível de atenção do operador de aeronaves com tais características de engenharia, quando operando em atmosferas turbulentas.*

*A seção Notas de Pesquisa traz dois artigos. O artigo de Marina Trindade Magalhães, intitulado “As investigações aeronáuticas e a persecução penal: A Lei 12.970/14 e a interface entre os princípios”, pretende esclarecer as diferenças entre a investigação aeronáutica e o processo penal, de forma a justificar a existência da Lei precitada, ao passar pelos pontos necessários à elucidação do tema, dentre eles a breve análise da Ação Direta de Inconstitucionalidade 5667, proposta contra determinados dispositivos da Lei n°. 12.970/14.*

*No enfoque textual de Carlos Daniel Jabonski e Pedro Ramos da Costa Neto, sob o título “Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri”, segue-se abrangente monitoramento dos gases de ozônio (O3), dióxido de enxofre (SO2), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO2) e monóxido de carbono (CO), no Aeroporto Bacacheri em Curitiba, utilizando uma estação portátil de monitoramento de poluentes atmosféricos, modelo AQMesh. A pesquisa apresenta informações para estudos futuros e para um possível programa de gerenciamento de emissões atmosféricas em aeroportos.*

*Feitas essas apresentações textuais sucintas, desejamos a todos uma boa leitura desses temas relevantes para a segurança de voo.*

Adriana Mattos,  
Editora-Gerente da RCS.

---

# Ergonomia no Posto de Trabalho do Piloto Militar de Helicóptero: Uma Revisão Sistemática da Literatura<sup>1</sup>

Vivian Martins Gomes<sup>2</sup>, Francisco de Paula Nunes Sobrinho<sup>3</sup>

2 Graduada em Psicologia pela Universidade Estácio de Sá (2010). Pós-graduada em Psicologia Jurídica pela Universidade Cândido Mendes - RJ (2012). Neuropsicóloga pelo Instituto de Neurociência e Reabilitação (Instituto Habilitar). Mestre em Psicologia pela Universidade Católica de Petrópolis (2014). Doutoranda em Psicologia Social pela UERJ. Possui interesse na área da pesquisa, especificamente as relacionadas ao âmbito cognitivo e neurocientífico. Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/8501318517005211>.

3 Ph.D. em Educação Especial pela Vanderbilt University (1985); Mestrado em Educação Especial pelo George Peabody College for Teachers (1977), bolsista CNPq e CAPES. Pós-Doutorado em Ciências do Movimento Humano (2004), pela Universidade do Estado de Santa Catarina - bolsista FAPERJ. Psicólogo pelo Instituto de Psicologia com Bacharelado e Licenciatura pela Faculdade de Educação-UFRJ (1969). Professor Adjunto da Universidade Católica de Petrópolis, nos Cursos de Mestrado em Psicologia e no Programa de Pós-graduação em Educação, além dos cursos em nível de Graduação em Psicologia e de Pós-graduação lato sensu; em Psicologia do Trânsito. Os temas que aparecem com maior frequência nas ações, estudos e publicações são os seguintes: Ergonomia e Fatores Humanos, Psicologia, Educação Especial e Metodologia de Pesquisa. É Ergonomista Sênior, certificado pela Associação Brasileira de Ergonomia SisCEB/ABERGO - Conselheiro Científico. Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/8762584666975203>

---

**RESUMO:** O artigo sintetiza a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre as queixas recorrentes dos pilotos militares de helicóptero quanto à sensação de dor e de desconforto, associada a Constrangimentos Ergonômicos (CE) e seus impactos nos processos cognitivos desses profissionais, no que se refere à percepção de risco e tomada de decisão. Conforme levantado na literatura, a postura sentada em voo desponta como principal fator contribuinte para a queixa algíca. Constatou-se que as posições dos comandos *cíclico* e *coletivo* desfavorecem uma postura confortável do piloto, que o leva a adotar um posicionamento corporal assimétrico, com maior inclinação para seu lado esquerdo, desencadeando desequilíbrio musculoesquelético que propicia o aparecimento da dor, o que, conseqüentemente, afeta processos cognitivos básicos, como a atenção e a concentração.

**Palavras Chave:** Piloto militar de helicóptero. Ergonomia. Lombalgia em pilotos. Atenção. Tomada de decisão.

## The Cognitive Ergonomics of the Military Helicopter Pilot: A Systematic Review of the Literature

**ABSTRACT:** The article synthesizes the Systematic Review of Literature (RSL) on the recurring complaints of military helicopter pilots, about the sensation of pain and discomfort associated with ergonomic constraints (CE) and their impacts on the cognitive processes of these professionals, as regards the perception of risk and decision making. As stated in the literature, the posture seated in flight emerges as the main contributor to the pain complaint. It was observed that the positions of the cyclic and collective controls disfavor a comfortable posture of the pilot, and that leads him to adopt an asymmetrical body positioning, with a greater slope to his left side, triggering the musculoskeletal imbalance that favors the appearance of pain, consequently, basic cognitive processes such as attention and concentration.

**Key words:** Military helicopter pilot. Ergonomics. Low back pain in pilots. Attention. Decision making.

**Citação:** Gomes, VM, Sobrinho, FPN. (2018) Ergonomia no Posto de Trabalho do Piloto Militar de Helicóptero: Uma Revisão Sistemática da Literatura. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 2-8.

### 1 INTRODUÇÃO

Com base em procedimentos de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), o presente artigo abre discussão sobre as queixas recorrentes por parte dos pilotos militares de helicóptero quanto à sensação de dor e de desconforto associada a Constrangimentos Ergonômicos (CE) e seus impactos nos processos cognitivos – percepção, avaliação de risco e tomada de decisão - considerados, pelos especialistas, como fatores humanos contribuintes significativos para incidentes e acidentes aéreos. Em decorrência das demandas cognitivas no posto de trabalho, a Psicologia tornou-se mais presente através de trabalhos preventivos na área de Segurança de Voo, engajando-se em projetos de desenvolvimento de equipes de tripulantes, vistorias de segurança de voo e eventos educacionais, cujo objetivo era disseminar os conhecimentos da Psicologia aplicada à atividade aérea (COELHO; BARRETO; FONSECA, 2005). Dentre os fatores contribuintes de maior peso para essa sensação de desconforto da coluna

---

<sup>1</sup> Baseado na dissertação de Mestrado de GOMES, Vivian M. **O posto de trabalho de pilotos de helicóptero militar na perspectiva da ergonomia: uma revisão sistemática da literatura**. Dissertação (Mestrado) – orientada pelo Prof. Dr. Francisco de P. Nunes Sobrinho. Universidade Católica de Petrópolis - Centro de Ciências da Saúde; Curso de Mestrado em Psicologia, 2014.



lombos do piloto de helicóptero, a literatura registra a postura sentada como o mais impactante (DA SILVA et. al., 2005; PELHAM et. al., 2005).

Os Constrangimentos Ergonômicos (CE) constituem um dos conceitos centrais utilizados por ergonomistas para evidenciar situações de desconforto e, também, limitações a que estão sujeitos os operadores no ambiente laboral. Esses constrangimentos de natureza física, mental e cognitiva são impostos - ao trabalhador - pelo ambiente operacional, organizacional, social, físico e espacial (SANTOS; PASCHOARELLI, 2013, cap. 2, p. 23; SILVA, 2001, cap. 1, p. 13; MORAES, 2002, cap. 1, p. 19). Como alternativa para minimizá-los, a Norma Regulamentadora número 17 - NR 17, do Ministério de Trabalho e Emprego, relativa à Ergonomia (BRASIL, 2002) tem por objetivo estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar-lhes o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

De acordo com Wisner (1987), Ergonomia é conceituada como “o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia”. Historicamente, a Ergonomia sustenta um estreito relacionamento com a aviação, desde o período dos dois grandes conflitos mundiais. De acordo com Santos (2001, cap. 1, p. 17), o apogeu dessa união ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial, a partir dos trabalhos realizados para o desenvolvimento das aeronaves B 17G e B 24G, as famosas “fortalezas voadoras”. Assinale-se que a produção dessas verdadeiras máquinas de guerra despendia uma quantidade de tempo muito longa, além do elevado custo na sua construção.

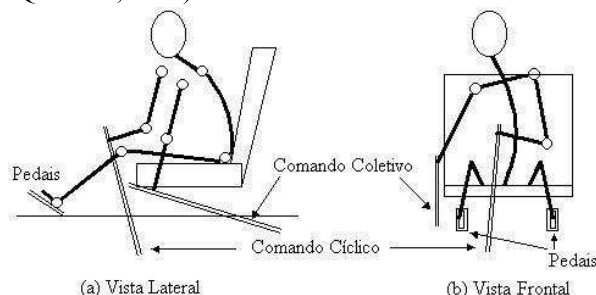
Em meio a tantas transformações tecnológicas, cabe a reflexão sobre os Fatores Humanos no ambiente complexo envolvendo a aviação, bem como a interação homem-máquina, sendo este o modelo clássico da disciplina Ergonomia. Os *cockpits* são adequados à anatomia do piloto? Os mostradores altamente sofisticados e que ocupam todo o painel auxiliam, de fato, o piloto no gerenciamento da aeronave ou funcionam como distratores? Há preocupação, em nível organizacional, quanto ao desgaste fisiológico do piloto? Quais são os fatores humanos presentes nos acidentes aeronáuticos na atualidade?

Embora a aviação seja considerada um meio de transporte seguro, ainda observa-se que 70% a 80% dos acidentes e incidentes aéreos são atribuídos ao erro humano (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003, cap. 1, p. 27). Nesse contexto, os CE (físicos, organizacionais e cognitivos) constituem conceitos centrais, por evidenciarem situações/contingências de desconforto e de limitação a que estão submetidos os operadores no ambiente laboral (SANTOS; PASCHOARELLI, 2013, cap. 2, p. 35; SILVA, 2001, cap. 1, p. 16; MORAES, 2002, cap. 1, p. 22). No *cockpit* de uma aeronave, os CE mais citados na literatura são os seguintes: espaço físico limitado; postura corporal inadequada; fixação dos segmentos corporais a um assento rígido; exposição a súbitas e violentas mudanças de aceleração da gravidade; pressão, luminosidade, altos níveis de ruído e de vibrações. Para tanto, as faculdades psicossensoriais do piloto, tais como atenção, memória, consciência situacional e percepção, precisam estar preservadas ao monitorar painel, telas, radar, sinais luminosos e sonoros, além do contato constante a ser mantido com o controle aéreo terrestre.

Assim sendo, trata-se de assunto de alta relevância por fazer menção à formação e manutenção de atitudes que favoreçam o voo seguro, as quais poderão ser desenvolvidas por meio de programas de treinamento e de atividades de supervisão eficazes, bem como por uma cultura de Segurança de Voo bem sedimentada dentro das instituições, sejam elas civis ou militares. Como citam Coelho e Magalhães (2001, cap. 3, p. 42): “uma cultura de Segurança de Voo sólida tem grande probabilidade de reduzir ao mínimo a influência de questões pessoais ou psicossociais, porque interfere diretamente na atitude das pessoas e grupos frente à prevenção de acidentes”.

### 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao contrário da aviação de asa fixa (aviões), na qual a aeronave, quando compensada, tende a manter-se estável em voo reto e nivelado, independentemente, da atuação constante do piloto, a aviação de asas rotativas (helicópteros) necessita da sua presença permanente e controle (por meio do coletivo e do cíclico<sup>2</sup>). Nessas contingências do posto de trabalho, o piloto assume uma postura corporal considerada como “anormal” ou assimétrica (Figura 1), favorecendo, assim, o surgimento de doenças osteomusculares, como a lombalgia (SIQUEIRA, 2008).



**Figura 1:** Postura corporal do piloto de helicóptero no posto de trabalho (CARMO, 2016).

<sup>2</sup> **Coletivo:** alavanca na horizontal para controle vertical do helicóptero, que altera o ângulo de ataque de todas as pás do rotor principal e em cuja extremidade está a Manete de Potência (RPM); **Cíclico:** alavanca vertical à frente e ao centro do assento do piloto, utilizada para as manobras na horizontal (força de tração).

Para comandar o coletivo, ou seja, a alavanca de controle, conforme, anteriormente, especificado neste artigo, o piloto é forçado a inclinar-se para seu lado esquerdo, mantendo a mão direita, praticamente, fixa. Com o braço direito no comando do cíclico, o piloto opera movimentos circulares, mantendo-o dobrado em ângulo reto no cotovelo. Como, geralmente, o manuseio é alto demais para que o antebraço descansa sobre a coxa, é necessário que o piloto mova suas mãos para baixo e curve-se para frente, afastando a coluna do encosto da cadeira (SIQUEIRA, 2008). Para manter-se assim, o piloto curva a coluna lombar para frente e gira o seu eixo axial, lateralmente, e para a esquerda, submetendo-a a três forças concomitantes que o desvia, posteriormente e para a direita. A musculatura lombar permanece contraída à esquerda e distendida à direita, com a influência constante da vibração promovida pelo rotor principal do helicóptero. A análise biomecânica da postura sentada do piloto militar de helicóptero durante o voo permite o melhor ajuste dos equipamentos, evitando-se, assim, o surgimento de doenças musculoesqueléticas e osteomusculares (SIQUEIRA, 2008).

As Doenças Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho (DORT) integram uma realidade, amplamente, difundida e revelam que movimentos repetitivos ou a manutenção de “posturas ruins”, ambos adotados por indivíduos no exercício de suas atividades profissionais, muitas vezes, se transformam em dor durante a jornada de trabalho, podendo se estender e persistir, até mesmo em momentos de descanso e lazer (MORAES, 2002, p. 34). Neste sentido, a postura que o piloto de helicóptero mantém durante o voo, em que sustenta o tronco ligeiramente girado para a esquerda e, simultaneamente, ligeiramente inclinado para frente, pode conduzir a alterações posturais importantes da coluna vertebral.

Pilotar com eficiência significa dispor de um perfil de competências essenciais para atender às demandas do posto de trabalho, ou seja, antecipar-se, mentalmente, às consequências de um determinado conjunto de eventos ou sinais, extremamente, variáveis e aleatórios, formais e informais, o que pressupõe e exige percepção de conjunto do voo. São necessárias, também, tomadas de decisões rápidas, muitas vezes, implicadas em custos humanos e financeiros, o que exige perícia e experiência, pressupondo a presença de características psicológicas afinadas com a estação de trabalho, além da necessidade de preservação dos processos cognitivos.

Nesse sistema complexo, o piloto tem que lidar, ainda, com exigências físicas e fisiológicas do seu dia a dia - o sono e seus transtornos, a radiação ultravioleta, a força G (a aceleração da gravidade), a vibração da cabine e a postura sentada. Estas demandas integram a lista de fatores que contribuem para o aumento da carga mental de trabalho, importante aspecto ergonômico dessa atividade.

Cargas de trabalho, tanto física quanto mental, constituem importantes tópicos abordados pela Ergonomia contemporânea. Segundo Wisner (1987), todas as atividades, inclusive o trabalho, apresentam, pelo menos, três aspectos: físico, cognitivo e psíquico. Cada um deles pode determinar uma sobrecarga ou sofrimento. Eles se inter-relacionam e, via de regra, a sobrecarga de um dos aspectos é acompanhada de desnivelamento significativo nos outros dois.

Ao serem investigados outros aspectos laborais inerentes à atividade aérea, além da dimensão física, e com o aumento do número de pesquisas em Psicologia Cognitiva, cresce o interesse em serem aprofundados conhecimentos acerca do cérebro humano. Autores nacionais e estrangeiros apontam os processos de atenção/concentração como os mais relatados e presentes nas pesquisas durante a atividade aérea (SIQUEIRA, 2008; THOMAE et al, 1998; DA SILVA, 2009; HANSEN; WAGSTAFF, 2001; TRUSZCZYNSKA, 2012; PENTEADO; DAOU, 2013).

A atenção é o mecanismo pelo qual os indivíduos se preparam para processar estímulos, enfocar o que será processado, determinar o quanto será processado e decidir se aqueles demandam uma ação (COUTINHO; MATTOS; ABREU, 2010, p. 51). Os mecanismos da atenção têm sido apontados como relevantes na execução de diversas tarefas, sejam elas perceptivas, motoras ou cognitivas, funcionando como determinantes na seletividade do processamento da informação.

Outro conceito relacionado à atenção é a distração ou o desvio da atenção. A atenção pode ser interrompida por estímulos irrelevantes durante o desempenho da tarefa que se está executando. Esse desvio da atenção, que pode ser momentâneo, se dá por três fatores: saturação; estimulações externas, como ruídos que eliciam uma resposta automática; e, ainda, alterações internas, como fome, frio intenso etc. Os pilotos são expostos a diversos e simultâneos distratores, como alterações meteorológicas, orientações pela fonia e pelos vários estímulos visuais dos complexos e inúmeros mostradores da aeronave (COUTINHO, MATTOS; ABREU, 2010, cap. 2, p. 31).

Outro processo cognitivo ligado à aviação é a Memória Prospectiva (MP), definida como a intenção de adiar uma tarefa e depois lembrar de executá-la. Algumas de suas características são: a) “a execução da ação intencionada não é imediata”; b) “a tarefa de Memória Prospectiva faz parte do contexto da tarefa em execução”; e c) a “janela de resposta para executar a tarefa é pequena” (MCDANIEL e EINSTEIN, 2007, p.5-7). Em aviação, diversas são as situações nas quais a Memória Prospectiva é utilizada e, na tentativa de eliminar os esquecimentos, fabricantes e operadores lançaram mão de múltiplos mecanismos. O mais comum deles é o *checklist*, cuja função é garantir que itens críticos da aeronave sejam configurados corretamente para cada fase do voo. Outras atividades nas quais é exigido o uso da Memória Prospectiva - por parte do piloto - são: operação de sistemas da aeronave; procedimento pré-voo; procedimento de voo; e demandas externas ao *cockpit* (CANO et al, 2013).

## 2 MÉTODO

Em termos de método, a Revisão “Sistemática Qualitativa” (RSQ), ou apenas Revisão Sistemática (RS), parte dos estudos primários e secundários nela inclusos, não sendo suscetíveis à análise estatística. Enquanto estudo secundário, com base em

estudos primários, a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) consiste de processo seletivo sistemático que responda a uma determinada questão da pesquisa.

Assim, como parte dos procedimentos da RSL, foram utilizadas a filtragem crítica dos estudos, assim como a coleta e análise dos dados, de acordo com os padrões do *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (REEVES et. al., 2011), sendo exploradas as respostas à seguinte questão: a postura sentada em voo do piloto militar de helicóptero com lombalgia interfere nos seus processos cognitivos? Tendo sido esta pergunta elaborada na primeira etapa da pesquisa, passou-se a organizar as estratégias de busca e selecionar as bases de dados na segunda etapa, para, então, selecionar os estudos elegíveis mediante formulário (terceira etapa). Subsequentemente: a coleta de dados na quarta etapa; sua análise e apresentação na quinta etapa; sua interpretação e implicações na prática profissional como sexta etapa; enquanto a sétima etapa consistiu da atualização da RSL.

No sentido de padronizar a linguagem de busca nas diversas bases de dados eletrônicas existentes, foram utilizados os descritores de saúde DeCS e Mesh. Para a estratégia de busca, os descritores e termos livres foram escritos em inglês e português (*helicopter, military, low back pain, attention, memory, concentration*/helicóptero, militar, lombalgia, atenção, memória, concentração), tendo sido utilizados, isoladamente ou combinados entre si com o auxílio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, de acordo com as particularidades de cada base de dados pesquisada. A busca por artigos científicos afetos à proposta da pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: EMBASE, LILACS e PUBMED. Foi realizada, ainda, uma busca manual em bibliotecas de teses e de dissertações, assim como no site de busca de artigos Google Acadêmico.

Por fim, partiu-se para a terceira etapa da RSL, que consistiu da inclusão e da exclusão dos artigos que permaneceriam no estudo. Os títulos e resumos foram analisados mediante um formulário/matriz (GOMES, 2014, p.103), sendo passível de inclusão na RSL o artigo com resposta afirmativa em todas as cinco questões nele constantes:

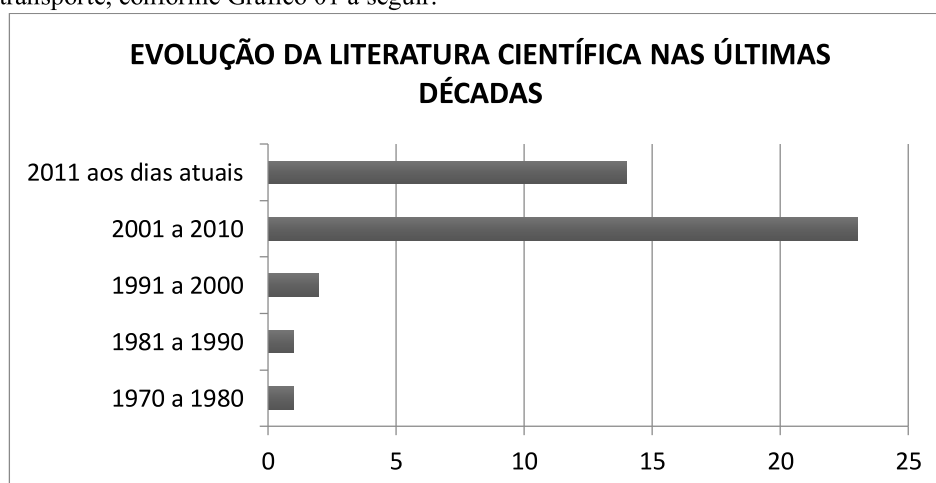
- a) Foram avaliados os pilotos de helicóptero militar?
- b) Foi observada a presença de acometimento de lombalgia nos pilotos militares de helicóptero?
- c) Houve indícios da postura sentada em voo, como um dos motivos para o surgimento da lombalgia no piloto?
- d) Houve menção ao impacto cognitivo do piloto em função da dor?
- e) O estudo pretendeu alcançar o desfecho principal pretendido?

Por analogia, foram excluídos os estudos que apresentaram resposta negativa em qualquer das cinco questões, não correspondendo, portanto, a estudo de interesse contido na pergunta inicial. Para medir a qualidade dos artigos que fariam parte da RSL, o revisor avaliou cada uma das pesquisas encontradas, quanto ao seu grau de evidência científica. Portanto, o revisor avaliou, primeiramente, se o artigo seria incluído ou não no estudo, mediante formulário (GOMES, 2014, p. 103 - Anexo I), verificando os critérios de inclusão. Em seguida, o mesmo revisor extraiu informações do artigo, mediante formulário apropriado (GOMES, 2014, p. 104- Anexo II).

Ao finalizar a análise dos artigos e verificadas quais pesquisas se incluíam na análise proposta, os textos elegíveis tiveram sua análise metodológica medida quanto ao nível de evidência científica. Tal medição se deu pela metodologia do artigo (se coorte, estudo de caso, *survey* etc.), conforme adaptação da classificação proposta por KYZAS (2008), sendo estabelecidos dez níveis hierárquicos.

### 3 RESULTADOS

Foram encontrados quarenta e um estudos, dos quais apenas três se mostraram integralmente elegíveis e, assim, foram considerados de alta relevância para atender os objetivos da pesquisa. Apesar de apenas estes três artigos responderem à pergunta elaborada na primeira etapa da RSL, observou-se que os trinta e oito artigos restantes trouxeram evidências importantes que não devem ser descartadas, sendo uma delas o crescimento do volume de estudos na área da Ergonomia ligada à aviação, principalmente, nas duas últimas décadas, quando houve intensificação na importância do saber sobre os Fatores Humanos dentro desta modalidade de transporte, conforme Gráfico 01 a seguir.



**Gráfico 01:** Evolução da literatura científica nas últimas décadas (GOMES, 2014).



Além da quantidade, observou-se, também, a vasta disseminação da condição algica do piloto de helicóptero em todo o mundo. Foram encontrados artigos e pesquisas realizados em onze países, sendo os EUA os que mais pesquisaram, seguidos pelo Brasil.

Quanto às sensações físicas, há indícios de sofrimento entre pilotos de helicóptero, devido à Lombalgia e à Cervicalgia, cujo fator desencadeante de surgimento dessas condições encontra-se, diretamente, relacionado à postura sentada em voo (DA SILVA et. al., 2005; DA SILVA, 2002; DA SILVA, 2009; HANSEN; WAGSTAFF, 2008). Quanto aos aspectos organizacionais, os estudos apontaram que o quadro algico do piloto acaba resultando em absenteísmo e consequente encurtamento das missões. Sob este aspecto, a dimensão organizacional aparece implicada na sobrecarga de trabalho físico, podendo acarretar o adoecimento dos demais pilotos, o que impacta, assim, na ineficácia das organizações militares, além da insatisfação do grupo afetado, dada a excessiva e intensa atividade exercida (DA SILVA, 2002; DA SILVA, 2009).

Do número total de estudos elencados (41 no total), sete deles, ou seja, aproximadamente 17% citaram o aspecto cognitivo do piloto atrelado ao seu ambiente de trabalho; destes sete estudos, apenas três estão totalmente relacionados às questões de inclusão para a RSL e responderam à pergunta da pesquisa (SIQUEIRA, 2008; THOMAE et. al., 1998; TRUSZCZYNSKA, 2012), conforme Quadro 1 a seguir.

AUTOR	Título do estudo	Revista publicada	População	ANO	TIPO DE ESTUDO	DESFECHO CLÍNICO
<b>SIQUEIRA, R.J.</b>	<i>Lombalgia em pilotos de helicóptero da fab em 2007</i>	Não houve publicação (Projeto de pesquisa apresentado à EAOAR no ano de 2008)	Piloto de Helicóptero Militar	2008	Survey	Indicou a dor como influência negativa na concentração do piloto.
<b>THOMAE, M.K. et. al.</b>	<i>Back pain in Australian military helicopter pilots: a preliminary study.</i>	Aviation, space and environmental medicine.	Piloto de Helicóptero Militar	1998	Survey	55% dos pilotos da sua amostra informaram que a lombalgia interfere na concentração durante o voo, interferindo na performance do piloto.
<b>TRUSZCZYNSKA, A.</b>	<i>Back pain in Polish military helicopter pilots.</i>	International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health		2012	Survey	Distúrbios na concentração dos pilotos em virtude da dor.

**Quadro 1:** Quadro resumo dos estudos incluídos que apresentam indicação cognitiva e respondem à pergunta da RSL.

O aspecto cognitivo mencionado é a atenção, sendo ali representado pela palavra concentração. A velocidade de deslocamento da aeronave, sua altitude, a meteorologia desfavorável etc., são fatores comuns do voo que exigem do piloto atenção, percepção, habilidades motoras e linguísticas. O piloto recém-formado estaria sob maior risco por ainda não ter desenvolvido estratégias que agucem sua acuidade visual, como o fazem os mais experientes (THOMAE et. al., 1998; TRUSZCZYNSKA, 2012). Uma explicação seria que as elevadas demandas cognitivas sobre o jovem piloto o sobrecarregam, impedindo que priorize um adequado domínio cognitivo visual.

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O cenário atual da aviação brasileira (civil ou militar) se diferencia, enormemente, do panorama de décadas passadas. Tal mudança se dá, principalmente, pela inserção das discussões dos Fatores Humanos na atividade aérea.

Com a possibilidade de contribuir ainda mais para esse crescimento e visando a Segurança de Voo, a presente pesquisa propôs, como objetivo geral, proceder à Revisão Sistemática da Literatura (RSL), no levantamento de dados sobre as queixas recorrentes dos pilotos militares de helicóptero quanto à sensação de dor, desconforto e constrangimentos ergonômicos existentes, assim como seus impactos nos processos cognitivos destes profissionais. Ao chegar ao seu final, três estudos relataram a associação entre o aspecto cognitivo e a sensação algica proveniente do posto de trabalho ocupado.

Conforme levantado na literatura, a postura sentada em voo desponta como o principal fator contribuinte para a queixa algica. Foram revisados quarenta e um estudos, dos quais, aproximadamente, 40% indicam a postura assumida como a principal causa de acometimento desta queixa em pilotos de helicóptero. Outras variáveis como vibração da cabine, idade do piloto, horas de voo e sobrepeso, também foram citadas.

Constatou-se que as posições dos comandos cíclico e coletivo desfavorecem a postura confortável do piloto, o que o leva a adotar um posicionamento corporal assimétrico, com maior inclinação para seu lado esquerdo, desencadeando o desequilíbrio musculoesquelético que propicia o aparecimento da dor. Na Psicologia aplicada à aviação, persistem lacunas, que pesquisas semelhantes podem preencher. Dentre as lacunas, pode-se citar a intensa interação homem/máquina de como adequar o indivíduo ao trabalho, assim como a revisão constante do ambiente físico e social para adaptá-los às pessoas, tendo ambos os casos relação com a harmonização do bem-estar global: físico, psíquico e organizacional.

Há muito, ainda, por ser feito, considerando-se indícios de que o desempenho em voo, sobretudo quanto aos aspectos cognitivos da atenção/concentração do piloto, é prejudicado em virtude da incidência dolorosa devido aos motivos já expostos. Estudos aprofundados que indiquem ações ergonômicas em prol da humanização do posto de trabalho do piloto de helicóptero militar consistirão de tarefa futura. Manter e fortalecer uma cultura de segurança é um processo de alta complexidade e de elevado custo. Envolve ações direcionadas ao aprimoramento das competências individuais, na esfera técnica – operacional – interpessoal, assim como melhorias das políticas e práticas gerenciais. Portanto, os resultados desta pesquisa, integrados a estudos e práticas em outras áreas do conhecimento, poderão contribuir para alcançar ganhos na prevenção de acidentes aéreos relacionadas para o tipo de operação pesquisado.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Inspeção do trabalho. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17**. 2 ed. Brasília: MTE, SIT, 2002.
- CANO, R. M.; GAMERMANN, R. W.; HENRIQSON, E. Situações prototípicas de falha de memória prospectiva no cockpit de aeronaves. **Revista Conexão SIPAER**, vol. 4, nº 2, mar-abr 2013.
- CARMO, O. F. Fadiga IV: A fadiga na aviação. Artigos Segurança Operacional. **Piloto Policial**. 2016. Disponível em: <<https://www.pilotopolicial.com.br/fadiga-iv-a-fadiga-na-aviacao-2/>>. Acesso em: 26 mar 18.
- COELHO, E.; MAGALHÃES, F. A influência dos aspectos psicológicos na segurança de voo. In: PEREIRA, M. C.; RIBEIRO, S. L. O. (Orgs.) **Os voos da Psicologia no Brasil: estudos e práticas na aviação**. Rio de Janeiro: Departamento de Aviação Civil, 2001.
- COELHO, E. C.; BARRETO, M. R. M.; FONSECA, C. S. A. **Contribuições da Psicologia à Segurança de Voo**. Trabalho apresentado no I Congresso Latino-Americano de Psicologia – ULAPSI (União Latino-Americana de Psicologia), São Paulo, Brasil, 2005.
- COUTINHO, G.; MATTOS, P.; ABREU, N. **Atenção. Avaliação Neuropsicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DA SILVA, G. V. et al. Disfunção muscular e lombalgia em pilotos de helicóptero. **Revista Fisioterapia Brasil**, V. 06, nº 04, julho/agosto 2005.
- DA SILVA, G. V. Prevalência da lombalgia em pilotos civis e militares de helicóptero. In: 9º congresso de Educação Física e Ciência dos Desportos dos países de língua portuguesa, 2002, São Luís – MA. **Anais**. São Luís-MA: UFMA, 2002.
- DA SILVA, M. J. R. Prevalência de cervicalgia em pilotos de helicóptero da FAB. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro: UNIFA, V. 1, nº 24, julho 2009.
- GOMES, V. M. **O posto de trabalho de pilotos de helicóptero militar na perspectiva da ergonomia: uma revisão sistemática da literatura**. Dissertação (mestrado) - Universidade Católica de Petrópolis - Centro de Ciências da Saúde; Curso de Mestrado em Psicologia, 2014.
- HANSEN, B.; WAGSTAFF, A. S. Low back pain in Norwegian helicopter aircrew. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, V. 72, p. 161-164, 2001.
- KYZAS, P. A. Evidence-based oral and maxillofacial surgery. **J oral maxillofac surg**; 66: 973-986, 2008.
- MCDANIEL, M. A.; EINSTEIN, G. O. **Prospective memory: An overview and synthesis of an emerging field**. Los Angeles (CA): SAGE Publishing, 2007.
- MORAES, L. F. S. **Os princípios das cadeias musculares na avaliação dos desconfortos corporais e constrangimentos posturais em motoristas do transporte coletivo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico; Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2002.
- PELHAM, T.W. et al. **The etiology of low back pain in military aviation: prevention and treatment**. School of Health and Human Performance Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, 2005.
- PENTEADO, R. V.; DAOU, M. Tomada de decisão de pilotos de caça em voos praticados em simulador. **Revista Conexão SIPAER**, v.4, n.2, dez 2013.
- REEVES, B. C.; DEEKS, J. J.; HIGGINS, J. P. T.; WELLS, G. A. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0** [updated March 2011], The Cochrane Collaboration. Available: <[www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org)>. Accessed 14 Nov 2011.
- SANTOS, H. A. C. **Teoric Air-war. Military Aviation Corner**, Tome 30, nº 6, 2001.

- SANTOS, R.; PASCHOARELLI, L.C. **Ergonomia**: aspectos do conforto e constrangimentos de atividades. Rio de Janeiro. Ed. Rio Books, 2013.
- SILVA, C.R. **Constrangimentos posturais em ergonomia**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2001.
- SIQUEIRA, R. J. S. **Lombalgia em pilotos de helicóptero da FAB em 2007**. Projeto de Pesquisa da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro: EAOAR, 2008 (não publicado).
- THOMAE, M. K. et al. Back pain in Australian military helicopter pilots: a preliminary study. **Aviation, Space and Environmental Medicine**. V. 69, n° 05, maio, 1998.
- TRUSZCZYNSKA, A. et al. Back pain in polish military helicopter pilots. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**. V. 25. 258-264, 2012.
- WIEGMANN, D.; SHAPPELL, S. **A human error approach to aviation accident analysis**: the human factors analysis and classification system. Aldershot, Great Britain: Ashgate Publishing Company, 2003.
- WISNER, A. **Por dentro do trabalho**. São Paulo: Editora FTD / Oboré, 1987.....

---

# O Impacto de Ambientes Térmicos Estressores na Capacidade Cognitiva de Pilotos

Thiago Shuck Azevedo<sup>1</sup>, André Luís Boff<sup>2</sup>

1 Aluno do Curso de Ciências Aeronáuticas da PUCRS.

2 Professor do Curso de Ciências Aeronáuticas da PUCRS, orientador do aluno.

---

**RESUMO:** Na aviação existem modelos de aeronaves que favorecem um ambiente interno extremamente quente, quando expostas às altas temperaturas e à incidência solar. Supõe-se então que os pilotos destas aeronaves estejam suscetíveis aos efeitos deste calor para com sua performance e capacidade cognitiva. Este estudo relacionou como um ambiente térmico estressor pode afetar a capacidade cognitiva de pilotos – abordada aqui pelo conceito das “Funções Executivas”. Tal relação se deu por meio de uma análise comparativa entre determinadas tarefas definidas na operação destas aeronaves (principalmente no momento inicial do voo, por ser o momento onde não existe um sistema de aclimação adequado), e como a exposição a um ambiente térmico estressor pode afetá-las. Foram deduzidas, então, uma série de situações onde o calor teria a capacidade de influir diretamente sobre determinadas tarefas dos pilotos. Como consideração final observou-se que os efeitos do calor são um risco à atividade aérea por diminuírem a capacidade cognitiva de pilotos, em situações onde estes necessitam de sua performance máxima.

**Palavras Chave:** Calor; Cognição; Ambiente Térmico Estressor; Aviação.

## The Impact of Thermal Environments Stressors on the Cognitive Capacity of Pilots

**ABSTRACT:** In aviation there are aircraft models that favor an extremely hot indoor environment when exposed to high temperatures and solar incidence. It is then assumed that the pilots of these aircraft are susceptible to the effects of this heat on their performance and cognitive ability. This study related how a thermal stressor environment can affect the cognitive ability of pilots - addressed here by the concept of "Executive Functions". This relationship has been achieved through a comparative analysis between certain tasks defined in the operation of these aircraft (mainly at the initial moment of flight, because it is the moment where there is no adequate acclimatization system), and how exposure to a stressful thermal environment can affect them. A series of situations were then deduced where the heat would have the ability to directly influence certain tasks of the pilots. As a final consideration it was observed that the effects of heat are a risk to aerial activity because they reduce the cognitive capacity of pilots in situations where they require their maximum performance.

**Key words:** Heat; Cognition; Thermal Stress Environment; Aviation.

**Citação:** Azevedo, TS, Boff, AL. (2018) O Impacto de Ambientes Térmicos Estressores na Capacidade Cognitiva de Pilotos. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 9-19.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da aviação comercial cresceu de maneira significativa desde seu surgimento, e a cada dia que passa este segmento vem encontrando novas tecnologias para tornar a operação de aviões mais segura e eficiente. Porém mesmo com todas as inovações relacionadas a esta área, pilotos ainda passam por situações indevidas que prejudicam seu desempenho. Um ambiente térmico desfavorável em uma cabine, em determinados tipos de aeronaves, se apresenta como uma destas situações.

O ser humano é um ser homeotérmico, cujo organismo desenvolve sinapses para manter a temperatura em torno de 36,5°C. Segundo Hancock e Vasmatazidis (2002), a realização de tarefas em ambientes térmicos quentes afeta diretamente na performance dos seres humanos, por sobrecarregar a capacidade cognitiva do cérebro em lidar com diversos estímulos. A exposição ao calor extremo limita parte dessa capacidade, restringindo a predisposição para lidar com os demais fomentos.

O corpo humano desenvolve uma série de respostas ao acréscimo de calor com o intuito de manter o equilíbrio térmico – onde podemos citar a sudorese e a vasodilatação como exemplos (MARISTELA et al, 2011) – mas que como atenuantes; não garantem condição termal a longo prazo. Passado o equilíbrio natural ao ser humano, aspectos como a cognição e performance começam a serem deteriorados (HANCOCK, 2002).

Ramsey e Kwon (1992) definiram a amplitude de 30 à 33°C como sendo o limite fisiológico do ser humano. Quando acima desta faixa de temperatura torna-se inevitável uma perda da performance do indivíduo, independentemente do tempo de exposição. Esta perda é mais suscetível em tarefas de alta complexidade como: vigilância, decisão e tarefas múltiplas; e menos perceptível em tarefas simples que demandem tempo de reação e conversões mentais simples (HANCOCK, 1986).

Determinados tipos de aeronaves, citando-se como exemplo aqui o Turboélice ATR, não possuem a comodidade de outras (que em sua maioria são aeronaves com motores à reação), e não possuem em sua estrutura, um equipamento instalado para refrigerar, de maneira adequada, o seu ambiente interno. Assim, sobre a aeronave citada em questão, para se ter um mínimo de refrigeração, esta se utiliza de um recurso junto a um dos motores, onde através de um freio hidráulico, ao ser acionado, utiliza-se a parte da turbina para gerar energia pneumática, e conseqüentemente ar refrigerado (ATR, 2013).

Apesar do recurso, comprovadamente se constata (por meio do relato de pilotos do equipamento) que o mesmo não é suficiente para condições de temperatura externa mais elevada, condicionando toda a preparação do voo a ser feita em temperatura ambiente extrema; e com o agravante do revestimento metálico do avião ser mais suscetível ao calor, os valores dentro da cabine podem chegar facilmente a mais de 40°C em regiões com alta incidência solar.

Por isso, tendo em conta a complexidade dos riscos envolvendo uma operação aérea, o presente estudo propõe identificar os riscos que um ambiente de temperatura elevada pode proporcionar sobre a cognição dos pilotos – especificamente dentro da área específica do tema que abrangem os conceitos das *Funções Executivas*.

Dois temas centrais foram abordados: o *calor*; sendo definido como o estado ou condição de algo que está aquecido ou com temperatura elevada; e este pode ser transferido entre diferentes meios, como o aquecimento de pedras em uma sauna acarreta na transferência de calor para o ambiente daquele espaço (GOMES, 2011). E a *cognição*, conceituada como o conjunto de processos de aquisição de conhecimento através de capacidades como atenção, percepção, memória e raciocínio. Pode ser entendido como um mecanismo de transferência dos estímulos externos que nos cercam, para o nosso campo de pensamentos, onde será feita a análise destes incentivos (POSNER, 1980).

## 1.1 O CALOR

A energia é a capacidade de um sistema em gerar trabalho, que por sua vez é a força aplicada sob algo. A energia cinética é o resultado das forças entre moléculas ou átomos; a agitação dos mesmos devido a atração gerada por diferenciais de potência. Essa agitação faz com que a energia do movimento se transforme em calor, provendo energia térmica. Este fato é decorrido pois moléculas ou átomos têm sua capacidade de manter o calor interno restringida até certo ponto, onde encontram um grau de saturação máxima e sua energia térmica é desprendida para o ambiente (HEWITT, 1987).

O calor pode ser definido como: “A energia que é transferida de um objeto para outro devido a diferença de temperatura entre os objetos...”. (HEWITT, 1987, p. 302 e 303). Já a temperatura é definida por Alvarenga e Máximo (1986) como “...uma maneira de medição da maior ou menor agitação de moléculas ou átomos que constituem um corpo...”; ou seja, é a grandeza que define o estado térmico de um corpo ou sistema. O nosso organismo precisa da energia calorífica para desenvolver trabalho e assim ter o subsídio para realizar todas as tarefas inerentes ao ser humano como o batimento do coração e a dilatação dos vasos sanguíneos.

### 1.1.1 A FISILOGIA DO CALOR EM RELAÇÃO AO CORPO HUMANO

O ser humano é um indivíduo de características homeotérmicas, portanto tem a sua temperatura corporal interna ajustada de maneira a permanecer numa temperatura de equilíbrio mesmo com a variação da temperatura externa do ambiente (GOMES, 2011). A quantidade de calor irradiada a nível termogênico (dos tecidos) por um ser humano depende diretamente da sua taxa de metabolismo corporal. Além do advento do calor pelo meio interno, temos também acréscimo de temperatura por estímulos externos como a radiação (emissão de calor sob a forma de ondas eletromagnéticas), a condução (transferência direta de calor), a convecção (transferência de calor pelo meio de correntes de ar ou água), e o vestuário que dificulta a dissipação do calor interno em ambientes extremos, porém é um fator externo.

Assim, para contrapor um aumento de temperatura existem uma série de mecanismos físicos e fisiológicos que contribuem para a manutenção do equilíbrio térmico do ser humano. Para pequenas mudanças de temperatura, o centro termorregulador do nosso organismo por meio do hipotálamo consegue manter o equilíbrio sem haver a necessidade de uma grande alteração (vasodilatação por exemplo).

Porém, quando há um estímulo calorífico excedente, este centro desenvolve uma série de respostas para contrapor a elevação termal; estando entre as mais comuns a evaporação, que consiste na perda de calor provocada pela vaporização de um líquido na superfície corporal (pele e membranas da via respiratória); e a sudorese, como o ato de produzir e liberar suor, tendo em seu funcionamento normal o início somente após a temperatura corporal interna ultrapassar 37°C. Porém pode ser resultado também de outros estímulos como o estresse ou concentrações elevadas de hormônios. (GOMES, 2011).

### 1.1.2 O ESTRESSE TÉRMICO

Ambiente térmico é o conjunto das condições termais de um dado ambiente. O estudo a respeito de ambientes térmicos começou a ser desenvolvido com o objetivo de analisar baixos índices de desempenho de trabalhadores expostos a condições termais estressantes. Com isto se estabeleceu uma clara relação entre a performance e produtividade de operadores, face as condições termais de seu local de trabalho. (ALEXANDRA e RODRIGUES, 2007).

Condições térmicas extremas resultam em situações de estresse térmico, caracterizado por uma queda na capacidade física e mental do indivíduo. Segundo Gallois (2002), esta supressão começa a ocorrer após variações acima de 4°C na temperatura interna do ser humano; com influência no desempenho de atividades; e provocando, além do desconforto, sintomas como fadiga, sonolência, queda de rendimento, erros de percepção e raciocínio e ainda sérios danos à saúde (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1989). Destaca-se também que acima de 45°C ocorre a chamada desnaturação, aonde a temperatura extrema inativa as proteínas presentes em moléculas, lesando ou matando-as.

A aclimação à temperatura ambiental é um dos fatores determinantes das manifestações que o organismo virá a ter. O pior cenário é quando um indivíduo em situação de equilíbrio termal normal entra em contato com um ambiente de calor extremo, pois a adaptação do organismo àquela situação desprenderá uma série de recursos de seus sistemas funcionais internos e as respostas sintomáticas serão claramente visíveis como, por exemplo, sudorese profunda e fraqueza intensa (GAMBRELL, 2002). De maneira prática, o conceito de aclimação quer dizer que o nosso organismo reage melhor ao adentrar numa sauna desligada, onde a temperatura for aumentada gradativamente do que, partirmos de um ambiente confortável termicamente para uma sauna já estabelecida em temperaturas elevadas.

## 1.2 COGNICÃO

O termo cognição é definido como o conjunto de atividades mentais que envolvem aquisição, armazenamento, retenção e uso do conhecimento (CAFFARRA et al., 2002). Os processos mentais constituem os fundamentos da percepção, da atenção, da motivação, da ação, do planejamento e do pensamento, além do próprio aprendizado e da memória (LEZAK, 1995).

Com o intuito de melhor estudar a cognição, diversos autores têm buscado segmentar este tópico em diferentes níveis para melhor compreendê-lo. Um dos modelos empregados neste âmbito, foi o de Bloom (1977), no seu estudo a respeito dos objetivos educacionais, o qual ficou conhecido como a Taxionomia de Bloom. Esta era organizada em três níveis gerais: Cognitivo, Afetivo e Psicomotor; tendo o campo cognição subsegmentado em seis: Conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Com este método de segmentação de um tópico geral em subtópicos, se torna possível um melhor entendimento dos conceitos abordados dentro de um contexto em análise.

Exemplos práticos de uma segmentação evolutiva sobre o entendimento inicial e final de determinado assunto, como sendo um aspecto positivo da evolução do conhecimento, estão presentes nas condições rotineiras do dia-a-dia (como o exemplo de dirigir por determinado caminho pela primeira vez = nível de conhecimento, com o desenvolvimento a partir de experiências já existentes; até o nível final definido por Bloom que seria o da avaliação = realizando críticas sobre a condução própria e dos demais motoristas).

Na pilotagem de aviões os exemplos também estão presentes, e fazem parte de todo o processo de aprendizado de qualquer piloto: inicialmente memorizando conteúdos pertinentes a operação (ex. manual do avião); compreendendo e criando significado sobre os textos dispostos; empregando de maneira prática na pilotagem (ex. aplicação de superfícies de comando versus velocidades limitantes); distinguindo e analisando situações diferentes ao longo do treinamento (aplicação das mesmas superfícies de comando em condições meteorológicas diferenciadas, com em ar turbulento, por exemplo); reunindo conhecimentos dentro de uma cadeia lógica, a fim de formar conceito (utilização das superfícies de comando no gerenciamento de perfis de descida, definindo uma outra função para o mesmo equipamento); e por fim a capacidade de realizar críticas sobre a operação que desempenha (ex. “se eu aplicasse flape antes, poderia ter chego um pouco mais baixo), ou mesmo a operação de outros (ex. “se ele tivesse aplicado antes o flape, conseguiria ter estabilizado a aproximação).

1. Conhecimento	Processo pelo qual construímos ideias e delas desenvolvemos respostas a partir de conceitos ou experiências já vistas anteriormente. É quando acessamos nossa memória para responder a algo. Este campo é utilizado em exercícios de memorização, repetição, reconhecimento e de obtenção;
2. Compreensão	Habilidade de construir um significado a partir de estímulo, seja material ou perceptivo. Tem sua utilidade prática em tarefas como interpretação, localização e argumentação;
3. Aplicação	É quando se coloca a prova o conhecimento consolidado ou recém desenvolvido em alguma situação, ou seja, pode ser uma resposta inerente ao conhecimento do indivíduo também. Encontra-se em situações como tradução, operação, cálculos e demonstração.
4. Análise	Processo onde se segmenta um objeto de estudo ou interação, com o intuito de fazer uma distinção dos seus componentes. Assim para melhor entendimento dele como um todo, estuda-se em partes de maneira a simplificar o processo. Assim como os autores fizeram para estudar a cognição, dividindo-a em diferentes níveis. No viés prático esse processo influencia na comparação, categorização, diferenciação, dedução e discriminação de algo.



5. Síntese	Capacidade de reunir diversas informações com o objetivo de formar um conceito geral. Tem seu resultado em tarefas como o planejamento, organização e discursos.
6. Avaliação	Aptidão de poder julgar, checar e até mesmo criticar algum acontecimento, tendo motivos embasados como justificativa. Por isso é utilizado em conclusões, estimados, escolhas, considerações, críticas e deduções.

**Quadro 1** – Segmentos de Cognição de Bloom

Fonte: Bloom (1977)

A visão trazida pela taxinomia citada – através da definição de subtópicos para um campo maior – facilitou a compreensão tanto sobre quais seriam os objetos finais a serem avaliados, quanto ao desenvolvimento dos processos neurais responsáveis pela cognição. Semelhante ao modelo temos o desenvolvimento de outra segmentação para facilitação de sua análise; associando também a questão do desenvolvimento dos processos neurais em prol do processo final da sinapse – a qual será o foco deste estudo – que se define como Funções Executivas. (MCCLOSKEY, 2011).

### 1.2.1 FUNÇÕES EXECUTIVAS

O conjunto de processos tidos pelo cérebro no desenvolvimento dos modelos cognitivos estudados por Bloom (1956), dependem de certas capacidades mentais de um indivíduo. Estas capacidades são descritas como funções executivas. O termo representa todo o complexo de competências cognitivas de um ser humano sendo empregadas de maneira simbiótica para desenvolver, adaptar, reorganizar e orientar processos como a fala e a tomada de decisão.

As funções executivas são um conjunto de processos cognitivos que interagem entre si de maneira coordenada para gerenciar funções como a percepção, emoção, pensamentos e ações de um ser humano. É por meio deste conjunto de processos que conjugamos as experiências passadas com as ações do presente de maneira que possamos planejar, organizar, gerenciar e criar estratégias para lidar com as situações apresentadas. (TRANEL et al, 1994).

De maneira associativa, segundo McCloskey (2011), as funções executivas não são as capacidades cognitivas em si, mas sim um processo de assimilação que nos faz possível acessar e usufruir dessas capacidades. Ele relata também, que uma criança tida como superdotada devido a seu elevado potencial cognitivo, pode ter extrema dificuldade em demonstrar seus conhecimentos, seguir simples regras e controlar suas próprias emoções, se esta não tiver suas funções executivas bem desenvolvidas, tornando assim possível o acesso por completo de suas capacidades.

As funções executivas podem ser divididas em quatro domínios: Percepção, emoção, pensamento e ação; estas áreas segmentadas são consideradas como a base para desenvolvimento das capacidades cognitivas de um indivíduo, como as demonstradas por Bloom (1956) em sua taxonomia. Porém devemos atentar ao fato de que não existem garantias de que com o domínio de um nível de função executiva, os outros também estarão desenvolvidos. Sendo assim, uma pessoa pode ter suas áreas de percepção, pensamento e emoção bem capacitadas, porém com um déficit no campo da ação, o que poderá resultar num baixo aproveitamento de suas maiores aptidões, pois o indivíduo não consegue as pôr em prática. (MCCLOSKEY, 2011).

Na aviação as funções executivas são empregadas constantemente devido à alta complexidade de suas operações. Os principais campos utilizados neste cenário são a memória, a atenção, e o controle atencional. A memória, através da necessidade de armazenamento das informações passadas, com o intuito de construir conhecimento sobre a operação a ser desenvolvida; a atenção, com o processo pelo qual o piloto poderá perceber os estímulos envolvidos ao seu redor, seja dentro ou fora do cockpit, possibilitando uma resposta possa ser tomada; e o controle atencional, sendo o processo responsável por mediar estímulos relevantes ou irrelevantes para dado momento, levando em conta sua criticidade, permitindo uma percepção mais rápida em situações emergenciais.

#### 1.2.1.1 Memória

A memória tem seu início na seleção de informações provenientes de estímulos internos e externos. Os internos têm origem na atividade cerebral, como em outras memórias ou na imaginação. Já os externos correspondem a todos os tipos de fomentos captados pelos nossos sentidos, como a visão e a audição (STERNBERG, 1996).

Esta seleção das informações é possível graças ao processo da percepção, o qual consiste na formação de imagens sensoriais que correspondem aos estímulos. Estas imagens têm um determinado significado, que será ponderado pela motivação pessoal de cada indivíduo. Esta análise irá determinar se este dado será consolidado como memória ou não, a partir de um processo bioquímico. Após a consolidação, a informação passa a ser armazenada, formando as memórias (STERNBERG, 1996).

As memórias podem ser classificadas de diferentes maneiras, sendo útil neste estudo os modelos de memória de longo prazo e memória de trabalho. A memória de longo prazo é o processo que torna possível o desenvolvimento de um background a respeito de determinado aspecto. Na aviação todo o conhecimento a respeito da operação e sistemas de uma aeronave, será alocado neste processo. Já a memória de trabalho é o processo responsável por conduzir estímulos a curto prazo, ou seja, toda informação cuja sua importância esteja restrita a um curto período de tempo, como o cotejamento de uma autorização de tráfego.

A memória com armazenamento de longo prazo é composta por aquelas informações essenciais para o nosso dia-a-dia ou que, por assimilação, devido a uma série de repetições voluntárias ou involuntárias, deixaram de ser memórias de curto prazo e se consolidaram no nosso subconsciente. Ela é formada em decorrência de alterações bioquímicas, cujas facilitam o acesso aos neurônios relacionados a determinada memória (MOURÃO, 2011).

Os limites da memória de longo prazo até hoje são poucos conhecidos. Autores como Bahrick (1984) e Hintzman (1978) concluíram que em termos práticos, a capacidade de armazenamento e tempo de retenção deste tipo de memória é infinita. Ou seja, uma vez consolidada esta memória estará disponível para ser utilizada, independentemente do tempo em que o indivíduo fique sem acessá-la. E com o estímulo certo, esta memória poderá vir à tona como se tivesse sido armazenada recentemente (STERNBERG, 1996).

A memória de trabalho, pode ser chamada também de memória de curto prazo, devido ao fato dela ser um mecanismo de armazenamento restrito:

“...Um sistema de capacidade limitada, que mantém e armazena informações temporariamente, de modo a sustentar os processos de pensamento humano, fornecendo uma interface entre percepção, memória de longo prazo e ação.” (MELO, 2011)

Baddeley (2007) desenvolveu o modelo de compreensão da memória de trabalho mais aceito atualmente; conhecido como o “Modelo Multicomponente de Memória de Trabalho”. Este modelo é composto originalmente por três componentes funcionais: *O executivo central*, *a alça fonológica*, *o esboço visuoespacial*; sendo acrescido em outro estudo (BADDELEY, 2000), o quarto elemento chamando de *buffer episódico*:

<b>O executivo central</b>	Definido como um sistema de controle da atenção de capacidade limitada, cujo é responsável pela manipulação da informação na memória de trabalho e órgão controlador dos outros sistemas do modelo. Ele é um dos responsáveis por controlar o sistema atencional e realizar a ligação entre memórias de longo e curto prazo.
<b>Alça fonológica</b>	Responsável pelo armazenamento e manutenção das informações de uma forma fonológica. É um processo semelhante à fala subvocal, ou seja, a informação recebida é repetida de forma acústica ou verbal reciclando a informação e a deixando disponível por um curto período de tempo, como anotar um número de telefone e logo após não lembra
<b>O esboço visuoespacial</b>	Utilizado para a conservação e manutenção de informações visuais e espaciais. Ele tem relação com a percepção de imagens visuais e sua retenção temporária na memória; e no desenvolvimento do processo atenção > ação. Assim ele é item fundamental para o processo da leitura, aonde é necessária a retenção de palavras visuais momentaneamente, para que possa em seguida gerar a compreensão das mesmas.
<b>O buffer episódico</b>	Componente que nos permite a integração de informações para criarmos cenários episódicos. Estes cenários representam um modelo mental que permite a projeção de possíveis resultados.

Quadro 2 – Modelo Multicomponente de Memória de Trabalho de Baddeley

Fonte: Bandeira (2011)

Com o intuito de que o processo de construção da memória seja bem-sucedido, o princípio de sua formação parte da ideia de que para que as informações sejam armazenadas, a curto ou a longo prazo, se faz necessária a aplicação de um novo esforço cognitivo, a fim de garantir que a percepção se torne presente no processo de seleção de informações.

#### 1.2.1.2 Atenção

A atenção é o recurso mental que nos permite fazer a seleção e filtragem de determinadas informações conforme nosso interesse, quando envolto a múltiplos estímulos internos (pensamentos e memórias) ou externos (sensações). Os processos da memória abordados anteriormente, serão um dos responsáveis por interagir com fomentos internos ao ser; e os sentidos serão os principais canais receptores de fomentos externos. A atenção é motivo de estudo a muitos séculos atrás:

“... a tomada de posse da mente, em uma forma clara e vívida, de um dos diversos objetos ou séries de pensamentos que parecem simultaneamente possíveis.... Implica o abandono de algumas coisas, a fim de ocupar-se efetivamente de outras.” (JAMES, 1890 *apud* STERNBERG, 1996).

Os fatores que influenciam a atenção podem ser externos ou internos. Cratty (1989) determina que fatores internos estariam relacionados a capacidade de processar informações, memória, sentimentos características da personalidade; e os fatores externos estariam envoltos a estímulos ambientais que se relacionam com o sistema sensorial e o sistema perceptivo.

O fenômeno da atenção não se trata somente de filtrar os estímulos mais interessantes. Este campo contempla uma série de funções de suma importância, conforme destaca Sternberg (1996):

FUNÇÃO	EXEMPLO
<b>Atenção Seletiva:</b> É o processo específico de segregação de certos estímulos em detrimento a outros, com o intuito de aumentar a capacidade de emprego cognitivo naquela determinada informação. Muito empregado na solução de problemas e compreensão verbal.	A leitura de um manual de situações não normais durante uma emergência em voo, requer o emprego da atenção seletiva para ignorar os estímulos externos e focalizar na leitura dos procedimentos a serem seguidos.
<b>Vigilância:</b> É o estado de atenção no qual, o indivíduo se encontra em estado de alerta para qualquer novo estímulo-alvo ou sinal, de acordo com seu interesse, podendo assim responder prontamente ao surgimento do mesmo.	Os controladores de tráfego aéreo constantemente empregam este recurso atencional para gerir os tráfegos sob sua responsabilidade, dado que a qualquer momento uma aeronave poderá declarar emergência ou invadir uma área proibida, necessitando assim de uma intervenção imediata por parte do controlador.
<b>Sondagem:</b> Este processo se baseia na procura de estímulos, diferentemente da vigilância onde é esperado que este apareça espontaneamente. O processo é construído na análise minuciosa de um cenário ou ambiente, a procura de algo já determinado.	As equipes de busca e salvamento aéreo realizam sondagem a procura de aeronaves desaparecidas em alguma localidade como no mar ou em florestas, buscando qualquer indício de presença do item investigado.
<b>Atenção Dividida:</b> Constitui-se no emprego compartilhado dos recursos atencionais em mais de uma tarefa, conforme necessário.	Durante um voo solo, um piloto deverá distribuir sua atenção em mais de um processo, mantendo a comunicação bilateral com outras aeronaves, ao mesmo tempo em que voa o avião e procura por qualquer anormalidade em seus instrumentos.

Quadro 3 – Funções da Atenção

Fonte: Sternberg (1996)

### 1.2.1.3 Controle Atencional

O controle atencional se difere da atenção por ser o elemento gerenciador de suas funções. Ele tem uma autonomia natural em conformidade com nossas necessidades, porém pode ser sobrepujado por comandos voluntários ao nosso subconsciente. Assim por mais que algo esteja enviando estímulos constantemente como um celular tocando, por meio do controle atencional este estímulo será desconsiderado em prol da alocação dos recursos atencionais em outro foco, seja voluntária ou involuntariamente (EYSENCK, 2007).

Segundo Norman e Shallice (1986), os estímulos captados são analisados por meio de esquemas de processamento da informação que se desenvolvem ao longo do tempo, baseados em nosso conhecimento e experiência de eventos passados. Estes esquemas serão ativados de maneira automática conforme o grau de familiarização com a situação presente. De maneira genérica, poderia se dizer que uma criança ao ver um objeto pesado vindo em sua direção não teria capacidade de demonstrar reação por não ter desenvolvido o esquema de resposta a este cenário. Além disso, os esquemas terão a sua ativação mais rápida a medida em que as situações presentes no banco de dados do indivíduo forem mais acessadas. Os esquemas são o passo prévio a tomada de decisão, ou seja, eles analisam o cenário para nos proporcionar uma gama de possíveis respostas a dada situação.

Neste contexto, o controle atencional é o conjunto de processos controlados que poderá se sobrepor aos esquemas de respostas, em viés de objetivos e metas. A determinação do controle atencional sofre influência aspectos como a emoção, motivação, velocidade de processamento, fadiga, ansiedade, auto inibição, dentre outros.

## 2 METODOLOGIA

A proposta central de análise foi desempenhada por meio de uma análise comparativa entre as depreciações tidas no campo cognitivo dos pilotos de aeronaves (especificamente sobre as subdivisões do tema, definidas pelos conceitos das Funções Executivas) e a condição imposta por um ambiente térmico estressor, no que se refere à ação de altas temperaturas. A motivação deste segundo tema, ao ser associado sobre o primeiro, se dá pela existência atual de determinados tipos de aeronaves que não possuem uma climatização adequada quando se encontram estacionadas nos pátios (podendo impor ambientes térmicos superiores aos 40° C aos seus operadores).

O estudo conceitua-se metodologicamente como qualitativo exploratório, com base em revisões bibliográficas e análise de conteúdo, propondo associações entre os dois temas centrais – cognição e calor.

A coleta dos dados se deu por meio da revisão bibliográfica, definida também por Gil (2002) como a obtenção de dados através de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Os referenciais escolhidos definiram-se pelas temáticas que abordaram os efeitos do calor sob a cognição e a performance de indivíduos (GAOUA, 2010; HANCOCK, 2002; MCCLOSKEY, 2011; STERNBERG, 1996; BADDELEY, 2000; BANDEIRA, 2011).

Assim utilizou-se a análise de conteúdo, como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que se utiliza de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (BARDIN, 2004). De maneira específica, pretendeu-se então relacionar os três aspectos principais identificados das Funções Executivas (Memória, Atenção e Controle Atencional) sobre a influência de um ambiente térmico estressor.

### 3 DISCUSSÃO

As capacidades cognitivas de um indivíduo são como um computador central que tem a função de gerenciar o esforço mental, distribuindo sua capacidade entre diversos campos solicitantes, havendo uma capacidade limitada de recursos cognitivos para serem distribuídos. Em condições normais não é requerida uma grande carga de emprego destes recursos, fazendo com que o “computador central” consiga distribuir os esforços de maneira igualitária, atendendo a todos os campos solicitantes. Porém, existem fatores estressantes e de reposta rápida que reivindicam uma maior parcela desse esforço mental, em virtude do bem-estar e segurança do ser, fazendo com que alguns campos deixem de serem atendidos em função da sua parcela estar sendo empregada em outra área (ALEXANDRA e RODRIGUES, 2007; GOMES, 2011).

O calor quando representado em um ambiente térmico extremo se torna um fator estressor ao ser humano. Com isto, existe uma deterioração da capacidade mental do indivíduo exposto, face ao emprego substancial de seus esforços cognitivos na tentativa da aclimação de seu organismo a este novo ambiente (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1989).

#### 3.1 CALOR X MEMÓRIA

O calor é tido como um agente causador de estresse térmico, caracterizado por uma queda na capacidade física e mental do indivíduo. Esta capacidade mental é constituída pelo emprego de recursos cognitivos a um processo mental ou outro. Um destes processos, é a memória que parte da percepção para a formação de memórias de longo ou curto prazo. Em um ambiente térmico estressante, o calor pode diminuir a capacidade de busca na memória conhecimentos já até consolidados (ex. valores de velocidades máximas do avião). Ainda como exemplificação dentro do contexto operacional de um voo, este detrimento da percepção poderá resultar em inconformidades ou desvios do procedimento de operação padrão de uma aeronave, os quais, não serão corrigidos devido à falta de assimilação dos pilotos sobre aquela incoerência, devido ao estresse termal pelo qual seu organismo está passando. (GALLOIS, 2002; MOURÃO, 2011; MELLO, 2011).

<b>Erro cometido pelo piloto</b>	<b>Situação gerada</b>
Preenchimento errôneo dos dados da rota no FMC ( <i>Flight Management Computer</i> ).	<i>Route Discontinuity</i> (descontinuidade da rota), ou também inserção de ponto/coordenada de maneira equivocada, gerando rotas maiores, que consumirão mais combustível.

Quadro 4 – Situações problemáticas durante a fase de preparação do voo em ambientes térmicos estressores (aspecto “Memória”)

Fonte: O Autor

O processo de retenção de memórias de trabalho (curto prazo) poderá ser igualmente afetado pela diminuição do esforço cognitivo em suas funções, face a um aumento do esforço à adaptação ao calor. Neste contexto a alça fonológica deveria entrar em ação com o intuito de manter a mensagem clara e disponível para acesso por meio da repetição subvocal. Porém, o fator estressante do calor poderá restringir essa função, resultando na manutenção de uma informação incompleta ou errônea. Este tipo de memória é utilizado rotineiramente por todos os aeronautas, visto que boa parte das informações que o piloto tem interação, são somente reproduzidas sonoramente como autorizações e restrições informadas pelo controlador de tráfego aéreo e por informações meteorológicas automáticas (ATIS). Com isto, por exemplo, o ajuste altimétrico poderá ser ajustado de maneira incorreta se o piloto não o fizer logo após ter recebido a informação correta. Também é passível de ocorrer erros após uma longa autorização de tráfego, pois até a finalização do cotejamento ao controlador, informações poderão ser perdidas pela alça fonológica (como o código do transponder, ou a primeira aerovia a ser interceptada). Assim cabe ao piloto armazenar essas informações temporárias em seu subconsciente, para posteriormente redigi-las se lhe for mais conveniente (BADDELEY, 2007; BANDEIRA, 2011; MELLO, 2011).

#### 3.2 CALOR X ATENÇÃO

A atenção é uma das funções executivas de grande emprego por parte de pilotos. Ela permite a filtragem de determinados estímulos para manter o foco no que é mais importante para o indivíduo. O calor tem a capacidade de, quando em excesso, restringir o acesso a este esforço cognitivo, por demandar parcelas maiores em face a aclimação do organismo do indivíduo a temperatura excessiva (ALEXANDRA e RODRIGUES, 2007; TRANEL et al., 1994).

### 3.2.1 ATENÇÃO SELETIVA

A atenção seletiva é um método de filtragem que tem como objetivo a supressão de estímulos, em detrimento a um específico de maior importância para aquele momento. Uma concentração insuficiente na leitura fará com que as restrições não sejam percebidas nem compreendidas, podendo resultar posteriormente no voo, em infrações de tráfego aéreo (o não cumprimento de restrições mandatórias exigidas pelos órgãos de controle). Como exemplificação o piloto pode encontrar dificuldades em realizar a leitura de uma carta quanto a suas restrições, por não conseguir se focar somente neste processo devido a outros estímulos externos (como o contato via fonia por parte do órgão de controle; ou até por estímulos internos, como sudorese causada pelo calor ou hiperventilação) (CRATTY, 1989; STERNBERG, 1996).

### 3.2.2 ATENÇÃO DIVIDIDA

A atenção dividida é um procedimento utilizado durante a supervisão de uma tarefa que é realizada ao mesmo tempo que outra. Com o decréscimo desta capacidade atencional, como exemplo, um comandante realizando suas tarefas pré-voo, ao mesmo tempo que emprega seus recursos atencionais na supervisão dos encargos de um primeiro oficial iniciante ou em treinamento; poderá estar cognitivamente afetado pelo ambiente térmico estressante, deixando de realizar suas atividades satisfatoriamente; ou prestando um serviço falho de supervisão às tarefas do primeiro oficial (CRATTY, 1989; STERNBERG, 1996).

### 3.2.3 VIGILÂNCIA

Com o detrimento do processo de vigilância pelo ambiente térmico estressor, aspectos restritivos que deveriam ser identificados passam imperceptíveis (como valores de temperatura dos motores em seus acionamentos, por exemplo), ocasionando situações como “partida quente” ou “partida fria” (afogada), ambas prejudiciais para os motores (CRATTY, 1989; STERNBERG, 1996).

### 3.2.4 SONDAGEM

Relacionado à capacidade de perceber uma situação anormal em um cenário geral no qual a atenção não pode se restringir a somente um item. Durante a preparação da cabine, o *scanflow* dos pilotos possui esta característica, onde com a depreciação do processo de sondagem, avisos visuais de sistemas desligados ou com falhas, poderão não serem percebidos (CRATTY, 1989; STERNBERG, 1996).

## 3.3 CALOR X CONTROLE ATENCIONAL

Controle atencional é o recurso que torna possível a alternância entre as diversas funções da atenção. Ele é o gerenciador que determina em quais funções o esforço cognitivo deve ser empregado, seja de maneira voluntária ou não. O distúrbio causado pelo calor poderá prejudicar a utilização de uma função específica ou, dependendo do estado de degradação da capacidade cognitiva, poderá abranger um escopo maior, onde todo o processo de controle atencional será afetado. Em relação a aviação comercial, o ambiente multicomponente de uma cabine de avião requer toda a capacidade atencional por parte de seus operadores, devido à complexidade de sua dinâmica e a variabilidade de informações que estão sempre sujeitas a alterações. Visto que a maior parte da operação é baseada em planejamento, condução e criação de expectativas em cima de objetivos propostos (como um sistema responder de maneira satisfatória ao planejado), torna-se evidente o potencial de riscos factíveis com a perda de desempenho do controle atencional pelos efeitos do calor (EYSENCK, 2007; NORMAN e SHALLICE, 1986).

## 3.4 IMPACTO DO AMBIENTE TÉRMICO ESTRESSOR SOBRE AS FUNÇÕES EXECUTIVAS

Segundo Gallois (2002), a partir de uma variação da temperatura interna do indivíduo, superior a 4°C, ocorrerá uma supressão das capacidades físicas e mentais; ocasionando sintomas como fadiga, sonolência, queda de rendimento, erros de percepção e raciocínio; os quais são itens críticos para o desempenho seguro das atividades de um tripulante. O impacto é maior ainda quando o indivíduo passa por uma grande variação de temperatura (GAMBRELL, 2002); situação essa experimentada por um piloto que deixa a sala climatizada do despacho operacional da empresa, e ocupa seu assento no *cockpit* de determinados tipos de aeronaves, que se encontram com medições de temperatura interna iguais ou superiores a 40°C.

Os efeitos do calor para com o organismo humano demandam um maior emprego de recursos cognitivos para a aclimação ao novo ambiente de estresse térmico. Assim, como estes recursos são limitados, outras funções executivas (e subdivisões) deixam de receber sua parcela de esforço cognitivo proporcionando uma série de complicações:

Subdivisão das Funções Executivas	Impacto do Ambiente Térmico Estressor
Memória de Longo Prazo	Prejuízo dos conhecimentos prévios, comprometendo a operação de uma aeronave, a qual é baseada no conjunto de conhecimentos adquiridos pelo piloto ao longo de sua formação;
Memória de Trabalho	Comprometimento na retenção de memórias de curto prazo, muito utilizadas diariamente por aeronautas

	na retenção de informações meteorológicas, autorizações e restrições;
Atenção Seletiva	Inviabilização do foco em uma determinada atividade ou informação, quando exposto a diversos estímulos, como no ambiente dinâmico de uma aeronave;
Vigilância	Incapacidade de impedir que alguma anormalidade seja detectada, quando se está monitorando algum sistema ou processo em específico;
Sondagem	Incapacitação da percepção de um tripulante, quanto a algum sinal de status não-normal, mesmo com sinais visuais ou aurais, no momento de supervisão geral dos sistemas;
Atenção Dividida	Impossibilitar um tripulante de realizar mais de uma tarefa no mesmo momento, como efetuar suas funções conjuntamente com a supervisão das responsabilidades do outro tripulante.

Quadro 5 – Impacto do Ambiente Térmico Estressor sobre as Funções Executivas e suas Subdivisões.

Fonte: Baddeley (2007); Bandeira (2011); Cratty (1989); Gallois (2002); Mello (2011); Mourão (2011); Sternberg (1996).

Assim, o distúrbio causado pelo calor poderá prejudicar a utilização de uma função executiva específica, ou, dependendo do estado de degradação da capacidade cognitiva, poderá abranger um escopo maior, onde todo o processo cognitivo seja afetado. Como alusão ao estado de comprometimento que pode ser gerado, acredita-se que a possibilidade de inferir restrições cognitivas a uma pessoa é tão grande, que um astronauta de grande excelência, quando exposto aos efeitos do calor, poderia se tornar um indivíduo extremamente desatento, com muitas dificuldades de concentração em qualquer tipo de atividade pelo período de tempo em que durasse a exposição (ALEXANDRA e RODRIGUES, 2007; TRANEL et al, 1994).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O escopo do estudo foi o de analisar a influência do calor (como ambiente térmico estressor) sob o aspecto cognitivo de pilotos na realização de suas tarefas, quando expostos a um ambiente térmico estressor, especificamente tratando do tema “Funções Executivas”, a qual está ligada a área da cognição humana.

Foi utilizado um processo de relação entre o referencial teórico e sua correspondência com atividades práticas da aviação. A motivação se fez presente devido ao ambiente imposto em determinados tipos de aeronaves (ex. turboélice ATR), as quais não possuem um sistema funcional de ar condicionado antes do acionamento de seus motores; e a alta incidência solar no território brasileiro faz com que estes equipamentos se tornem verdadeiras “estufas”, quando estacionados em suas posições de parada.

As relações entre as duas temáticas aqui abordadas (calor e cognição) arguiram que o primeiro afeta diretamente todos os aspectos sobre o segundo aqui citados (especificamente no que se refere aos conceitos das Funções Executivas). Por meio disso, a principal conclusão identificada pelos autores é que deveria haver uma preocupação maior de parte das empresas que operam estes equipamentos, no intuito de amenizar ou mesmo extinguir essa ameaça de seus contextos operacionais. Por meio de observações e relatos foram identificadas algumas ferramentas para o problema (como a instalação de ares-condicionados portáteis); mas também por meio de algumas opiniões, todas sugerem que tais equipamentos não são eficientes suficientemente.

A análise do problema também apresentou uma outra dificuldade, que foi a falta de pesquisas que relacionem as temáticas “Calor, Cognição e Aviação”. Além da contribuição trazida por este estudo, sugere-se também a elaboração de outras propostas de trabalhos, visto que o presente levantamento teórico tem apenas o intuito de supor possíveis efeitos da relação entre os tópicos:

Como proposta para análises futura sobre a temática aqui abordada, as seguintes linhas foram identificadas:

- Estudo prático dos efeitos do calor na cognição de pilotos, por meio do desenvolvimento de um instrumento de coleta de dados que possa ser utilizado para aferir a capacidade cognitiva de pilotos no momento em que estiverem expostos a condições extremas de calor, seja em ambiente real ou simulado.
- Estudo dos danos à saúde de pilotos expostos a calor extremo, devido ao que foi exposto por Astete (1989), onde a súbita exposição a um ambiente térmico estressor pode causar sérios danos à saúde. Tal temática deve ser mais abrangente, diferindo do aspecto da irradiação solar sobre a cabine de pilotos – assunto que conta com uma série de estudos.

Por fim, ainda são inúmeras as aeronaves que não possuem aclimação adequada para as condições críticas trazidas por temperaturas elevadas em determinadas regiões do mundo. Ferramentas e práticas tem surgido na indústria aeronáutica, em prol



da solução do problema, mas as situações vivenciadas por muitos pilotos ainda contextualizam um cenário em que o fator ainda influencia na operação desempenhada, e consequentemente na performance do indivíduo.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRA, Filomena; RODRIGUES, Gaspar. **Conforto e Stress Térmico: uma Avaliação em Ambiente Laboral**. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de física 2**. São Paulo: Harbra, 1986. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 6 (2): 128-142, ago. 1989. 139 cap. 13 e 14.
- ARDILA, Alfredo. **Brain and Cognition: On the evolutionary origins of executive functions**. Elsevier. Miami, p. 1-8. 3 mar. 2008. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/2b36/f2fe4563b9acafdac68f251f3a498fada421.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2017.
- ASTETE, M. W.; GIAMPAOLI, E.; ZIDAN, L. N.. **Riscos físicos**. São Paulo, SP: Fundacentro, 1989.
- ATR. **Flight Crew Operating Manual (FCOM)**. ATR 72. December, 2013.
- BADDELEY AD. 2000. **The episodic buffer: a new component of working memory?** Trends. Cogn. Sci. 4:417–23
- BADDELEY AD. 2007. **Working Memory, Thought and Action**. Oxford, UK: Oxford Univ. Press.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa : 70, 2004. 223 p.
- BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David Mckay, 1956.
- BLOOM, Benjamin S. et al. **Taxionomia de objetivos educacionais**. 6 ed. Porto Alegre: Globo, 1977.
- CAFFARRA, P., Vezzaini, G., Dieci, F., Zonato, F., and Venneri, A. (2002). **Una versione abbreviata del test di Stroop: dati normativi nella popolazione italiana**. Nuova Rivis. Neurol. 12, 111–115.
- CAPOVILLA, Alessandra Gotuzo Seabra; ASSEF, Ellen Carolina dos Santos; COZZA, Heitor Francisco Pinto. **Avaliação neuropsicológica das funções executivas e relação com desatenção e hiperatividade**. 2007. Disponível em: <<https://docgo.org/avaliacao-neuropsicologica-das-funcoes-executivas-e-relacao-com-desatencao-e-hiperatividade>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- CARVALHO, Janaína Castro Núñez et al. **Tomada de decisão e outras funções executivas: Um estudo correlacional**. 2012. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/764>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- CRATTY, B. J. **Psychology in contemporary sport**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1989.
- EYSENCK, Michael W. et al. **Anxiety and Cognitive Performance: Attentional Control Theory**. 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17516812>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- GALLOIS, N. S. P.. **Análise das condições de stress e conforto térmico sob baixas temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina**. 2002. 140fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2002.
- GAMBRELL, R. C.. **Doenças térmicas e exercício**. In: LILLEGARD, W. A.; BUTCHER, J. D.; RUCKER, K. S.. Manual de medicina desportiva: uma abordagem orientada aos sistemas. São Paulo, SP: Manole, 2002. p. 457-464.
- GAOUA, Nadia. **Cognitive function in hot environments: a question of methodology**. Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports. Qatar, p. 1-11. 22 jul. 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x/epdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- GIL, ANTÔNIO CARLOS, 1946-**Como elaborar projetos de pesquisa/Antônio Carlos Gil**. - 4. ed. - São Paulo :Atlas, 2002.
- GODOY, Silvia et al. **Theoretical conceptions on the executive functions and high abilities**. 2010. Disponível em: <[http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Pos-Graduacao/Docs/Cadernos/caderno10/62118\\_8.pdf](http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Pos-Graduacao/Docs/Cadernos/caderno10/62118_8.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2017.
- GOMES, MARISTELA. **Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: Exercício extremos de temperatura e doenças térmicas**, 2011.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E.. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed.. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2006.
- HANCOCK, P. A.; ROSS, Jennifer M.; SZALMA, James L.. **A Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors**. 2007. 27 f., University Of Central Florida, Orlando, 2007.
- HANCOCK PA, Vasmatazidis I. **Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge**. Int J Hyperthermia 2002; 19: 355–372.
- HANCOCK, P. A. (1986a). **The effect of skill on performance under an environmental stressor**. Aviation, Space. And Environmental Medicine, 57, 59-64.
- HANCOCK, P. A. (1986c). **Sustained attention under thermal stress**. Psychological Bulletin, 99, 263-281.
- HEWITT, P. G. **Conceptual physics – a high school physics program**. Teacher's Edition. California: Addison-Wesley Publishing Company, 1987. p. 299-348.

- LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Conforto e stress térmico**. 2008. 108 f., Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- LEZAK, M. D. **Neuropsychological Assessment**. New York: Oxford University Press, 1995.
- MAGALHÃES, Dra. Sônia; ALBUQUERQUE, Dr. Roberto Roncon; PINTO, Dr. Jorge Correia. **TERMORREGULAÇÃO**. 2001. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina, Universidade do Porto, Porto, 2001. Disponível em: <<http://www.uff.br/WebQuest/downloads/Termorreg.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.
- MCCLOSKEY, George. **Executive Functions: A General Overview**. 2011. 9 f., Philadelphia College Of Osteopathic Medicine, Filadélfia, 2011. Disponível em: <[http://www.fasp.org/PDF\\_Files/School\\_Neuropsychology/Executive\\_Functions-A\\_General\\_Overview\\_McCloskey.pdf](http://www.fasp.org/PDF_Files/School_Neuropsychology/Executive_Functions-A_General_Overview_McCloskey.pdf)>. Acesso em: 3 maio 2017.
- MELO, Luciene Bandeira Rodrigues de. **Memória de trabalho e função executiva: uma proposta de diálogo entre dois modelos teóricos**. 2011. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de -, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MOURÃO JUNIOR, Carlos Alberto; MELO, Luciene Bandeira Rodrigues. **Integração de Três Conceitos: Função Executiva, Memória de Trabalho e Aprendizado**. 2011. Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ptp/v27n3/06.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- NORMAN, D. A. & SHALLICE, T. (1986). **Attention to Action. Willed and automatic control of behavior**. Em R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Orgs.), *Consciousness and self-regulation* (vol. 4). New York: Plenum Press.
- POPPER, Karl S. **A lógica da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1975a.
- POSNER, Michael I.. **Estratégias de Busca e Solução de Problemas: Solução de Problemas**.
- POSNER, Michael I.. **Cognição**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. p. 141-141. Tradução de Heliana de Barros.
- RAMSEY, Jerry D.; KWON, Yeong G.. **Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments**. 1992. 13 f., International Journal Of Industrial Ergonomics, Texas Tech University, Lubbock, 1992.
- SANTOS, Felipe Gustavo dos. **Análise da Atenção e Concentração para Atletas de Ginástica Aeróbica Esportiva através de um Referencial Teórico**. 2010. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- SATLER, Corina Elizabeth. **Influência da emoção sobre o desempenho de funções executivas em testes neuropsicológicos tradicionais e computadorizados na doença de Alzheimer**. 2012. 115 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SILVA, Prof. Dr. Luiz Bueno da. **Mudanças climáticas e a elevação da temperatura: implicações no conforto, na saúde e no desempenho de alunos em ambientes de ensino inteligentes (news ict) nas regiões brasileiras**. 2013. 61 f. Monografia (Especialização) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- STAAL, Mark A.. **Stress, Cognition, and Human Performance: A Literature Review and Conceptual Framework**. 2004. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Ames Research Center, NASA, Moffett Field, 2004.
- STERNBERG, Robert J.. **Cognitive psychology**. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers, 1996. 555 p.
- TONIETTO, Lauren et al. **Interfaces entre funções executivas, linguagem e intencionalidade**. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-863X2011000200012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-863X2011000200012)>. Acesso em: 05 ago. 2017.
- TRANEL, D., ANDERSON, S. W., & BENTON, A. L. (1994). **Development of the concept of "executive function" and its relationship to the frontal lobes**. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (Vol. 9, pp. 125-148). Amsterdam: Elsevier.
- TRETESKI, Thomas. **Pilotagem e ergonomia cognitiva: um estudo exploratório do scan flow de pilotos**. 2008. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Aeronáuticas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande, Porto Alegre, 2008.
- TREZZA, Beatriz Maria. **O efeito da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos: um estudo controlado**. 2014. 102 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014....

---

# Estudo de Caso: A Possível Aplicação do Direito Penal na Atividade Aérea

Bruno Rabelo Coutinho Saraiva<sup>1</sup>

1 Graduado em Direito pelo Centro Universitário Christus, Fortaleza – CE, Brasil, Pós-graduando em Docência do Ensino Superior pela Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro – RJ, Brasil e Mestrando em Ciências Jurídicas pela Universidad de la Integración de las Américas, Assunção, Paraguai. Email: brunocoutinhor@hotmail.com.

---

**RESUMO:** Pretende-se, com este trabalho, demonstrar a inviabilidade jurídica da falácia da descriminalização de acidentes aeronáuticos no Brasil, tendo em vista o texto legal do Código Penal Brasileiro. A partir da descrição de um acidente aeronáutico fictício, procurou-se enquadrar, em tese, a conduta fictícia do piloto envolvido no acidente ao tipo penal específico. Assim, a suposta conduta do piloto resultou adequada ao Art. 261 do Código Penal Brasileiro, portanto, conclui-se que não há como descriminalizar, como pretendem alguns, os Acidentes Aeronáuticos, pois, o tipo do Código Penal Brasileiro encontra-se em pleno vigor.

**Palavras Chave:** Acidente Aeronáutico, Criminalização, Descriminalização, Código Penal Brasileiro, Estudo de caso.

## Case Study: The Possible Application of Criminal Law in Air Activity

**ABSTRACT:** It is intended, with this work, to demonstrate that the legal impossibility of the fallacy of the decriminalization of aeronautical accidents in Brazil, in view of the legal text of the Brazilian Penal Code. From the description of a fictitious aeronautical accident, it was tried to frame, in theory, the fictitious conduct of the pilot involved in the accident to the specific criminal type. Thus, the fictitious conduct of the pilot was adequate to Art. 261 of the Brazilian Penal Code, therefore, it is concluded that there is no way to decriminalize, as some claim, Aeronautical Accidents, since the Brazilian Penal Code type is in full force.

**Key words:** Aeronautical Accident, Criminalization, Decriminalization, Brazilian Penal Code, Case study.

**Citação:** Saraiva, BRC. (2018) Estudo de Caso: A Possível Aplicação do Direito Penal na Atividade Aérea. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 20-25.

## 1 INTRODUÇÃO

Comenta-se muito, no âmbito da comunidade aeronáutica, sobre a falácia da descriminalização dos acidentes aeronáuticos. Falácia esta defendida por muitos excelentes profissionais da segurança da aviação e de outras áreas deste setor. Contudo, tais argumentos não têm fundamentos jurídicos consistentes, pois se fundamentam em normas inaplicáveis aos casos concretos.

A tendência mundial, de modo geral, é exatamente no sentido oposto, ou seja, a criminalização de acidentes e incidentes aeronáuticos. Um dos pontos importantes da criminalização é a conduta do agente ser dolosa ou ser culposa, em alguma das três modalidades de culpa.

Com efeito, o caso foi criado e desenhado de modo a evidenciar claramente a culpa na conduta do piloto fictício. Sem, contudo, deixar de lado as semelhanças com possíveis ocorrências reais. Em outras palavras, criou-se um caso ficto, mas dentro do envelope do que seria viável em condições reais.

Com a finalidade de analisar, brevemente, essa conduta suposta, e se ela seria passível de punição penal, tendo em vista o texto do Código Penal Brasileiro, procedeu-se o estudo do caso fictício da aeronave monomotor. Por um erro na seleção do tanque de combustível, veio a fazer um pouso forçado, ficando substancialmente danificada e fazendo duas vítimas fatais e duas de lesões graves, conforme narrativa imaginária.

Dessa forma, por meio da demonstração e da análise do texto do Código Penal Brasileiro que criminaliza acidentes aeronáuticos, por meio do estudo das modalidades de condutas culposas e por meio do estudo do caso proposto, objetivou-se, em geral, demonstrar que a descriminalização de acidentes aeronáuticos é uma falácia.

Nesse sentido, importa destacar que criminalizar acidentes aeronáuticos não é o mesmo que criminalizar a investigação técnica dos acidentes, esta conduzida pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Na criminalização de acidentes, os agentes culpáveis envolvidos na ocorrência são punidos penalmente. Criminalizar a investigação é assunto sem cabimento jurídico, pois, ressalvadas as exceções legais, trata-se de um dever jurídico realizar a investigação.

Com efeito, realizar a investigação jurídica do acidente aeronáutico, por meio das ferramentas policiais e judiciais, não traz prejuízo para prevenção de acidentes aeronáuticos, visto tratarem-se de investigações distintas. Dessa forma, cada investigação transcorre independentemente uma da outra.

Ainda nesse quadrante, a investigação jurídica do acidente aeronáutico poderá contribuir com a segurança operacional na aviação. Pois bem, a título de exemplo, tendo o piloto em mente que no caso de exposição da aeronave a perigo, causando um acidente ou não, poderá ser punido criminalmente, este terá mais atenção na sua atividade e irá agir com mais cuidado. Esse nível de atenção e cuidado se refletirá na segurança operacional.

Ademais, esse estudo qualitativo está estruturado em metodologia, explicando-se o procedimento aplicado na construção deste trabalho, em resultados, tópico que consubstancia a descrição fictícia que enseja toda discussão no tópico seguinte sobre a capitulação legal da conduta do piloto e sobre a possível criminalização dessa conduta. Por fim, na conclusão, fecha-se assunto afirmando que o piloto imaginário agiu com culpa e que Acidentes Aeronáuticos no Brasil podem ser criminalizados, tendo em vista a vigência do Código Penal Brasileiro.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

Trata-se de um estudo de Direito Penal Aeronáutico, pois se estuda a criminalização ou descriminalização de Acidentes Aeronáuticos.

### 2.2 MÉTODO

O método utilizado na construção deste trabalho consiste na análise do caso fictício de uma aeronave monomotor. Nesse caso, por um erro na seleção do tanque de combustível, a aeronave monomotor veio a fazer um pouso forçado, ficando substancialmente danificada e fazendo duas vítimas fatais e duas de lesões graves. Fazendo-se essa análise, criaram-se os aspectos que influenciam na responsabilidade criminal, em tese, do piloto imaginário.

Ressalte-se, contudo, que se elaborou o caso de modo a clarear as informações necessárias para análise penal da conduta fictícia. Com efeito, durante as discussões, visitaram-se vários autores pertinentes para atingir os objetivos específicos e o geral deste trabalho. Nesse sentido, verificou-se a importância de fundamentar esta investigação no texto legal, a partir daí procedeu-se a discussão sobre o tipo penal e sobre a conduta culposa, em tese, aplicáveis à aviação, estruturando-se, com esteio nesses argumentos, as conclusões pertinentes.

Em seguida, procedeu-se a subsunção desse caso suposto ao Código Penal Brasileiro, chegando-se às conclusões pertinentes. Dessa forma, compreenderam-se e interpretaram-se os autores e o texto legal, aplicando essas interpretações na forma de estudo de caso fictício. Vale dizer que, metodologicamente, foram excluídas outras possibilidades de subsunção a tipos penais debatidos na doutrina, pois este trabalho não tem o escopo de esgotar todas as hipóteses legais, mas ater-se ao Art. 261 do Código Penal Brasileiro.

Ressalte-se que todas as conclusões ou comentários realizados são apenas acadêmicos e realizados teoricamente, sem intenção de concluir ou julgar qualquer caso. Ademais, deve-se dizer que o método foi construído com base no trabalho de Freitas e Jabbour (2011).

## 3 RESULTADOS

### 3.1 A CONDOTA DO PILOTO

O caso em tela trata-se do acidente ocorrido com a aeronave monomotor, que possui dois tanques de combustível, um em cada asa. O combustível chega por gravidade ao motor. Por um erro na seleção do tanque de combustível, o motor ficou sem alimentação de combustível, e a aeronave veio a fazer um pouso forçado, ficando substancialmente danificada e fazendo duas vítimas fatais e duas de lesões graves. A aeronave hipotética era operada na modalidade privada por uma pessoa jurídica.

Segundo o que foi apurado na investigação jurídica, no dia 16 de setembro de 2016, a aeronave decolou do suposto aeródromo localizado no Estado do Rio Grande do Norte, em condições de voo visual, para prestar serviços aéreos especializados. Hipoteticamente, logo após a decolagem, ainda durante a subida, o suposto piloto comandou uma curva à esquerda e, com as asas desniveladas, o motor perdeu potência por falta de combustível. As supostas testemunhas confirmam que ouviram o barulho característico de perda de potência do motor.

Não havendo condições de manter o voo fictício, o piloto realizou um pouso forçado nas proximidades do aeródromo, em área com vegetação densa, colidindo com a copa de algumas árvores antes de tocar o solo.

O suposto piloto realizou, sem sucesso, os procedimentos de religamento do motor previsto no manual de instrução da aeronave, contudo, devido à baixa altitude da aeronave, deteve-se em escolher o melhor local para realizar o pouso forçado.

Segundo conjectura-se, o piloto estava em perfeitas condições de pilotar a aeronave, com todas as habilitações válidas. Este, por suposto, relatou que realizou o *checklist* pré-voo e que verificou a quantidade de combustível no tanque com a ‘pipeta em galonagem’<sup>1</sup>. O piloto informou que havia 69 (sessenta e nove) litros de combustível em cada tanque da aeronave, no direito e no esquerdo, além disso, afirmou ter realizado todos os procedimentos de segurança exigidos pelo fabricante da aeronave monomotor.

---

<sup>1</sup> “nome de um instrumento de medição e transferência rigorosa de volumes líquidos.” (WIKIPÉDIA. **Pipeta**. Wikipédia, 2013. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Pipeta>>. Acesso em: 24 jan. 2017.)

Hipoteticamente, existia na aeronave uma válvula seletora de combustível, por meio da qual o piloto fictício poderia selecionar a posição LEFT, RIGHT, BOTH ou OFF, dependendo do momento do voo. O manual pressuposto estabelece que, durante pousos e decolagens, deve ficar na posição BOTH, além de prever que, ao atingir um quarto de sua capacidade de combustível, poderá haver interrupção do fluxo de combustível e, em consequência, o motor apagará, como aconteceu no caso imaginado neste trabalho.

Com efeito, no início da suposta investigação jurídica, foi averiguado que o tanque de combustível esquerdo estava quase vazio e que o direito continha aproximadamente 40 (quarenta) litros, sem sinais de vazamento em nenhum dos tanques. As hélices, por suposição, indicam que, no momento do impacto, o motor estava em baixa rotação ou sem rotação.

Constatou-se, hipoteticamente, examinando-se os elementos, que o motor apagou por falta de combustível ocorrida logo após a aeronave curvar à esquerda. Supostamente, o fato se deu como consequência de uma operação involuntária posicionando a seletora de combustível na posição LEFT, o que levou ao consumo de todo o combustível do tanque esquerdo da aeronave e ao acidente hipotético.

Assim, neste caso fictício resta claro que o piloto não realizou o *checklist* antes do voo, ou não o realizou completamente, o que o levou a se esquecer de posicionar corretamente a seletora, ou seja, a falta de *checklist* pré-voo levou à operação irregular da aeronave.

#### 4 DISCUSSÃO

Com efeito, está demonstrado nos relatos fictícios que o acidente se deu devido à seleção incorreta do tanque de combustível da aeronave, que, por sua vez, deu-se por não realizar o *checklist* antes do voo ou por falta de cuidado na realização. Cumpre, inicialmente, colacionar os Arts. 261 e 263, todos do Código Penal Brasileiro, que dizem:

Art. 261 - Expor a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea:

Pena - reclusão, de dois a cinco anos.

Sinistro em transporte marítimo, fluvial ou aéreo

§ 1º - Se do fato resulta naufrágio, submersão ou encalhe de embarcação ou a queda ou destruição de aeronave:

Pena - reclusão, de quatro a doze anos.

Prática do crime com o fim de lucro

§ 2º - Aplica-se, também, a pena de multa, se o agente pratica o crime com intuito de obter vantagem econômica, para si ou para outrem.

Modalidade culposa

§ 3º - No caso de culpa, se ocorre o sinistro:

Pena - detenção, de seis meses a dois anos.

Art. 263 - Se de qualquer dos crimes previstos nos arts. 260 a 262, no caso de desastre ou sinistro, resulta lesão corporal ou morte, aplica-se o disposto no art. 258.

Agora, pois, deve-se analisar a conduta fictícia do piloto, excluindo, metodologicamente, a subsunção a outro tipo penal.

Conduta é todo comportamento humano, comissivo ou omissivo, consciente e com determinada finalidade. Nesse sentido, a conduta poderá ser dolosa, com dolo direto ou indireto; ou culposa, na modalidade negligência, imprudência ou imperícia (CAPEZ, 2012). No caso sob comento, está visível que o suposto piloto praticou uma conduta omissiva, pois não posicionou o seletor de combustível da forma como previsto no manual do fabricante da aeronave.

Com efeito, Nucci (2015) conceitua o dolo como “[...] a vontade consciente de realizar a conduta típica.”. No caso, pode-se observar pela descrição fictícia que o piloto não desejou realizar a conduta típica (expor a aeronave a perigo), pois realizou, sem sucesso, os procedimentos previstos na tentativa de religar o motor perdido, com a intenção de manter em segurança a aeronave.

Nesse sentido, o dolo direto é a vontade dirigida para a produção do resultado, incluindo todos os meios utilizados (NUCCI, 2015) e o dolo eventual ou indireto “é a vontade do agente dirigida a um resultado determinado, porém vislumbrando a possibilidade de ocorrência de um segundo resultado, não desejado, mas admitido, unido ao primeiro.” (NUCCI, 2015). Assim, pelo já exposto, o piloto hipotético sequer desejou o resultado, portanto, não há dolo direto.

Sobre o dolo eventual, cumpre destacar que a quantidade de combustível nos tanques é compatível com quantidade declarada pelo suposto piloto e com a quantidade aferida na suposta investigação jurídica. Isso corrobora o fato de o suposto piloto ter afirmado que os procedimentos de segurança foram realizados.

Como durante a fictícia investigação jurídica não foram averiguados indícios da não realização dos procedimentos de segurança, com exceção da seleção do tanque de combustível. O suposto piloto, portanto, não admitiu a possibilidade de expor a aeronave a perigo. A conduta, assim, também não se adequa ao dolo na modalidade ‘eventual’.

Consta, pois, nos relatos fictícios, evidências que indicam que o piloto se esqueceu, por não realizar, ou por não realizar completamente o *checklist*, de selecionar a posição devida, sendo, como já dito, uma conduta omissiva. E, não estando ciente da posição da seletora de combustível, não assumiu, pois, o risco do resultado. Nesse sentido, considerando-se conduta dolosa a vontade de agir e de produzir o resultado (CAPEZ, 2012), descarta-se o dolo direto e eventual do agente. Portanto, não há adequação típica ao *caput* do Art. 261 do Código Penal Brasileiro.

Ora, já que não há dolo, poderá haver culpa. No caso ficto, houve a conduta do piloto, e o resultado, todavia, não foi no mesmo sentido da finalidade, ou seja, não coincidiram, mas foram em sentidos opostos, levando, dessa forma, à quebra do dever de cuidado inerente à função de piloto. Assim, em tese, trata-se de uma conduta culposa, o suposto piloto agiu voluntariamente e produziu um resultado não pretendido que só veio a ocorrer por seu descuido (CAPEZ, 2012).

Com efeito, para compreender o delito culposo, é necessário ter em mente que:

[...] numa primeira fase, devemos examinar qual o cuidado exigível de uma pessoa prudente e de discernimento diante da situação concreta do sujeito. Encontraremos o *cuidado objetivo necessário*, fundado na *previsibilidade objetiva*. Vamos comparar esse cuidado genérico com a conduta do sujeito, *i. e.*, a conduta imposta pelo dever genérico de cuidado com o comportamento do sujeito. Se ele não se conduziu da forma imposta pelo cuidado no tráfico o fato é típico (DAMÁSIO, 2011. p. 339).

Nesse sentido, em tese, pode-se considerar que o exigível de uma pessoa prudente seria fazer todos os *checklist* exigidos pelo fabricante da aeronave ponto a ponto, para não deixar passar nada despercebido, como, teoricamente, não fez o piloto do caso sob comento. Dessa forma, encontramos o cuidado objetivo necessário: fazer o *checklist* pré-voos seguindo rigorosamente o recomendado pelo fabricante.

A conduta do piloto, em tese, não condiz com o cuidado objetivo, pois este, pelos relatos fictícios, não realizou rigorosamente o *checklist* pré-voos, deixando, assim, de verificar a seleção do combustível. Esse fato, portanto, viola o cuidado objetivo, sendo, desse modo, em tese, fato típico.

Seguindo nessa análise, deve ser mencionado que “a tipicidade da conduta conduz à sua ilicitude” (DAMÁSIO, 2011. p. 339). Ademais, deve-se analisar a culpabilidade. Um posicionamento conclusivo decorre de responder se: “o sujeito agiu, segundo seu poder individual, de forma a impedir o resultado? Ele observou a diligência pessoal possível segundo suas próprias aptidões?” (DAMÁSIO, 2011. p. 339).

Nesse sentido, verifica-se que o piloto agiu (realizou o procedimento para religar o motor), mas não de modo a impedir o acidente aeronáutico. Além disso, não observou todas as diligências para as quais estava treinado devido à sua omissão na seleção do combustível. Dessa forma, tem sua conduta culpável, pois a resposta negativa às questões acima citadas levam à culpabilidade (DAMÁSIO, 2011).

Nesse sentido, cumpre lembrar que um dos elementos do injusto culposo é a previsibilidade do resultado, entendida como a possibilidade de serem antevistos os resultados, isso nas condições impostas ao agente (DAMÁSIO, 2011). Assim, tem-se, supostamente, que o piloto tinha total condição de antever que a não realização rigorosa do *checklist* pré-voos poderia levá-lo a omitir-se em algum item, podendo, em decorrência, expor a aeronave a perigo ou até provocar o acidente.

Com efeito, para tipicidade e punibilidade do fato culposo, outro elemento necessário é a ausência de previsão. “É necessário que o sujeito não tenha previsto o resultado. Se o previu, não estamos no terreno da culpa, mas do dolo [...]. O resultado era previsível, mas não foi previsto pelo sujeito. Daí falar-se que a culpa é a imprevisão do previsível” (DAMÁSIO, 2011. p. 341). Dessa forma, se o piloto previu que a aeronave iria de fato sofrer o acidente por conta da sua conduta e mesmo assim prosseguiu, temos dolo do suposto piloto. Porém, como se defende, não há dolo, pois não se evidenciou na narrativa fictícia que o piloto previu que, ao realizar a curva para esquerda, o motor ficaria sem combustível por conta da seleção do tanque de combustível.

De fato, pelas circunstâncias elaboradas, a finalidade da conduta do piloto jamais foi derrubar a aeronave, contudo a atuação dele causou a queda. Desse modo, pode-se concluir, em tese, que houve conduta culposa do piloto da aeronave. Assim, haveria subsunção ao Art. 261, §3º, do Código Penal Brasileiro (BITENCOURT, 2012).

Nesse sentido, a culpa se dá pela inobservância do dever objetivo de cuidado, havendo três modalidades de inobservância (DAMÁSIO, 2011). Culpa na modalidade imprudência é um agir perigoso, sem as devidas precauções. Consiste na violação de regras, de leis ou de procedimentos recomendados para operação de aeronaves, por exemplo, precipitando-se (ALVES, 2011). Como se depreende, culpa na modalidade imprudência exige um comportamento positivo, um agir comissivo. Portanto, a culpa do piloto, em tese, não se enquadra nessa modalidade.



Para tratar o debate teórico como devido, negligência “designa falta de cuidado, [...] falta de atenção, não tomando as devidas precauções, com ausência de reflexão necessária, inação do sujeito, apresentando indolência, inércia e passividade, agir com irresponsabilidade.” (ALVES, 2011). Imperícia, todavia, é “agir com inaptidão, falta qualificação técnica, teórica ou prática, ou ausência de conhecimentos elementares e básicos da profissão [...]” (ALVES, 2011).

Ao que se conjectura, sobretudo pela experiência do piloto da aeronave e por todas as suas licenças estarem em dia, não havia inaptidão técnica para exercer as atividades. Resta, dessa forma, a modalidade negligência, pois a ação que deu causa ao resultado foi omissiva, uma vez que não procedeu a todas as verificações determinadas pelo fabricante da aeronave.

Nesse ponto, importante citar a lição de Marcelo Honorato (2015, p. 37) dizendo que “agindo o autor com imprudência, negligência ou imperícia, de forma a causar um sinistro aéreo [...], pela exposição ao perigo gerado à aeronave [...] haverá a subsunção do fato típico penal de atentado contra a segurança do transporte aéreo culposo [...]”.

Com efeito, o caso fictício resultou em duas vítimas fatais e duas de lesões graves (não se refere às lesões previstas no Código Penal, mas às previstas na legislação aeronáutica). Dessa forma, não há nos relatos hipotéticos dados suficientes para avaliar a natureza (se leve, grave ou gravíssima), segundo o Código Penal, das lesões sofridas pelos supostos ocupantes da aeronave.

O Art. 129 do Código Penal Brasileiro, contudo, define lesão corporal como a ofensa à integridade corporal ou à saúde de outrem. Assim, pelos relatos fictícios, mesmo sem adentrar a gravidade das lesões, houve ofensa à integridade dos ocupantes da aeronave. Nesse mesmo sentido, diz-se sobre as mortes. Desse modo, há a aplicabilidade, em tese, do Art. 263 do Código Penal o qual dispõe que, em resultando lesão corporal ou morte, deverá ser aplicado o Art. 258 do Código Penal.

Assim, extrai-se do texto legal citado abaixo que, no caso em tese, dadas as lesões corporais e as mortes resultantes e a culpa evidenciada no caso, a pena teoricamente cominada deverá ser aumentada de metade.

Art. 258 - Se do crime doloso de perigo comum resulta lesão corporal de natureza grave, a pena privativa de liberdade é aumentada de metade; se resulta morte, é aplicada em dobro. No caso de culpa, se do fato resulta lesão corporal, a pena aumenta-se de metade; se resulta morte, aplica-se a pena cominada ao homicídio culposo, aumentada de um terço.

Ademais, os fatos hipotéticos relatados não permitem mais aprofundamentos sem se afastarem do escopo pretendido neste trabalho. Dessa forma, cumpre-se tecer as considerações finais.

## 5 CONCLUSÃO

Em síntese, dos relatos hipotéticos apresentados, pode-se extrair que o acidente (em termos penais, a exposição da aeronave ao perigo) deu-se por falta de combustível no motor da aeronave. A falta de combustível deu-se devido à seleção incorreta da válvula de comando do combustível. Assim, pelo relato hipotético, o suposto piloto não realizou *checklist* pré-voou ou o realizou omissivamente.

Nesse sentido, o Art. 361 do Código Penal Brasileiro estabelece o delito de atentado contra a segurança de transporte marítimo, fluvial ou aéreo, e o Art. 263, também do Código Penal, estabelece a forma qualificada deste delito. Observe-se que ambos estão em pleno vigor no Brasil.

De fato, conduta é todo comportamento humano consciente e com finalidade. Se dolosa, essa conduta é dirigida à prática do ilícito penal. Se eventual, o dolo é a assunção do risco da produção do resultado. Nesse contexto, vislumbra-se que o suposto piloto não pretendeu realizar a conduta típica (expor a aeronave a perigo), pois realizou os procedimentos previstos, com exceção daquele que, teoricamente, teria evitado o acidente.

Corroborando isso, está evidenciado que o piloto hipotético ‘se esqueceu’ de realizar o *checklist* pré-voou ou o realizou de forma omissiva. Portanto, não há adequação típica ao *caput* do Art. 261 do Código Penal Brasileiro por falta do elemento dolo, seja na modalidade eventual, seja na modalidade direto.

Dessa forma, em tese, o piloto agiu e houve resultado, mas a conduta não foi dirigida ao resultado, portanto, houve a quebra do dever objetivo de cuidado e, não, dolo. Assim, considerando-se que uma pessoa média diligente efetuaria rigorosamente todos os *checklist* pré-voou, verificando item por item, tem-se que este é o cuidado objetivo necessário ou o dever objetivo de cuidado. A conduta do suposto piloto, contudo, não condiz com esse dever de cuidado, estando, dessa forma, caracterizada a conduta culposa.

Nesse contexto, após a conduta acima, o suposto piloto teria o dever de evitar o resultado. Agiu, praticou as diligências necessárias recomendadas, mas não evitou o acidente. Assim, além da conduta culposa, o fato é culpável (culpabilidade).

Com efeito, a previsibilidade do resultado e a não previsão do resultado são elementos do injusto culposos. Assim, em tese, o piloto tinha total possibilidade de prever que não realizar ou realizar com omissão o *checklist* pré-voou poderia levar ao acidente. Em contrapartida, não há evidência de que o piloto previu que, de fato, ocorreria o acidente. Assim, esses dois elementos do injusto culposos são, teoricamente, verificáveis na conduta do piloto, de modo que, em tese, houve conduta culposa do piloto, havendo subsunção ao Art. 261, §3º, do Código Penal Brasileiro.

Cumpra apenas analisar que o piloto tinha plena capacidade e habilidades para exercer suas atividades. A culpa, em tese, do piloto deu-se por uma omissão. Portanto, houve culpa na modalidade negligência, pois agiu sem os devidos cuidados.

No acidente, duas pessoas morreram e duas pessoas sofreram lesões corporais, que, em tese, enquadram-se no conceito penal do Art. 129 do Código Penal Brasileiro. Desse modo, deverá ser aplicado, em tese, os Arts. 263 e 258 do Código Penal Brasileiro, resultando no aumento da pena cominada.

Ademais, deve-se aduzir, diante da vigência do Código Penal Brasileiro, que, quando o incidente acidente aeronáutico se enquadrar em algumas das hipóteses previstas, a pena será aplicada. Assim, os acidentes aeronáuticos poderão ser criminalizados.

Nesse sentido, tem-se que é de suma importância para todos os pilotos, controladores e demais profissionais da aviação terem sempre em mente que um mero esquecimento ou omissão em realizar algum procedimento previsto pode trazer sérias implicações jurídicas, inclusive a criminalização mencionada. Tendo isso em mente, esses profissionais estarão com a atenção voltada para todos os procedimentos, implicando, assim, mais segurança operacional.

Trata-se, por todo o exposto, de uma falácia afirmar que incidentes ou acidentes aeronáuticos serão descriminalizados no Brasil, visto a vigência do atual tipo penal do Código Penal Brasileiro. Reitere-se que a discussão deste trabalho versa sobre a criminalização de acidentes aeronáuticos, conduta tipificada como a exposição de aeronave a perigo.

Não se trata, portanto, de criminalização da investigação técnica do acidente, conduzida pelo SIPAER, mas do acidente em si, pela exposição da aeronave a perigo, queda ou destruição. Assim, deve ser destacada essa distinção entre a criminalização do acidente aeronáutico e a criminalização da investigação técnica do acidente aeronáutico. A criminalização do acidente é uma realidade no sistema jurídico brasileiro. A criminalização da investigação do SIPAER vai contra todo o sistema jurídico brasileiro, não aceita em hipótese alguma.

De fato, mesmo com a criminalização, não haverá prejuízo para a prevenção de acidentes aeronáuticos. A investigação jurídica, que poderá levar ao processo judicial e à eventual condenação, é independente da investigação técnica, com finalidade preventiva. Com efeito, das conclusões expostas, pode-se deduzir que a criminalização se soma à finalidade preventiva da investigação técnica. Diga-se que o caso criado contempla apenas algumas das ilimitadas possibilidades que poderão ser conjecturadas e estudadas para desenvolver e aprofundar o debate.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos pelo belo trabalho na Revista Conexão SIPAER e pela oportunidade de publicar este artigo científico neste periódico tão conceituado no meio aeronáutico. Agradeço aos meus familiares e amigos que estiveram presentes durante a construção deste trabalho de investigação, sobretudo pelas horas furtadas ao convívio e pela compreensão da importância de se elaborar uma contribuição científica.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Gilson Gilvan Conejo. **Diferença entre Negligência, Imprudência e Imperícia**. Disponível em: <<http://www.prevencaonline.net/2011/02/diferenca-entre-negligencia-imprudencia.html>>. Acesso em: 24 jan. 2017.
- BITENCOURT, Cezar Roberto. **Tratado de direito penal, 4: parte especial: dos crimes contra a dignidade sexual até dos crimes contra a fé pública**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. E-book.
- BRASIL. Decreto-lei nº 2.848, de 07 dez. 1940. **Código Penal Brasileiro**.
- BRASIL. Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica nº 3-13, de 2014. Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica. **Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/category/1-nsca-norma-do-sistema-docomando-da-aeronautica?download=33%3Anasca-3-13>>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- CAPEZ, Fernando. **Curso de direito penal**. São Paulo: Saraiva, 2012. 1 v. E-book.
- GRECO, Rogério. **Código Penal: Comentado**. 11. ed. Niterói: Impetus, 2017.
- FREITAS, Wesley R. S.; JABBOUR, Charbel J. C. Utilizando estudo de caso (s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **Estudo e Debate**, Lajeado, v. 2, n. 18, p.07-22, 2011. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148238/mod\\_resource/content/1/Protocolo de estudo de caso.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148238/mod_resource/content/1/Protocolo%20de%20estudo%20de%20caso.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- HONORATO, Marcelo. **Crimes Aeronáuticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015.
- JESUS, Damásio de. **Curso de direito penal, volume 1: parte geral**. 23. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.
- NUCCI, Guilherme de Souza. **Manual de direito penal**. 11. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2015. E-book.
- WIKIPÉDIA. **Pipeta**. Wikipédia, 2013. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Pipeta>>. Acesso em: 24 jan. 2017.....

---

# Os Riscos de *Mast Bumping* por Oscilação Induzida pelo Piloto em Helicóptero Bipá Monomotor a Pistão

Diego Antônio Ortega Cunha <sup>1</sup>

1 Pós-graduado em Segurança de Voo pela Universidade Anhembi Morumbi; Piloto comercial de helicóptero.

---

**RESUMO:** Os helicópteros bipás monomotores a pistão representam uma alternativa importante na formação do piloto e no uso profissional devido a sua menor complexidade e baixo custo quando comparado a aeronaves maiores. No entanto, devido a características inerentes à operação desse tipo de equipamento, o excesso de controle por parte do piloto ou a falta de aplicação de comandos no momento adequado podem gerar oscilações induzidas que entram em conflito com as frequências naturais do helicóptero, podendo causar acidentes. Eventos de oscilações induzidas pelo piloto têm sido reportados recentemente, e o governo da Nova Zelândia colocou a operação de helicópteros bipás de um fabricante em uma lista de alerta, devido a uma série de acidentes que envolveram, inclusive, a separação do rotor principal em voo. Acredita-se que um estudo mais aprofundado sobre o assunto não só seria pertinente como necessário. O objetivo deste estudo é avaliar os riscos de *mast bumping* causados por oscilações induzidas pelo piloto em helicópteros bipás monomotores a pistão, discutir as técnicas de pilotagem como aspectos contribuintes para os acidentes além de propor alternativas que possam mitigar os riscos na operação.

**PALAVRAS CHAVE:** Helicóptero. Oscilação. Risco.

## Mast Bumping Risks Due to Pilot-Induced Oscillation 'S in Two-Bladed Single - Engine Piston Helicopter

**ABSTRACT:** The piston single-engine two-bladed helicopters represent an important alternative in pilot training and professional use due to its lower complexity and low cost when compared to larger aircraft. However, due to inherent characteristics of the operation of this type of equipment, too much control by the pilot or the lack of application of commands at the appropriate time can generate induced oscillations that conflict with the natural frequencies of the helicopter and may cause accidents. Events of pilot-induced oscillations have been recently reported and the New Zealand government put the operation of a famous manufacturer's two-bladed helicopters on an alert list due to a series of accidents involving the separation of the main rotor in flight. We believe that further study on the subject would not only be relevant but necessary. The objective of this study is to evaluate the risks of mast bumping due to pilot-induced oscillations in single-engine piston two-bladed helicopters, discuss pilot techniques as contributing factors for accidents, and propose alternatives that may mitigate operational risks.

**KEY WORDS:** Helicopter. Oscillation. Risk.

**Citação:** Cunha, DAO. (2018) Os Riscos de *Mast Bumping* por Oscilação Induzida pelo Piloto em Helicóptero Bipá Monomotor a pistão. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 26-39.

### 1 INTRODUÇÃO

No início da década de 60, o governo americano observou, durante o desenvolvimento de aviões e helicópteros militares, uma série de comportamentos inesperados envolvendo o controle das aeronaves. Inicialmente confundidos com dificuldades de manobras inerentes à construção de cada aeronave, aos poucos os fenômenos observados foram percebidos como um padrão específico.

Em oito de junho de 1959, o modelo X-15, criado pela North American, era um avião com motor de foguete construído para estudar os regimes de voo em condição hipersônica. Desenvolvido em parceria com a National Aeronautics and Space Administration – NASA, ele apresentou uma série de oscilações durante a aproximação e o pouso.

Em 26 de janeiro de 1960, um caça de treinamento fabricado pela Northrop denominado T-38 desenvolveu oscilações mais tarde relacionadas à alta velocidade *versus* distribuição de peso.

Em um período que vai de 1978 até 1985, três helicópteros trimotores à reação, do modelo CH-53-3, passaram por um fenômeno semelhante. Durante atividades de transporte de carga externa suspensas por cabo, entraram em oscilações de tal magnitude que a tripulação foi obrigada a alijar a carga para recuperar o controle da aeronave.

Nas três ocorrências descritas acima, as aeronaves foram envolvidas por um mesmo fenômeno envolvendo oscilações crescentes somadas à dificuldade de controle. Nascia então o estudo científico das oscilações induzidas pelo piloto ou em inglês, *Pilot Induced Oscillation* - PIO, que podem ser definidas como:

A oscilação induzida pelo piloto resulta da interação do piloto e da dinâmica do veículo que está sendo controlado. Ela pode ser causada ou afetada por inúmeros elementos do projeto da aeronave ou da tarefa de sua missão. A P.I.O. afeta a habilidade do piloto de cumprir uma determinada tarefa, de um espectro que parte de um movimento aleatório da aeronave impossibilitando o cumprimento da tarefa até, nos casos mais extremos, comprometendo a segurança da aeronave e da tripulação. Por ocorrer esporadicamente, as P.I.O. podem ser um dos mais insidiosos problemas referentes às qualidades de voo (KLYDE; MAYERS; MCRUER, 1995, p.3).

Desde então as oscilações induzidas têm sido pesquisadas por fabricantes de aeronaves e agências espaciais com o objetivo de entender o fenômeno e projetar veículos com uma menor predisposição às oscilações. Porém, a capacidade humana de adaptação e seu comportamento em voo tornam as oscilações difíceis de serem previstas.

Os três elementos responsáveis pelas oscilações induzidas são a aeronave, o piloto e o meio onde atuam, dividido este último em aspectos meteorológicos e operacionais. Fatores como o tipo de operação a ser realizada, além de variáveis envolvendo distrações; sobrecarga de trabalho; *stress*; e diferentes intensidades de vento, temperatura e turbulência; funcionam como um gatilho para o início das oscilações e devem ser levados em consideração.

Segundo a Federal Aviation Administration – FAA, em seu Helicopter Instructor’s Handbook de 2012, de uma maneira geral helicópteros são projetados e construídos para serem controláveis. Por sua vez, os aviões são projetados e construídos para serem estáveis. Os helicópteros possuem, por princípio, uma instabilidade dinâmica, e o seu pleno controle exige por parte do piloto dedicação, paciência e coordenação motora.

“As oscilações induzidas pelo piloto são com muita frequência de natureza repentina; a instabilidade das interações do sistema veicular do piloto de asas rotativas se desenvolve em poucos segundos até níveis incontrolláveis para o piloto”. (PAVEL; YILMAZ; JUMP; LU, 2013, p.2). Diante dessa ameaça, faz-se necessária a ciência por parte de fabricantes, operadores e pilotos dos riscos envolvidos e uma pesquisa mais assertiva para um melhor entendimento do fenômeno e suas causas.

## 2 METODOLOGIA

Partindo da tríade do Centro de Investigação e Prevenção Aeronáutica - CENIPA, “A máquina, o homem, o meio”, o objetivo deste artigo científico é compreender as interações entre o helicóptero, o ser humano e o ambiente de atuação quando a sinergia entre esses elementos é conflitante, e as oscilações induzidas se desenvolvem, muitas vezes, de maneira catastrófica, como no caso de um *mast bumping* severo. Propor caminhos a partir das descobertas feitas para gerenciar o risco de oscilações induzidas pelo piloto nas operações envolvendo helicópteros bipás monomotores a pistão é o nosso objetivo.

### 2.1 A MÁQUINA, O HOMEM E O MEIO

Segundo o Helicopter Flying Handbook da Federal Aviation Administration - FAA, um helicóptero pode ser definido como uma aeronave cujas sustentação e propulsão se dão por meio de um ou mais rotores horizontais, possuindo cada rotor duas ou mais pás girando em volta de um mastro. Seu nome é uma adaptação da palavra hélicoptère, criada pelo francês Gustave de Ponton d’Amécourt em 1861, utilizando os termos gregos helikos (espiral) e pteron (asa).

Apesar do conceito antigo e de trabalhos extraordinários de pioneiros como Juan de La Cierva em 1922 e Herman Fokker em 1938, o helicóptero, tal qual conhecemos hoje, foi desenvolvido em 13 de fevereiro de 1942, por Igor Sikorski, com seu modelo R-4. Ele consistia em uma aeronave dotada de um rotor principal, um rotor de cauda e motorização a pistão. Esse tipo básico de helicóptero viria a ser um dos mais populares pela simplicidade de projeto e menor custo.

Para o estudo foi observado o modelo denominado Robinson 22 - R22, fabricado pela Robinson Helicopter Company desde 1979, em Torrance, Califórnia. Segundo o Pilot Operating Handbook - POH, em sua seção de número sete, o R22 é descrito como um helicóptero de dois lugares com rotor principal único, monomotor, construído principalmente em metal e equipado com trem de pouso tipo esquí. É uma máquina cuja hora de voo é relativamente barata e utilizada como porta de entrada para a formação de pilotos em geral.

O rotor principal de um R22 é classificado como semirrígido, constituído por um cubo e duas pás de metal com articulações que podem variar seu ângulo de passo.

A articulação de passo é considerada, por Cruz, a mais importante entre as demais. É por intermédio dessa articulação que o piloto atua na variação coletiva e cíclica do passo das pás. Variando o passo, as forças aerodinâmicas existentes no conjunto dos rotores principal e de cauda aumentam ou diminuem, produzindo os deslocamentos do helicóptero (LÍRIO *apud* CRUZ, 2012).

As pás também possuem uma articulação para modificar sua altura em relação ao eixo longitudinal do cubo do rotor, o que é conhecido por batimento. O rotor é conectado à caixa de transmissão principal por um longo mastro e essa, por sua vez, é

acoplada ao motor por meio de correias acionadas por embreagem. Da transmissão principal sai um eixo que movimenta a transmissão do rotor de cauda, constituído por duas pás de metal com uma revolução de cinco para um em relação ao rotor principal. O motor carburado, com quatro cilindros opostos, refrigerado a ar e com sistema de cárter úmido é responsável por fornecer a potência necessária à aeronave em todos os regimes de voo. Um ventilador acoplado diretamente ao eixo do motor é responsável pela refrigeração do grupo motopropulsor.



**Figura 1** – Helicóptero modelo Robinson 22 (Fonte: HELICOPTER TOUR, 2016).

Uma das primeiras coisas que chama a atenção em relação a um helicóptero acionado é a quantidade de partes móveis, sua vibração e seu ruído. Rotor principal, rotor de cauda, motor e transmissão trabalham com velocidades diferentes gerando frequências distintas.

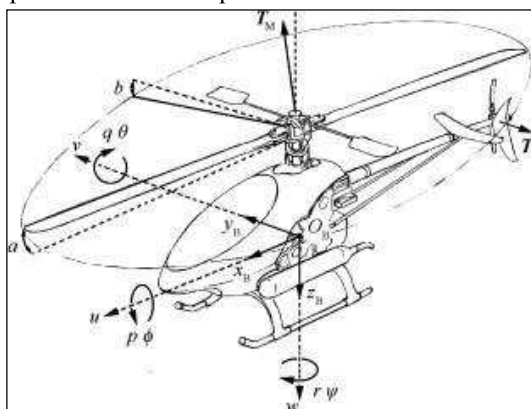
A respeito dos controles do helicóptero, inicialmente temos o cíclico, cuja função é modificar a direção da aeronave alterando o ângulo de passo das pás ciclicamente. A cada revolução das pás do rotor principal, o helicóptero pode ser conduzido para frente, para trás ou para os lados, sendo o cíclico um comando primário de velocidade e secundário de altura.

Um segundo comando chamado de coletivo é responsável pelo ganho ou perda de altura da aeronave ao alterar coletivamente o passo das duas pás do rotor principal. Essa alavanca, ao ser puxada para cima, aumenta a sustentação da aeronave e, ao ser empurrada para baixo, a diminui. O coletivo é um comando primário de altura e secundário das rotações por minuto desenvolvidas pelo motor.

Um manete de potência é acoplado à alavanca do comando coletivo e pode ser acionado pelo piloto para modificar o regime de rotações por minuto do motor, ou até mesmo reduzi-lo para a marcha lenta.

Por fim, os pedais alteram o ângulo de passo das pás do rotor de cauda e permitem o giro do aparelho para esquerda ou direita em relação ao seu eixo vertical. Outro aspecto importante é a interdependência dos comandos do helicóptero durante o voo. A aplicação de cada comando interfere nos demais e exige, por parte do piloto, uma coordenação harmônica entre eles, segundo o Helicopter Instructor's Handbook - FAA.

A título de exemplo, o rotor principal e a fuselagem possuem tempos distintos de atuação que devem ser respeitados. Ao se deslocar a aeronave para a frente, o rotor principal se inclina nessa direção ao mesmo tempo em que, por questões envolvendo a inércia, a fuselagem tende a manter a posição original. Algum tempo depois é que a fuselagem acompanha o movimento do rotor gerando um comportamento em voo mais conhecido como efeito pendular. Isso significa que um helicóptero possui um padrão de oscilação natural que tende a aumentar com o tempo e pode resultar na possibilidade da perda de controle do aparelho, devendo então ser corrigido e controlado pelos comandos do piloto.



**Figura 2** – Eixos de movimento de um helicóptero (Fonte: SCIENCE DIRECT, 2015)

Em se tratando de oscilação induzida pelo piloto pode-se dizer que os comandos aplicados podem entrar em conflito com a oscilação natural do aparelho, ampliando e agravando a sua atuação durante o voo. Segundo o Rotorcraft Flying Handbook produzido pela FAA em 2000:

Por conta da natureza do atraso da resposta da aeronave, é possível que as correções estejam fora de sincronia em relação aos movimentos da aeronave e agravem as indesejadas mudanças de atitude da mesma. O resultado é que o PIO, ou oscilações não intencionais podem crescer rapidamente. (FAA, 2000).

A consequência de tal atitude pode ser desde a dificuldade ou impossibilidade do piloto de realizar a tarefa a qual se propôs até a destruição da aeronave e morte de seus ocupantes.

Até agora foram descritas as características relativas à dinâmica do helicóptero, sua dificuldade natural de aprendizado e sua participação no fenômeno da oscilação induzida. A seguir será abordado o segundo componente necessário para essa condição: o elemento humano.

Segundo David Klyde em seu Unified Pilot Inducing Oscillation Theory: PIO Analysis with Linear and Nonlinear Effective Vehicle Characteristics, Including Rate Limiting de 1995, as capacidades humanas de adaptação e aprendizado permitem ao piloto modificar a dinâmica do voo em si e ao mesmo tempo se ajustar a cada nova modificação do sistema.

Referente ao fator humano, as respostas aos estímulos dentro da cabine de um helicóptero podem ser divididas em duas vertentes: biomecânicas e comportamentais.

Segundo o dicionário Houaiss de língua portuguesa a definição da palavra Biomecânica é: “Ramo da biologia que se ocupa da aplicação das leis da mecânica às estruturas orgânicas vivas, especialmente ao aparelho locomotor do ser humano”. Por sua vez, a capacidade de um organismo manter a saúde do corpo recebe o nome de Homeostase.

Homeostase foi o termo criado a partir dos radicais gregos homeo “igual” e stasis “ficar” pelo fisiologista americano Walter Cannon em 1929. “A homeostasia é a propriedade autoreguladora de um sistema, ou organismo, que permite manter o estado de equilíbrio de suas variáveis físico-químicas essenciais ou de seu meio ambiente”. (CANNON, 1929)



**Figura 3** – Biomecânica do ser humano (Fonte: NBCI, 2007)

No volume I do Harrison's Principles of Internal Medicine de 1998, a temperatura oral média global dos indivíduos sadios com idade de 18 a 40 anos é de  $36,8 \pm 0,4^\circ\text{C}$ . Temperaturas corporais abaixo de  $35^\circ\text{C}$  ou acima de  $40^\circ\text{C}$  já são classificadas como hipotermia e hipertermia. Umidades relativas do ar menores que 12% são consideradas perigosas para a saúde e pressões inferiores a 522.6 mmHg aumentam rapidamente a fadiga e prejudicam a capacidade de julgamento. Isso significa que, para manter seu equilíbrio, o corpo humano precisa trabalhar dentro de uma estreita faixa de temperatura, umidade e pressão.

A ergonomia possui também um papel importante na relação piloto-máquina uma vez que a postura dentro da cabine muitas vezes não é a mais adequada. A coluna vertebral normalmente está rotacionada, com o tronco desalinhado em relação aos braços e pernas estimulando a assimetria muscular que somada à proximidade das vibrações do mastro do rotor produz dores intermitentes ou crônicas.

Complementando os aspectos biomecânicos temos os comportamentais, que são divididos em três categorias: Compensatório, Perseguição e Pré-Cognitivo. O comportamento Compensatório “está presente caracteristicamente quando os comandos e perturbações apresentam aparência randômica e quando a única informação recebida pelo piloto consiste em erros sistemáticos ou resultados de ação da aeronave” (KYLE; MCRUER; MYERS, 1995, p.6).

Já o comportamento de Perseguição pode ser definido como uma antecipação de cenário por parte do piloto e consequentemente com comandos corretivos nas perturbações percebidas, geralmente no sentido oposto. Por exemplo, a



aeronave começa a subir, e o piloto aplica coletivo para baixo com a intenção de anular o movimento e retornar à condição de equilíbrio anterior (IDEM, 1995).

A última categoria é denominada Pré Cognitiva e representa, em termos de controle do equipamento, o ápice da integração homem-máquina. As perturbações não apenas são percebidas como antecipadas, e a aplicação dos comandos é proporcional às perturbações. O comportamento do helicóptero é perfeitamente controlado pelo piloto em todos os seus aspectos, e no jargão aeronáutico é dito que o piloto “vestiu” a máquina, tal como uma peça de roupa feita sob medida. Quando se atinge esse grau de excelência, o comportamento Pré-Cognitivo recebe o nome de Sincrônico (IBIDEM, 1995).

Os comportamentos citados anteriormente evoluem de seu grau mais básico, no caso o Compensatório, para o mais elevado, o Sincrônico, dependendo de inúmeros fatores como por exemplo a experiência do piloto, seu bem-estar e sua capacidade de concentração. No entanto, comportamentos anormais podem surgir e serem os precursores das oscilações induzidas; um “inapropriado comportamento organizacional, uma adaptação ruim ao equipamento, excesso de comando, uma transição entre as categorias de comportamento como de Perseguição para Compensatório, Pré-Cognitivo para Compensatório...” (IBIDEM, 1995, p.10).

As oscilações induzidas pelo piloto, para fins de pesquisa, também são divididas em três categorias, numeradas em algarismos romanos de I a III. Ainda que para o piloto saber se está sofrendo a categoria I, II ou III não faça diferença, para o cientista a análise dos dados obtidos ajudam no sentido de compreender as causas do problema e, assim, desenvolver projetos de aeronaves menos propensas às oscilações (IBIDEM, 1995).

A categoria I descrita por Klyde, McRuer e Myers (1995) engloba as oscilações chamadas de Lineares, as quais o comportamento do piloto pode ser Compensatório, Perseguição ou Pré-Cognitivo com o diferencial de que não existe uma transição de comportamentos durante a pilotagem, e tampouco existe uma frequência de variação irregular nas características dinâmicas da aeronave, ou seja:

“As oscilações piloto-aeronave nessa categoria podem ser casuais, facilmente repetidas, facilmente eliminadas por um controle mais brando e geralmente não constituem uma ameaça”. (IBIDEM, 1995, p.12)

Apenas com uma aplicação de comando mais brusca essa oscilação pode se tornar uma ameaça, e as características principais da categoria são intervalos de atraso na aplicação dos controles.

Segundo os mesmos autores, a categoria II ou Semilinear é bem mais severa, com oscilações que chegam até o limite dos controles e possuem um desenvolvimento mais errático, sendo portanto, mais difíceis de se prever e de se eliminar.

Já a categoria III é a mais rara e a mais perigosa de todas as três. Essencialmente não-linear, é difícil de ser prevista até mesmo por equações complexas e, normalmente, cresce rapidamente em amplitude até a destruição da aeronave em um intervalo de poucos segundos. Ela reúne características de instabilidade do projeto com alternâncias de comportamento do piloto (KLYDE, MCRUER, 1995).

Essas oscilações induzidas fundamentalmente dependem de transições não lineares tanto do efetivo controle dos elementos dinâmicos, ou do comportamento dinâmico do piloto. As mudanças dos elementos dinâmicos controlados podem estar associadas com a intensidade das respostas do piloto, ou podem ser devido a mudanças internas simultaneamente envolvendo o sistema de controle ou configurações de propulsão/aerodinâmicas, mudanças de comportamento, etc. (IBIDEM, 1995, p.12)

Durante a instrução de voo, a dificuldade de adaptação em uma aeronave, uma organização deficiente de cabine e os excessos de comando são situações comuns, e é possível que, por conta delas, surjam oscilações induzidas pelo piloto. Por sua vez, segundo McRuer (1995), a transição entre os comportamentos independe da experiência do piloto e, também, podem ser causados por fatores externos ou internos que serão apresentados a seguir.

Encerrando o fator humano, é preciso que se fale ainda de um comportamento denominado “Retenção de Pós Transição”. Esta ação pode ser definida como uma tendência conservativa de comportamento em relação a uma determinada condição de equilíbrio (IBIDEM, 1995).

Por exemplo, um piloto está aplicando os comandos de maneira adequada para uma determinada situação de voo e, subitamente, a aeronave sofre uma perturbação. Diante do novo cenário, existe uma tendência presente no piloto de manter por um pequeno intervalo de tempo a mesma aplicação dos controles da condição inicial. Durante essa mudança existe um intervalo de adaptação por parte do ser humano visando a uma aplicação diferente nos controles que satisfaça a nova condição e restaure um novo equilíbrio. O homem e a máquina, em sua busca pela correta integração, agora dependem também de um terceiro elemento: o meio.

O meio é o elemento responsável por iniciar o fenômeno da oscilação induzida atuando na máquina ou no ser humano ou ainda em ambos os elementos. Devido a essa característica, o meio pode ser chamado de evento desencadeador ou gatilho, e a quantidade de fatores contribuintes pertencentes ao meio são de tal maneira variadas que o entendimento mais completo do fenômeno torna-se bastante difícil.

Os eventos desencadeadores podem causar mudanças súbitas na dinâmica da aeronave e nas reações do piloto, as quais induzem a aplicações corretivas que iniciam os eventos de oscilação induzida. Os eventos externos principalmente, contém manobras evasivas, tesoura do vento, rajadas de vento, vórtices, formação de gelo e turbulência de ar claro. Eventos gatilho relacionados ao sistema da aeronave principalmente incluem mau funcionamento das superfícies de controle, oscilação nos sistemas de voo, modificações nas configurações e falha no sistema de controle da potência. (LIU, 2012, p.6)

A meteorologia tem um papel importante como evento gatilho. A atmosfera é um ambiente dinâmico com variações de temperatura, pressão, precipitações, direção e intensidade dos ventos. É nesse ambiente que o helicóptero opera, e é nele que as perturbações são sentidas com mudanças marcantes em questão de minutos. Um exemplo comum é uma corrente ascendente atingindo a aeronave que precisa se manter à determinada altitude em um corredor visual. O piloto precisa compensar o incremento de altura com uma aplicação efetiva de coletivo para baixo, afim de se manter dentro dos limites estipulados de altitude para o referido corredor visual.

O voo em uma terminal congestionada é outro fator que exige muita atenção. É necessário que as aeronaves mantenham comunicação constante para se assegurar das posições de cada uma delas dentro do espaço aéreo. Dessa forma é possível se mantenha uma separação segura entre as aeronaves. A proximidade excessiva pode levar a manobras evasivas que podem disparar as oscilações induzidas associadas a uma alta carga de trabalho por parte do piloto.

A instrução de voo e a adaptação a uma nova aeronave são outros fatores contribuintes para as oscilações. Os movimentos de um aluno iniciante em uma máquina que exige suavidade no manejo normalmente são amplos e, algumas vezes, até agressivos. A interdependência entre os comandos e o nervosismo por parte de quem está aprendendo colaboram para tirar o equipamento de seu equilíbrio em um padrão oscilatório crescente e exigindo uma atuação antecipada e efetiva por parte do instrutor. No caso da adaptação, os hábitos adquiridos na aeronave anterior podem se manifestar no modelo atual e interferir na pilotagem, independente da experiência de quem estiver nos comandos.

O risco de colisão com fauna ou balões são eventos que exigem uma atitude imediata por parte do piloto e podem ser desencadeadores de oscilações, além de distrair o piloto de suas tarefas. Em caso de impacto, as pás do rotor principal podem sofrer alterações e prejudicar o controle da aeronave, criando uma situação de emergência e uma sobrecarga de trabalho. Isso se deve ao fato de que a sustentação de um helicóptero e sua propulsão fazem parte de um mesmo conjunto e estão integradas em seu rotor principal (LÍRIO apud ANDRADE, 2012).

Em seu artigo Levels of Pilot Gain de 2011, Frank Lombardi descreve o termo “ganho” como a razão de resposta de um piloto a um erro, ou o nível de agressividade na aplicação dos comandos. Isso depende de características pessoais, stress, tipo de missão, características da aeronave e o treinamento que cada piloto recebeu. Para um melhor entendimento, ele cita o exemplo de alguém conduzindo uma bicicleta em uma rua larga e pouco movimentada, na qual a condução da bicicleta é feita de maneira suave e com correções mínimas ou de “baixo ganho”. Se a mesma pessoa decide pedalar em uma rua movimentada e sobre uma estreita faixa branca entre os carros, suas correções serão mais agressivas, e os controles da bicicleta serão pressionados com mais força, em uma atitude de “alto ganho”.

Transportando esse conceito para os helicópteros, uma apreensão mais rígida dos comandos ou de “alto ganho”, seja pela dificuldade da missão, fadiga ou stress, pode eliminar uma coordenação efetiva do controle do helicóptero e criar uma propensão maior às oscilações induzidas. O ambiente operacional é igualmente desafiador e representa outro gatilho para as perturbações na aeronave. Voos de instrução, de transporte de passageiros, de natureza agrícola, de transporte aeromédico, em plataformas marítimas ou de içamento de cargas, entre outros, possuem especificidades próprias e devido ao grau de dificuldade inerente de cada missão podem fazer o piloto ter uma resposta mais agressiva aos comandos, gerando oscilações não desejadas.



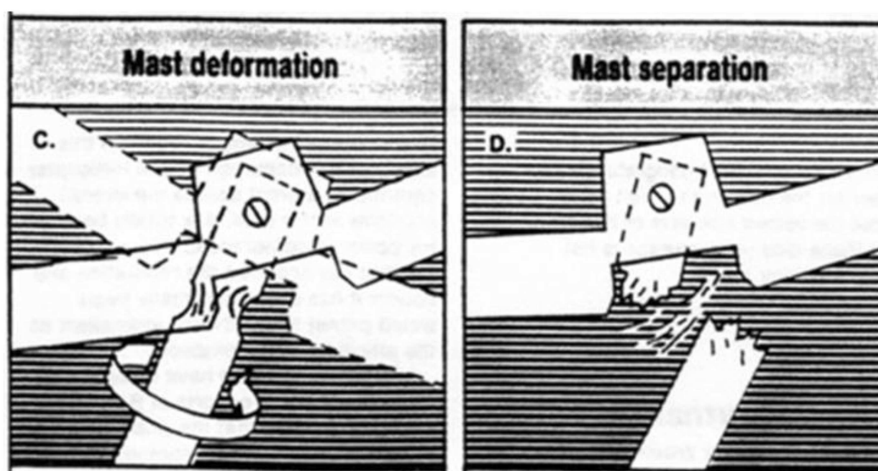
**Figura 4** -R 22 sobrevoando um campo de neve (Fonte: WIDE LENS FILMS, 2017)

Características do projeto da aeronave são importantes para entender o propósito para o qual o helicóptero foi construído, quais são os valores determinantes em sua fabricação e como estes valores podem ter influenciado em uma maior ou menor propensão às oscilações induzidas pelo piloto. Quando Frank Robinson saiu da Hugues Helicopter Company e fundou a Robinson Helicopter Company, em junho de 1973, ele tinha em mente a construção de uma aeronave de asas rotativas de baixo custo, fácil manutenção e que pudesse ser mais acessível. O primeiro modelo da companhia, o R22, recebeu a certificação da FAA em 1979, após três anos e meio de testes e análises. Desde então a Robinson Helicopter Company tem tido muito sucesso nas vendas de seus modelos R22, R44 e R66, tendo atingido a marca de 11.900 aeronaves produzidas em 2016. No Brasil existem, segundo dados do Registro Aeronáutico Brasileiro, 183 aeronaves modelo R22 e 469 aeronaves modelo R44.

## 2.2 OS ACIDENTES ENVOLVENDO O *MAST BUMPING*

Em outubro de 2016, a Transport Accident Investigation Commission, - TAIC incluiu as aeronaves modelo R22 e R44 em sua lista de alerta devido ao alto número de acidentes ocorridos na Nova Zelândia nos últimos dez anos. O número de fatalidades envolvendo acidentes com os modelos de aeronaves fabricados pela Robinson Helicopter tem aumentado a uma taxa considerada alarmante pelas autoridades neozelandesas. Segundo o jornal New Zealand Herald, os R22 e R44 tem uma participação de mais de 35% na frota de helicópteros do país, mas respondem por 49% dos acidentes da última década. Em 100% dos casos fatais o motivo é relacionado com a ruptura e separação do rotor principal com a fuselagem num fenômeno conhecido por *mast bumping*.

O *mast bumping* pode ocorrer no sistema de rotor do tipo gangorra quando um excessivo batimento do rotor principal for o resultado de um baixo “G” (fator de carga abaixo de 1,0 gravidade) ou em um movimento abrupto de comando. Uma condição de voo de baixo “G” pode ser o resultado de um abrupto movimento para trás e para a frente do cíclico em voo reto e nivelado. Alta velocidade à frente, turbulência e glissada excessiva podem acentuar os efeitos adversos destes movimentos de comando. O batimento excessivo resulta em um choque dos componentes da cabeça do rotor com o mastro do rotor principal e uma subsequente separação entre o sistema do rotor principal e o resto do helicóptero. (Robinson POH, 2012)



**Figura 5** –Separação do rotor principal (Fonte: FORTWORTH- STAR TELEGRAM, 1984)

Para efeito de comparação, a Nova Zelândia possui atualmente 300 aeronaves modelos R22 e R44 e sua taxa de acidentes relacionados com *mast bumping* é nove vezes maior que a encontrada nos Estados Unidos, com uma frota de 2700 aeronaves, segundo dados de 2016 da Transport Accident Investigation Commission -TAIC. Esses acidentes envolvem muitas vezes pilotos experientes em um cenário de geografia montanhosa e tem sido objeto de comoção e debate entre fabricantes, pilotos, engenheiros e especialistas na tentativa de entender se esses índices são resultado de um problema de projeto, se são fruto de uma geografia desafiadora ou resultado de técnicas de pilotagem inadequadas.

O fenômeno do *mast bumping* no entanto, refere-se ao contato do cubo do rotor principal com o mastro ou das pás do helicóptero com a fuselagem ou o cone de cauda e nem sempre nessa situação existe a separação de seus componentes. O que existe são danos em maior ou menor grau nas partes atingidas e apenas em uma condição severa pode haver a separação dos componentes em pleno voo.

Outra coisa que se deve ressaltar é que o *mast bumping* e as oscilações induzidas pelo piloto compreendem fenômenos distintos, e que não dependem um do outro para ocorrerem em um helicóptero. Mas, uma vez associados, existe uma possibilidade de que as oscilações induzidas pelo piloto resultem em um *mast bumping* severo seguido de uma separação de componentes, como no acidente descrito a seguir.

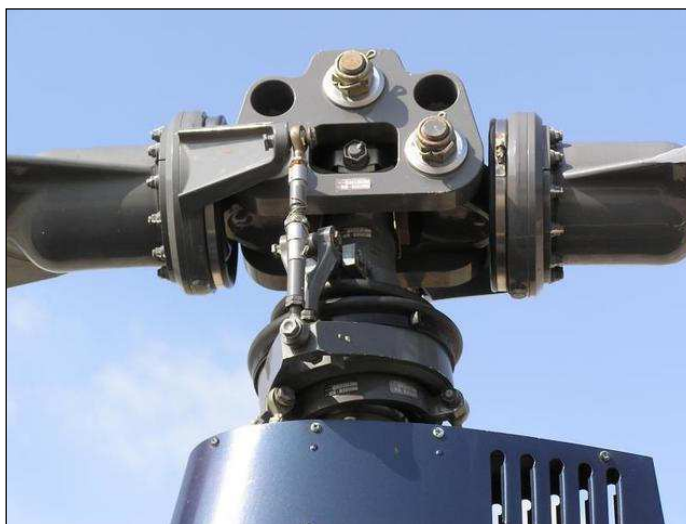
No Brasil registrou-se a ocorrência de um acidente com *mast bumping* envolvendo uma aeronave modelo R66 no Rio de Janeiro em 20 de novembro de 2013. Apesar de ser um helicóptero com motor à reação ele possui duas pás e um cubo de rotor principal do mesmo tipo dos modelos a pistão fabricados pela Robinson Helicopter. Segundo o Relatório Final divulgado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA de número A-207/CENIPA/2013, a aeronave de matrícula PR-MXM decolou do aeródromo de Jacarepaguá (SBJR) para um heliponto em Mangaratiba, na parte da manhã, para um voo de traslado. Durante o procedimento de descida para o local de pouso e voando a 400 ft de altitude, a aeronave perdeu o controle e se rompeu em três partes em pleno ar, vindo a cair na água e matando seu único tripulante.

Dados da investigação indicam que a região por onde a aeronave passou possuía ventos de média e forte intensidade no sentido do continente para o mar e uma topografia elevada contribuindo para a formação de turbulências orográficas. Essa condição constitui cenário favorável à ocorrência do fenômeno *mast bumping* e, apesar de não ter sido possível determinar o quanto a pilotagem contribuiu para o acidente, o Relatório Final não descartou que uma aplicação inadequada dos comandos por parte do piloto possa ter agravado uma condição de baixo “G” e contribuído para um choque entre o rotor principal e o cone de cauda e, posteriormente, na separação deste rotor em voo. Existe a possibilidade de que as oscilações induzidas pelo piloto tenham contribuído para o acidente em questão.

Em 14 de julho de 2014 o CENIPA publicou uma Divulgação Operacional - DIVOP referente ao acidente do PR-MXM, recomendando a todos os pilotos que respeitassem a velocidade estipulada pelo fabricante para voo em ar turbulento, principalmente próximo de elevações. E o mais importante: ao perceber uma condição de baixo “G” e uma tendência de rolagem para a direita nunca comandar o cíclico à esquerda na tentativa de corrigir a aeronave e, sim, aplicar suavemente o cíclico para trás ou completar uma curva à direita para evitar a ocorrência de *mast bumping*.

### 2.3 A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DE PROJETO

Tom McCready, engenheiro de helicópteros especialista em acidentes em sua entrevista para o jornal New Zealand Herald, na edição de 4 de abril de 2017, atribui o alto índice de acidentes encontrados nos modelos fabricados pela Robinson às características únicas do cubo do rotor principal, peça compartilhada pelos modelos R22, R44 e R66. Em um helicóptero bipá semirrígido, as pás irão se comportar como uma gangorra durante o voo, com uma pá subindo enquanto a outra desce pivotadas por um único pino durante a resposta do rotor às forças aerodinâmicas existentes. No caso dos modelos fabricados pela Robinson, o cubo do rotor utiliza três pinos com o objetivo de tornar a aeronave mais manobrável, mas, em contrapartida, segundo McCready, essa característica aumenta a probabilidade de ocorrência de *mast bumping* nos modelos. O fenômeno ocorreria tão rápido que um instrutor não poderia recobrar o comando da aeronave após uma aplicação indevida por parte do aluno, por exemplo. Para o engenheiro, que já esteve em investigações de 30 acidentes dos modelos citados e trabalha com este tipo de rotor de helicóptero desde 1978, apesar da propensão que todas as aeronaves bipás tem de desenvolver o *mast bumping*, os modelos fabricados pela Robinson possuem uma propensão maior comparada com os modelos de outros fabricantes. McCready acredita que, somente redesenhando o cubo do rotor o risco de *mast bumping* seria reduzido.



**Figura 6** – Cubo do rotor de um R22 (Fonte: QORA, 2017)

Por outro lado Kurt Robinson, filho do fundador da Robinson Helicopter e presidente da companhia desde 2010, defende seus modelos afirmando que eles estão presentes em todo o mundo e em nenhum lugar, com exceção da Nova Zelândia, existe um índice tão alto de acidentes causados por *mast bumping*. Ele acredita que isso se deve ao modo como se pilota o helicóptero no país. A Federal Aviation Administration - FAA, em 1990, estudou o modelo de cubo de rotor fabricado pela *Robinson* e não detectou nenhuma diferença no modelo de três pinos que pudesse aumentar a propensão ao *mast bumping*.

Helicópteros como o R22 não possuem qualquer tipo de Flight Data Recorder - FDR que pudesse ser usado para obter os dados de voo e de seus acidentes no intuito de entender a causa raiz do problema. Utilizar pilotos em voos de teste para obter os dados é considerado muito arriscado, devido às características imprevisíveis ao se entrar em uma condição de gravidade negativa ou de baixo ‘G’ em uma aeronave bipá. Segundo a Transport Accident Investigation Commission -TAIC, o uso de modelos computacionais devido à alta tecnologia disponível atualmente poderia resolver a questão.

Em 1998, a escola tecnológica de engenharia aeroespacial da Geórgia conduziu testes em computadores para simular o efeito de mast bumping nos helicópteros bipás, mas, por falta de fundos, as pesquisas foram interrompidas. Além disso, a própria FAA concluiu, na época, que os testes teriam uma “aplicação limitada” e, subsequentemente, sua validação ainda incluiria testes de voo arriscados demais para serem autorizados.

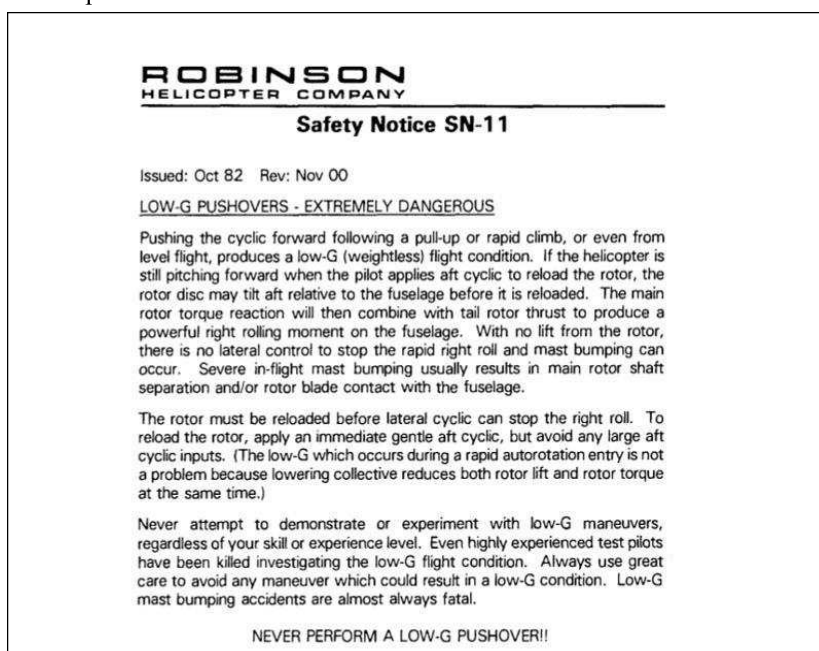
### 3 AS TÉCNICAS DE PILOTAGEM COMO MITIGAÇÃO DAS OSCILAÇÕES

A sustentação e a tração de um helicóptero básico são conseguidas por meio de seu rotor principal. O cubo do rotor principal, onde as pás estão fixadas, sustenta o mastro, o grupo motopropulsor e a fuselagem do helicóptero durante o voo e é o responsável pela sustentação e deslocamento da aeronave. “Simplificadamente, pode-se dizer que o piloto de um avião pilota a fuselagem da aeronave, enquanto que o piloto de helicóptero pilota o rotor principal” (LÍRIO, 2012). Para que o rotor principal possa mudar a direção da aeronave e sua velocidade é preciso que haja uma gravidade positiva atuando sobre ele.

Quando durante uma manobra brusca, a título de exemplo, o helicóptero entre em uma condição de ‘G’ negativo, o rotor principal trabalha sem carga, mas o rotor de cauda continua atuando. Pelo fato de o rotor de cauda estar acima do centro de gravidade do helicóptero e produzir uma força defasada em 90° em relação ao rotor principal, acaba provocando um rápido movimento de rolagem. Com o rotor principal “descarregado” esse movimento não poderá ser contido pelo piloto mesmo que ele aplique todo o cíclico para o lado oposto. A aplicação excessiva de comando faz com que a cada ciclo o cubo do rotor vá desgastando o mastro. Esse contato do cubo ou da raiz das pás com o mastro recebe o nome de *mast bumping* e pode significar desde um pequeno dano no mastro até em uma condição extrema, a ruptura e separação do rotor principal ou que as pás desse rotor atinjam a cabine ou a cauda do helicóptero. No entanto, é preciso ressaltar que nem toda condição de “G” negativo provoca necessariamente a ocorrência de um *mast bumping*, sendo este apenas uma possibilidade, um risco presente neste tipo de manobra.

No caso dos acidentes citados na Nova Zelândia, a geografia pode ter um papel preponderante nas ocorrências. Por ser uma região montanhosa, a incidência de fortes ventos pode provocar turbulências capazes de fazer o helicóptero atingir uma condição de “G” negativo. Somada a essa condição, na visão do fabricante, o comportamento do piloto pode ser decisivo para a ocorrência do acidente.

O manual do fabricante alerta para esse risco e sugere a prática de um voo coordenado, com uma velocidade entre 60 e 70 kt, sem movimentos amplos e abruptos do cíclico. Caso o piloto acabe entrando na condição favorável ao *mast bumping* ele deve, suavemente, aplicar o comando do cíclico para trás com o intuito de “recarregar” o rotor principal para então contrariar o movimento de rolagem provocado pelo rotor de cauda.



**Figura 7** – Nota de segurança do manual do R22 (Fonte: ROBINSON POH, 2012).

Enquanto as discussões entre as características de projeto versus as técnicas de pilotagem não são conclusivas no que se refere aos acidentes de *mast bumping*, ressalta-se a importância de desenvolver um estudo sobre as oscilações induzidas pelo

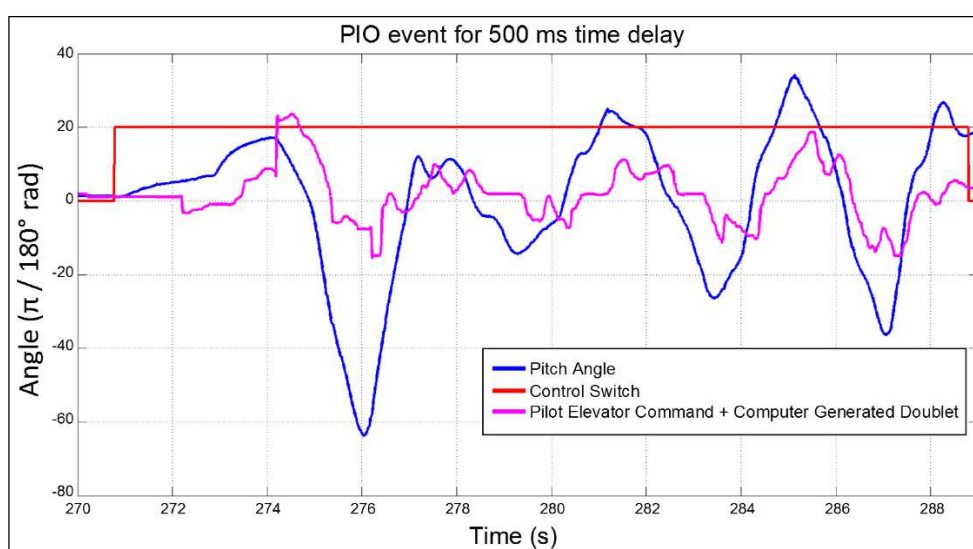


piloto no modelo de helicóptero Robinson 22. Independentemente da possibilidade de uma maior propensão desse modelo bipá ao fenômeno do *mast bumping*, a aplicação de comandos ou a falta destes no tempo adequado por parte do piloto podem agravar a situação.

Dada a popularidade do R22 em todo o mundo, destaca-se a ausência de dados sobre oscilação induzida por pilotos para esse modelo de helicóptero básico. Os estudos encontrados, desenvolvidos na Europa e Estados Unidos, contemplam aeronaves maiores com um ou mais motores à reação e com três pás ou mais em seu rotor principal. O projeto Aristotel, desenvolvido pela França em parceria com outros países da Europa, busca disseminar as informações obtidas em suas pesquisas e, no caso das oscilações induzidas, a aeronave estudada foi o modelo alemão BO-105, com peso máximo de decolagem de 2.300 kg. Em 2011 uma comissão militar americana desenvolveu um estudo sobre as P.I.O. a partir de um acidente envolvendo um Chinook Ch-47D, aeronave com dois rotores em tandem, fabricada pela Boeing, com peso máximo de decolagem de 22.680 kg. Um artigo escrito por pesquisadores na Romênia, em 2014, traz dados de manobrabilidade obtidos com o modelo computacional do helicóptero francês Puma 330, aeronave quadripá, com dois motores à reação e peso máximo de decolagem de 7.000 Kg. Todos os modelos citados são aeronaves de médio e grande porte, de grande complexidade.



**Figura 8** – Helicóptero modelo BO-105 (Fonte: WIKIPEDIA, 2017).



**Figura 9** – Evento de oscilação induzida por tempo (Fonte: AEROSPACE, 2016)

### 3.1 GERENCIAMENTO DE RISCO NAS OPERAÇÕES

O manual de sistema de gerenciamento de segurança publicado pela International Civil Aviation Organization - ICAO em 2013, terceira edição, denominado documento 9859 – *Safety Management Manual*, tem por objetivo utilizar ferramentas de gerenciamento operacional para aumentar a segurança de voo. Naquele mesmo ano ele faria parte de um documento maior que estava sendo elaborado, o Anexo 19 da ICAO - *Safety Management*.

A ideia principal do documento era desenvolver uma ferramenta de gestão de segurança voltada para a aviação. A definição de segurança apresentada pelo documento é a seguinte:

“O estado em que o risco de lesões às pessoas ou de danos aos bens se reduz e se mantém em um nível aceitável, ou abaixo deste, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento dos riscos”.  
(DOC 9859, Cap. 2, 2013, p. 1)

Segundo o documento 9859, Perigo seria “Condição, objeto ou atividade que pode potencialmente causar lesões às pessoas, danos ao equipamento ou estruturas, perda de material, ou redução da habilidade de desempenhar uma determinada função”. Já o gerenciamento dos Riscos “é a avaliação das consequências de um perigo, expressa em termos de probabilidade e severidade, tomando como referência a pior condição previsível”.

		Severidade				
		5 Catastrófica	4 Perigoso	3 Grande	2 Pequena	1 Desprezível
Probabilidade de Ocorrência	1 Extremamente Improvável	5 Revisar	4 Aceitável	3 Aceitável	2 Aceitável	1 Aceitável
	2 Improvável	10 Inaceitável	8 Revisar	6 Revisar	4 Aceitável	2 Aceitável
	3 Remota	15 Inaceitável	12 Inaceitável	9 Revisar	6 Revisar	3 Aceitável
	4 Ocasional	20 Inaceitável	16 Inaceitável	12 Inaceitável	8 Revisar	4 Aceitável
	5 Frequente	25 Inaceitável	20 Inaceitável	15 Inaceitável	10 Inaceitável	5 Revisar

**Figura 10** – Matriz de gerenciamento de risco (Fonte: REVISTA ESPACIOS, 2013)

Para tanto o documento utiliza uma tabela relacionando a probabilidade de um evento ocorrer em uma escala de um a cinco, sendo um, “extremamente improvável” até cinco, “frequente”. O valor encontrado deve então ser associado a uma série de colunas onde a severidade do evento vai da letra “A” até “E”, sendo “E” descrito como “desprezível” ou escala um, e “A” como “catastrófica” ou escala cinco. Com a classificação dos riscos feita, as combinações de números e letras numa matriz podem estar entre um de três resultados possíveis: região aceitável, região tolerável e região intolerável. A primeira opção não é um problema para a operação; a segunda depende de uma melhor avaliação e a terceira não permite que a operação seja realizada. O objetivo é criar ações que movam a operação da região mais crítica para a região tolerável ou idealmente para a região aceitável, mitigando os riscos.



**Figura 11** – Triângulo invertido das regiões de risco (Fonte: PILOTO POLICIAL, 2013).

Acredita-se que a avaliação correta dos riscos de uma operação envolvendo um helicóptero bipá monomotor a pistão pode contribuir para mitigar o risco de oscilações induzidas pelo piloto. A matriz de gerenciamento dos riscos permite ajudar o piloto em seu processo de decisão para seguir com sua tarefa ou tomar medidas precaucionais para operar com um nível aceitável de segurança ou, ainda, não operar o equipamento até que as condições de voo se tornem favoráveis.



Usaremos, por exemplo, uma situação típica de instrução como o aprendizado de uma manobra conhecida como “pairado”. Segundo o “Guia de Procedimentos e Manobras da Rangel Escola de Aviação Civil” (2014, p.17), seu objetivo é: “manter o helicóptero imóvel sobre um ponto da superfície com altura e proa constantes”. É uma manobra executada normalmente à baixa altura e exige grande coordenação por parte do aluno que tem de estar atento ao vento, parâmetros do helicóptero, características do terreno, presença de obstáculos e distrações, entre outras coisas. O instrutor tem de considerar todos os elementos citados acima e incluir também o grau de experiência e o nervosismo do aluno, presentes durante o processo de instrução. A partir da avaliação dos riscos, ele pode dar uma ênfase maior no *briefing* da manobra, ou explicar o fenômeno das oscilações induzidas para seu aluno. O instrutor pode ainda suspender o ensino da manobra por condições meteorológicas desfavoráveis, ou esperar que o aluno esteja com uma maior proficiência em relação aos comandos antes de permitir que ele realize o pairado. Isso irá ajudar o aluno a avaliar todos os fatores que devem ser levados em conta, aumentando a consciência situacional do mesmo.



**Figura 12** – Helicóptero R22 durante o pairado (Fonte: JITZE COUPERUS, 2010),

#### 4 CONCLUSÃO

Ao fim do estudo, pode-se compreender um pouco melhor o que são as oscilações induzidas pelo piloto e sua história, concomitante ao próprio desenvolvimento da aviação, além dos riscos que representam para a operação das aeronaves quando associadas com o *mast bumping*.

O trabalho manteve o foco em helicópteros bipás e monomotores a pistão, representados nesse artigo pelo modelo Robinson 22. Foram exploradas as peculiaridades do voo do helicóptero, suas características aerodinâmicas, a interdependência entre seus comandos e os tipos de frequências assim como a interação biomecânica dos seres humanos e os desafios apresentados pelo meio onde homem e máquina atuam.

Pesquisou-se os acidentes significativos ocorridos na Nova Zelândia envolvendo o fenômeno de *mast bumping* e um acidente com essas características ocorrido com um modelo da Robinson no Brasil. Além das implicações relativas às perdas humanas e materiais percebe-se a necessidade de pesquisas sobre as oscilações induzidas por pilotos em aeronaves de asas rotativas ditas básicas. O baixo custo, versatilidade e popularidade desses modelos justificam o investimento necessário para uma melhor compreensão dos fenômenos físicos envolvidos, da mesma maneira que o desenvolvimento de padrões de pilotagem que façam frente aos riscos associados.

Na impossibilidade a curto prazo de obter esses dados, sugere-se o uso do gerenciamento de risco nas operações realizadas por esses helicópteros, utilizando o sistema de identificação de perigos e de classificação dos riscos desenvolvido pelo documento 9859 e parte integrante do anexo 19 da ICAO, Safety Management. O objetivo é chamar a atenção de fabricantes, operadores, pilotos e órgãos reguladores para o problema e mitigar os riscos de operação. Um trabalho que conte com a participação de todos os atores da aviação de asas rotativas na busca de soluções que aumentem a segurança sem sacrificar ou inviabilizar financeiramente as operações.

Helicópteros, por sua natureza e versatilidade, são máquinas fascinantes, mas, em contrapartida, exigem daqueles que as operam um cuidado especial e, principalmente, uma boa dose de humildade e respeito. Essa lição deve ser sempre lembrada por todos e pode ser encontrada em uma nota de segurança SN-18 do Pilot's Operating Handbook - POH da aeronave Robinson 22:

“Quando pilotado de forma apropriada e conservativa, os helicópteros são potencialmente as aeronaves mais seguras já construídas. Mas os helicópteros são também, provavelmente, os que menos perdoam erros. Eles devem ser sempre voados na defensiva. O piloto deve permitir a si mesmo uma margem de segurança sempre maior àquela que ele julgar necessária, por via das dúvidas” (Robinson POH, 2013, p.8).

## REFERÊNCIAS

- AFLOARE A., IONITA A., Prediction of the Handling Qualities and Pilot-Induced Oscillation Rating Levels, Incas Bulletin, Volume 6, pp. 3-13, Romania, 2014.
- CENIPA. Cenipa Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, Relatório Final A-207/CENIPA/2013, Disponível em: <[http://prevencao.potter.net.br/Public/media/media/pt/RF\\_A-207CENIPA2013\\_PR-MXM\\_1.pdf](http://prevencao.potter.net.br/Public/media/media/pt/RF_A-207CENIPA2013_PR-MXM_1.pdf)> Acesso em: 11 de jun. 2017.
- D. H. KLYDE, D. T. MCRUER, T. T. MYERS, Unified Pilot-Induced Oscillation Theory Volume I: PIO Analysis with Linear and Nonlinear Effective Vehicle Characteristics including Rate Limiting, 1995.
- DIETERICH O., GÖTZ J., VU DANG, et al., Adverse Rotorcraft-Pilot Coupling: Recent Research Activities in Europe, 2008. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/27353916\\_Adverse\\_rotorcraft-pilot\\_coupling\\_recent\\_research\\_activities\\_in\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/27353916_Adverse_rotorcraft-pilot_coupling_recent_research_activities_in_Europe)> Acesso em: 2 mar. 2017.
- D.T. MCRUER, Pilot-Induced Oscillation and Human Dynamic Behavior, NASA CR4683, USA, 1995
- FAA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION FAA –H -8083-21A -Helicopter Flying Handbook, Washington, USA, 2012.
- FAA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION FAA –H -8083-4 -Helicopter Instructor’s Handbook, Washington, USA, 2012.
- FAA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, Flight Lessons for April 29, 2010 - Suggested by this week’s aircraft mishap reports. Disponível em: <<https://www.faa.gov/files/gslac/library/documents/2010/Apr/43066/FLYING%20LESSONS%20100429.pdf>> Acesso em: 30 mai. 2017.
- FAA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, Flight Lessons for April 29, 2010 - Suggested by this week’s aircraft mishap reports. Disponível em: <<https://www.faa.gov/files/gslac/library/documents/2010/Apr/43066/FLYING%20LESSONS%20100429.pdf>> Acesso em: 30 mai. 2017.
- FRANK LOMBARDI, Levels of Pilot Gain, 2011. Disponível em: <<http://www.rotorandwing.com/2011/12/01/levels-of-pilot-gain/>> Acesso em: 30 mai. 2017.
- FAUCI A., BRAUNWALD E., ISSELBACHER K., WILSON J., et al. Harrison Medicina Interna – Volume I, 14ª edição, Rio de Janeiro, Editora McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 1998. 1499 p. p.94. Inclui índice. ISBN 85-86804-03-7
- KATAYANAGI R., Pilot-Induced Oscillation Analysis with Actuator Rate Limiting and Feedback Control Loop, American Institute of Aeronautics Astronautics AIAA 2004-4998, 19 ago. 2004. Disponível em: <<http://r-katayanagi.air-nifty.com/a4/y041008aiaa20044998pio.pdf>> Acesso em: 02 mar. 2017.
- LIU Q., Pilot-Induced-Oscillation Detection and Mitigation, Dec. 2012. Disponível em: <<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/7998>> Acesso em: 2 mar. 2017.
- LÍRIO, Thiago Alexandre, Guia Técnico de Investigação de Acidentes Aeronáuticos com Helicópteros para Investigadores do Sipaer, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <[http://www.bd.bibl.ita.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2127](http://www.bd.bibl.ita.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2127)>. Acesso em: 19 abr. 2018.
- M.D. PAVEL, D. YILMAZ, B. DANGVU, M. JUMP, L. LU, et al.. Adverse Rotorcraft-Pilot Couplings-Modelling and Prediction of Rigid Body RPC. Sketches from the Work of European Project ARISTOTEL 2010-2013. 39th European Rotorcraft Forum, Sep2013, MOSCOU, Russia.
- M.D. PAVEL, PADFIELD D., Understanding the Peculiarities of Rotorcraft-Pilot-Couplings, 2008. Disponível em: <<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:6d780387-ab74-419e-84ea-1c5da80e8e3d?collection=research>> Acesso em: 2 mar. 2017.
- NASA NATIONAL AERONAUTIC AND SPACE ADMINISTRATION, Pilot-Induced Oscillations and Human Dynamic Behavior, Report 4683, Jul. 1995.
- PHIL TAYLOR, New Zealand Herald, Undetermined Reasons: Are Robinson Helicopters too Dangerous?, 1 abr., 2017. Disponível em: <[http://www.nzherald.co.nz/nz/news/article.cfm?c\\_id=1&objectid=11823337](http://www.nzherald.co.nz/nz/news/article.cfm?c_id=1&objectid=11823337)> Acesso em: 3 abr. 2017.
- RANGEL ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL, Manual de Procedimentos e Manobras – PP, PC, INVH, 2014.
- ROBINSON HELICOPTER CO., R22 Pilot Operating Handbook, rev. jun. 2012.

- 
- TAIC TRANSPORT ACCIDENT INVESTIGATION, Watchlist – Robinson Helicopters: Mast bumping Accidents in NZ, 2016. Disponível em: <<http://www.taic.org.nz/Watchlist2016/RobinsonhelicoptersmastbumpingaccidentsinNZ/tabid/293/language/en-US/Default.aspx>> Acesso em: 13 mai. 2017.
- TOD G., Rotorcraft Bioaeroelasticity Using Bond Graphics, l'École Nationale Supérieure d'Arts e Métiers, ENAM 0042, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/299799711\\_Rotorcraft\\_bioaeroelasticity\\_using\\_bond\\_graphs](https://www.researchgate.net/publication/299799711_Rotorcraft_bioaeroelasticity_using_bond_graphs)> Acesso em: 2 mar. 2017.
- VENROOIJ J., YILMAZ D., PAVEL D., QUARANTA G., et al. Measuring Biodinamyc Feedtrough in Helicopters, Paper No. 199, 2011. Disponível em: <[http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/fileadmin/user\\_upload/files/publications/2011/ERF-2011-Venrooij.pdf](http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/fileadmin/user_upload/files/publications/2011/ERF-2011-Venrooij.pdf)> Acesso em: 30 mai. 2017.

---

# Considerações sobre o Emprego de Aeronaves de Asa Fixa com Elevado Alongamento sob Condições de Turbulência

Alexandre Galo Lopes<sup>1</sup>

1 Oficial do Exército Brasileiro.

---

**RESUMO:** Uma solução para a redução de efeitos de ponta de asa em aviões é obtida adotando-se projetos cujas asas apresentem acentuado nível de esbelte. Porém, o *trade-off* aceito para essa solução é o aumento da sensibilidade da aeronave quando submetida a variações repentinas de ângulo de ataque [AoA]. Neste artigo, serão apresentados alguns aspectos técnicos obtidos de literatura especializada, que ensejarão a modelagem de um “problema de brinquedo” (do inglês, *toy problem*). A partir da compreensão dessa modelagem simplificada, buscar-se-á a associação dos resultados com os fatos de um acidente real, cujas informações não oficiais sobre as prováveis hipóteses do infortúnio estão disponíveis na rede mundial de computadores (*internet*). O objetivo da discussão é elevar o nível de atenção do operador de aeronaves com tais características de engenharia, quando operando em atmosferas turbulentas.

**PALAVRAS CHAVE:** Alongamento. Turbulência. Acidente. Sherpa. Amazônia.

## Considerations about the Employment of Fixed Wing Aircrafts with High Aspect Ratio under Turbulence Conditions

**ABSTRACT:** A solution for the reduction of wing-tip effects in airplanes is obtained by adopting projects whose wings have a high level of slenderness. However, the trade-off accepted for this solution is the increased sensitivity of the aircraft when subjected to sudden angle of attack variations. In this article, we will present some technical aspects obtained from specialized literature, which will lead to the modeling of a "toy problem". From the understanding of this simplified modeling, we will search the association of the results with the facts of a real accident, whose unofficial information about the probable hypotheses of the misfortune is available in the world wide web. The purpose of the discussion is to raise the level of attention of the aircraft operator with such engineering features when operating in turbulent atmospheres.

**KEY WORDS:** Aspect Ratio. Turbulence. Accident. Sherpa. Amazon.

**Citação:** Lopes, AG. (2018) Considerações sobre o Emprego de Aeronaves de Asa Fixa com Elevado Alongamento sob Condições de Turbulência. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 40-50.

### 1 INTRODUÇÃO

O estudo da aerodinâmica de aeronaves de asas fixas se depara com uma série de problemas do ponto de vista da otimização do projeto. A engenharia aeronáutica busca soluções de compromisso que atendam a necessidades operacionais do modelo a ser projetado, a restrições estruturais da aeronave e ao aumento da sua eficiência aerodinâmica.

Tratando-se do projeto de asas fixas, um dos problemas a ser minimizado é o efeito da ponta das asas. Para compreender esse fenômeno, será realizada uma breve revisão da literatura, apresentada por Anderson Jr. (2015).

Um perfil aerodinâmico, também chamado perfil, é uma forma transversal obtida pela intersecção da asa com o plano perpendicular (ANDERSON JR, 2015, p. 290). Na Fig. 1 será apresentada a nomenclatura empregada em um perfil.

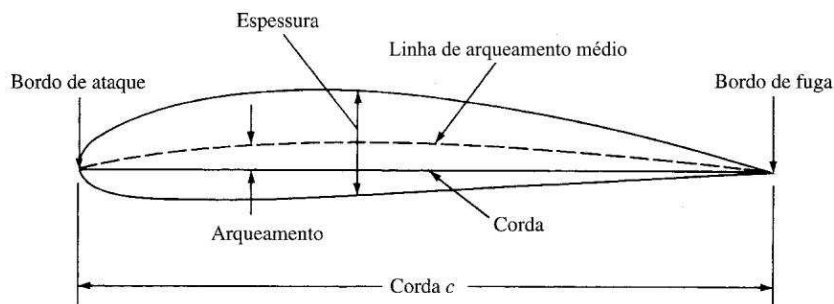


Figura 1 - Nomenclatura do perfil (Anderson Jr, 2015 – modificada)

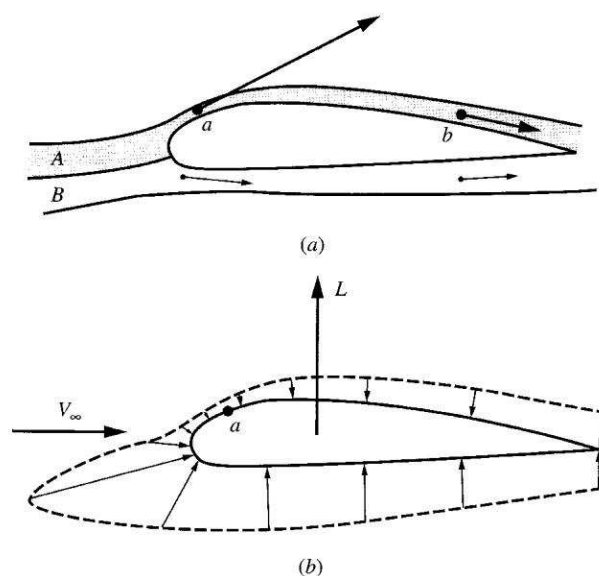
Pode-se modelar o perfil da Fig. 1 como um diagrama de corpo livre [DCL] que contenha as forças e os momentos atuantes em certos pontos de interesse. Neste artigo, trataremos oportunamente sobre as forças aerodinâmicas de sustentação, de arrasto, e como essas forças podem ser perturbadas pela turbulência.

A extrusão desse perfil aerodinâmico na direção perpendicular ao plano em que foi desenhado gera uma figura tridimensional representativa de uma asa de aeronave. Uma asa real pode apresentar as seguintes variações (ANDERSON JR, 2015, p. 365):

- O comprimento da corda pode variar ao longo da asa;
- A asa pode ser torcida de modo que cada seção do perfil da asa tenha um AoA geométrico diferente;
- O formato da seção do perfil pode mudar ao longo da envergadura.

Segundo Anderson Jr. (2015), as medidas citadas nos itens acima visam a: produzir uma determinada distribuição de sustentação ao longo da largura da asa, o que melhorará sua eficiência aerodinâmica e/ou reduzirá seu peso estrutural; e atrasar os efeitos de compressibilidade de alta velocidade na região próxima às pontas da asa.

O escoamento do fluido, no caso o ar, sobre a asa, gera forças aerodinâmicas que são fundamentais ao voo do avião. A Fig. 2 ilustra o fenômeno físico do escoamento sobre um perfil. Na Fig. 2a, podem-se visualizar os tubos de corrente de ar A e B sobre a superfície superior do perfil (nas asas, denominada extradorso) e sobre a superfície inferior (intradorso). Aspectos teóricos cuja explicação, por simplicidade, foge ao escopo deste artigo permitem ao leitor compreender matematicamente a distribuição de pressões, ilustrada na Fig. 2b. A força resultante dessa distribuição de pressões sobre o perfil, na direção perpendicular ao vetor velocidade da corrente livre [ $V_\infty$ ], é denominada força de sustentação aerodinâmica [L]. Sobre a asa, os efeitos de ponta de asa alteram a geometria do problema.



**Figura 2** – (a) as setas ilustram os vetores velocidades locais nas linhas de corrente; (b) distribuição de pressões sobre o perfil aerodinâmico (Anderson Jr, 2015)

As magnitudes da força de sustentação [L], de arrasto [D] e do momento aerodinâmico [M] dependem, entre outros, dos seguintes fatores (ANDERSON JR, 2015, p. 294):

- Velocidade da corrente livre [ $V_\infty$ ];
- Densidade da corrente livre [ $\rho_\infty$ ];
- Magnitude da superfície aerodinâmica, que em aviões é representada pela área da asa [S];
- Ângulo de ataque [AoA ou  $\alpha$ ];
- Forma do perfil aerodinâmico;
- Coefficiente de viscosidade do fluido [ $\mu_\infty$ ];
- Efeitos de compressibilidade do escoamento, que é governado pelo valor do número de Mach de corrente livre [ $M_\infty$ ].

Valores como o do coeficiente de sustentação [ $c_l$ ] e o de arrasto [ $c_d$ ] podem ser obtidos em laboratório a partir de ensaios em túneis de vento, para cada tipo de perfil aerodinâmico, sob diversas condições de ensaio. Desses ensaios, são obtidas curvas representativas dos perfis aerodinâmicos, cujos dados são empregados no projeto aeronáutico.

Muitos dados de perfis aerodinâmicos já foram catalogados por instituições de pesquisa aeroespacial em diversos países. Uma das pioneiras nesse campo de pesquisa foi o *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA), que deu origem à *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), criada em 29 de julho de 1958 por ato do Congresso dos Estados Unidos da América (EUA).

Todavia, os dados obtidos experimentalmente, que comprovam os modelos matemáticos a serem citados neste artigo, comumente são obtidos por modelos denominados “asas infinitas”. Essas asas possuem configuração geométrica que se estendem de uma parede a outra de um túnel de vento, de modo que as medidas desconsideram o campo de fluxo nas pontas das asas. O escoamento da ponta das asas contribui para a perda de sustentação e para o aumento do arrasto da asa, o que consequentemente reduz a eficiência aerodinâmica da aeronave.

Para minimizar o efeito de ponta das asas, os aerodinamicistas consideram o aumento do alongamento (*Aspect Ratio* [AR]) da asa. O alongamento é a relação entre o quadrado da envergadura [b] da asa e a sua área planiforme [S]. Por sua vez, a área planiforme é a área da asa projetada, vista quando o observador se encontra acima dessa mesma asa (ANDERSON JR, 2015, p. 306).

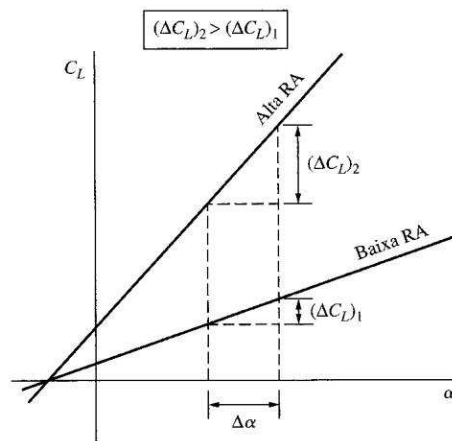
Valores típicos para o alongamento podem ser observados na Tab. 1.

Avião	Alongamento
Vought F4U Corsair	5,35
Boeing B-17	7,58
Grumman X-29	3,91
Grumman F3F-2	7,85
Boeing 727	7,1

**Tabela 1** - Alongamento de asas de diversos aviões subsônicos (Anderson Jr., 2015, modificada)

Anderson Jr. (2015) cita em sua obra que, durante a Guerra Fria, os EUA produziram a aeronave U-2, para voar a altitudes superiores a 70000 ft. Para tal feito, a aeronave apresentava um alongamento “especialmente alto”, com valor de 14,3. Nas condições de voo operacionais, o piloto precisava pilotar dentro de uma faixa de 7 mi/h, entre a velocidade máxima e a mínima de voo de cruzeiro, a fim de impedir a entrada em condições de divergência de arrasto e de estol, o que se mostrava uma condição de pilotagem bastante difícil.

Um problema que surge ao se utilizar asas com alongamento elevado é a grande variação do coeficiente de sustentação [ $\Delta C_L$ ]. Neste artigo, designaremos as abreviaturas de coeficientes de sustentação e de arrasto em letras maiúsculas, quando se referirem a asas finitas, e em minúsculas no caso de asas infinitas, representadas pelos perfis aerodinâmicos. Como o valor de  $C_L$  varia com  $\alpha$ , e como elevados alongamentos tornam a curva de sustentação mais inclinada, pode-se perceber que a variação de  $C_L$  é maior em asas com maiores alongamentos, para uma mesma variação de  $\alpha$ .



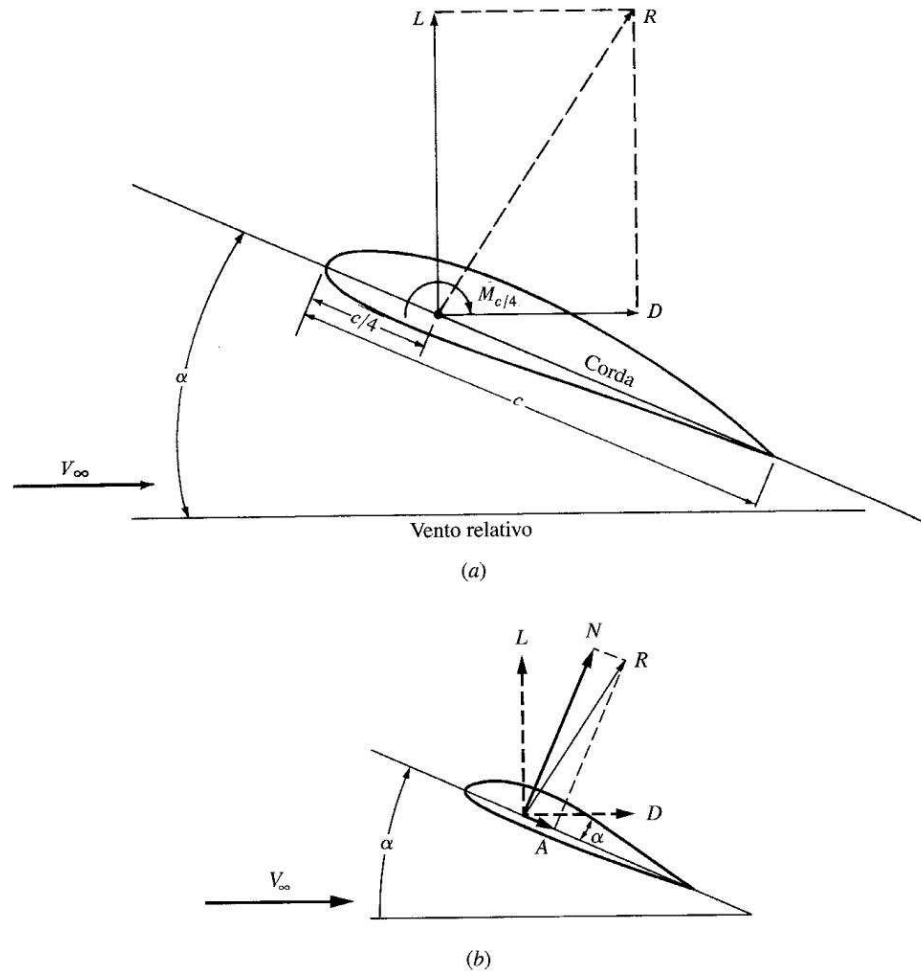
**Figura 3** - Efeito do alongamento na variação de sustentação (Anderson Jr, 2015)

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Para os fins deste estudo, considera-se: que uma aeronave hipotética encontra-se voando em velocidade muito abaixo do número de Mach crítico [ $M_{cr}$ ], que o escoamento é laminar sobre as asas, que o perfil aerodinâmico das asas possui seção constante, que as asas não possuem enflechamento, que a sustentação devida ao profundor é desprezível para a sustentação da aeronave, que o voo ocorre em condições de atmosfera padrão (ISA, do inglês *International Standard Atmosphere*), com escoamento isentrópico, e que os efeitos transientes podem ser desprezados.

Um DCL com as forças e o momento aerodinâmico pode ser visto na Fig. 4.



**Figura 4** - DCL de um perfil (Anderson Jr, 2015)

São apresentados na Fig. 4 alguns elementos importantes para a modelagem matemática. A força resultante aerodinâmica [R] pode ser decomposta em sustentação [L] e arrasto [D], ou na componente normal [N] e axial [A]. Enquanto L e D são perpendicular e paralela, respectivamente, à direção do escoamento não perturbado, N e A são perpendicular e paralela, nesta ordem, à corda do perfil aerodinâmico.

Pode-se inferir que as forças atuantes, referentes ao perfil aerodinâmico, são:

$$\begin{cases} L = N \cos \alpha - A \sin \alpha \\ D = N \sin \alpha + A \cos \alpha \end{cases} \quad (1)$$

Seja a pressão dinâmica [ $q_\infty$ ] definida como a Eq. 2.

$$q_\infty = \frac{1}{2} \rho_\infty V_\infty^2 \quad (2)$$

Realizando-se uma análise dimensional, chega-se à seguinte equação para o coeficiente de sustentação referente ao perfil aerodinâmico,  $c_l$ .

$$c_l \equiv \frac{L}{q_\infty S} = f(\alpha, M_\infty, Re) \quad (3)$$

O número de Reynolds [Re] é dado pela Eq. 4.

$$Re = \frac{\rho_\infty V_\infty c}{\mu_\infty} \quad (4)$$

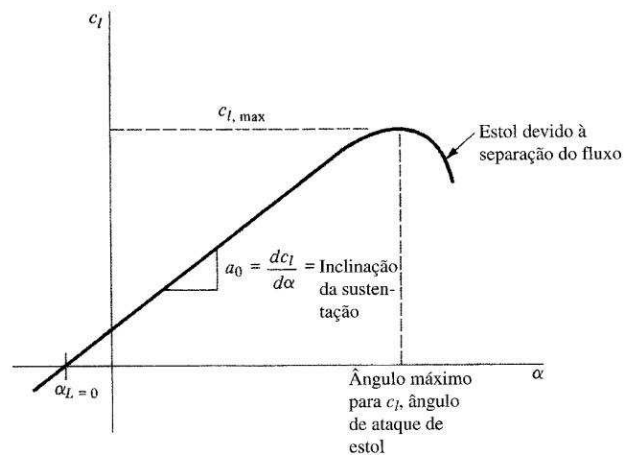
Na Eq. 4, [c] refere-se ao comprimento da corda do perfil aerodinâmico, e [ $\mu_\infty$ ] é a viscosidade dinâmica do ar.

Similarmente à Eq. 3, tem-se a Eq. 5, que modela o coeficiente de arrasto referente ao perfil aerodinâmico.

$$c_d \equiv \frac{D}{q_\infty S} = f(\alpha, M_\infty, Re) \quad (5)$$

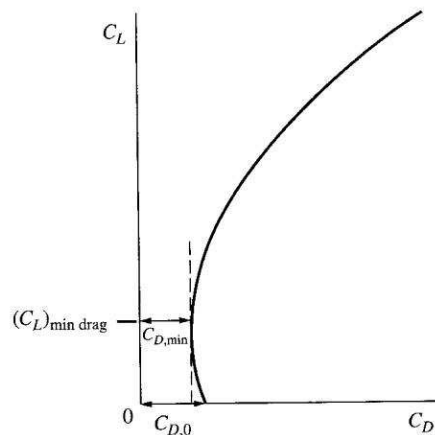
Para um perfil aerodinâmico assimétrico, uma curva de sustentação típica pode ser visualizada na Fig. 5.





**Figura 5** - Diagrama de uma curva de sustentação típica para um perfil assimétrico (Anderson Jr, 2015)

Chama-se polar de arrasto o gráfico que relaciona  $C_D$  e  $C_L$ . Sua curva é dada pela Fig. 6, sendo modelada pela Eq. 6.



**Figura 6** - Polar de arrasto (Anderson Jr, 2015)

$$C_D = C_{D,min} + \frac{(C_L - C_{L,min\ drag})^2}{\pi e R A} \quad (6)$$

Podem ser observados na Eq. 6 os seguintes coeficientes: coeficiente de arrasto mínimo [ $C_{D,min}$ ], coeficiente de sustentação associado ao coeficiente de arrasto mínimo [ $C_{L,min\ drag}$ ] e fator de eficiência de Oswald [ $e$ ]. Este último, quando tratado no contexto da aeronave como um todo neste artigo, contemplará o arrasto parasita, que incluirá o arrasto de perfil da asa, o arrasto de pressão e o de fricção das superfícies da cauda, da fuselagem, das naceles do motor, do trem de pouso e de qualquer outro componente do avião que esteja exposto ao fluxo de ar. No caso do estudo apenas da asa, “e” limitar-se-á à eficiência da asa com relação à envergadura e aos efeitos de ponta de asa.

Para o cálculo do arrasto total para uma asa finita, a partir dos dados referentes a uma asa infinita, adotaremos as Eq. 7 e 8. Para tais equações, serão usadas as seguintes abreviaturas: peso [ $W$ ] e coeficiente de arrasto de perfil [ $c_d$ ]. Este coeficiente será obtido a partir dos dados do perfil, disponível na literatura de referência.

$$C_L = \frac{L}{q_\infty S} = \frac{W}{q_\infty S} \quad (7)$$

$$C_D = c_d + \frac{C_L^2}{\pi e R A} \quad (8)$$

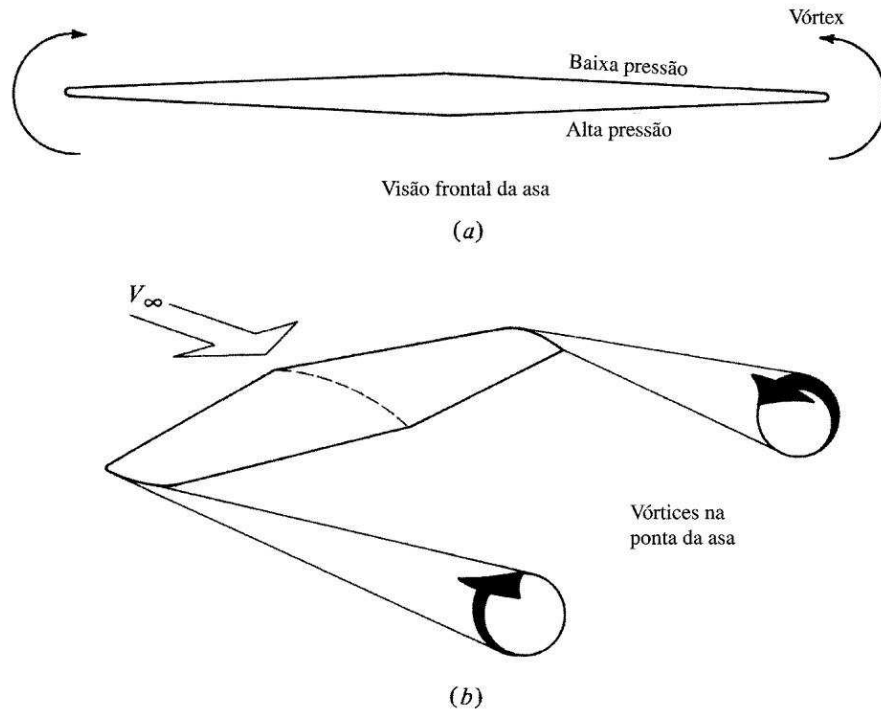
Considerando que ocorrerá variação da força de arrasto devida à variação do AoA por ocasião da ação da turbulência, e que esta variação ocorrerá instantaneamente, assumir-se-á que a força de tração [ $T_R$ ] da aeronave será constante durante a variação, e também será uma função da sustentação e do arrasto, conforme a Eq. 9. A Eq. 9 pode ser obtida a partir de um equilíbrio de forças durante um voo reto e nivelado, com vetor velocidade aerodinâmica constante, e se supondo que a direção do vetor de tração da aeronave esteja alinhada com a corda do perfil aerodinâmico.

$$T_R = \frac{W}{C_L/C_D} = \frac{W}{L/D} \quad (9)$$

## 2.2 ASAS FINITAS

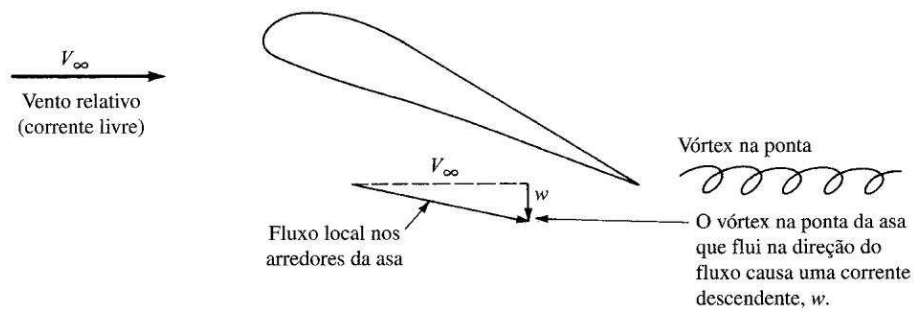
Em razão da diferença de pressão entre o intradorso e o extradorso das asas de uma aeronave em voo, sendo essa pressão maior no intradorso, forma-se nas pontas das asas um campo de fluxo que impõe ao ar um escoamento de baixo para cima na

asa, causando a jusante das asas um efeito rotacional do escoamento, o que gera uma esteira de vórtices. A formação dessa esteira consome energia e reduz a eficiência aerodinâmica da asa. A Fig. 7 ilustrará a formação desses vórtices.



**Figura 7** - Formação dos vórtices de ponta de asa (Anderson Jr, 2015)

Com a formação dos vórtices, há a indução de um movimento secundário no escoamento, que implica na formação de uma corrente descendente de ar chamada de *downwash*, cujo vetor de velocidade é representado por  $[w]$ . A Fig. 8 apresenta uma representação vetorial desse fenômeno físico.

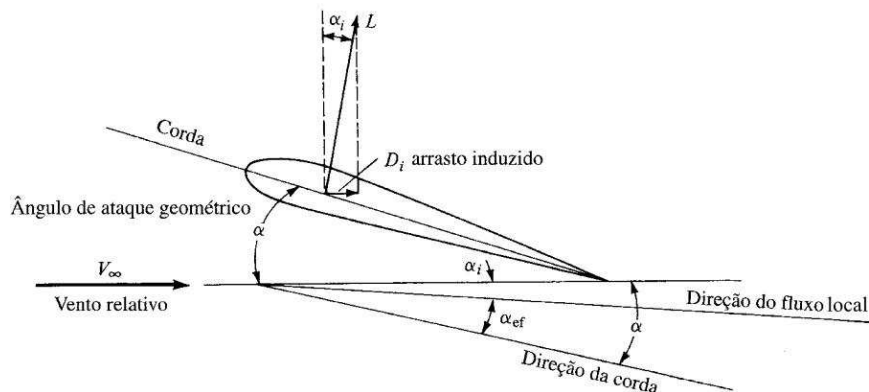


**Figura 8** - Velocidade resultante do escoamento (Anderson Jr, 2015)

Como consequência, o perfil aerodinâmico é submetido a um escoamento que incide segundo um ângulo diferente daquele que seria devido somente ao vento relativo da corrente livre. O ângulo formado nessa nova condição de escoamento é denominado ângulo de ataque efetivo  $[\alpha_{ef}]$ , dado pela Eq. 10, sendo  $[\alpha_i]$  o ângulo de ataque induzido, que se deve à contribuição do *downwash*.

$$\alpha_{ef} = \alpha - \alpha_i \quad (10)$$

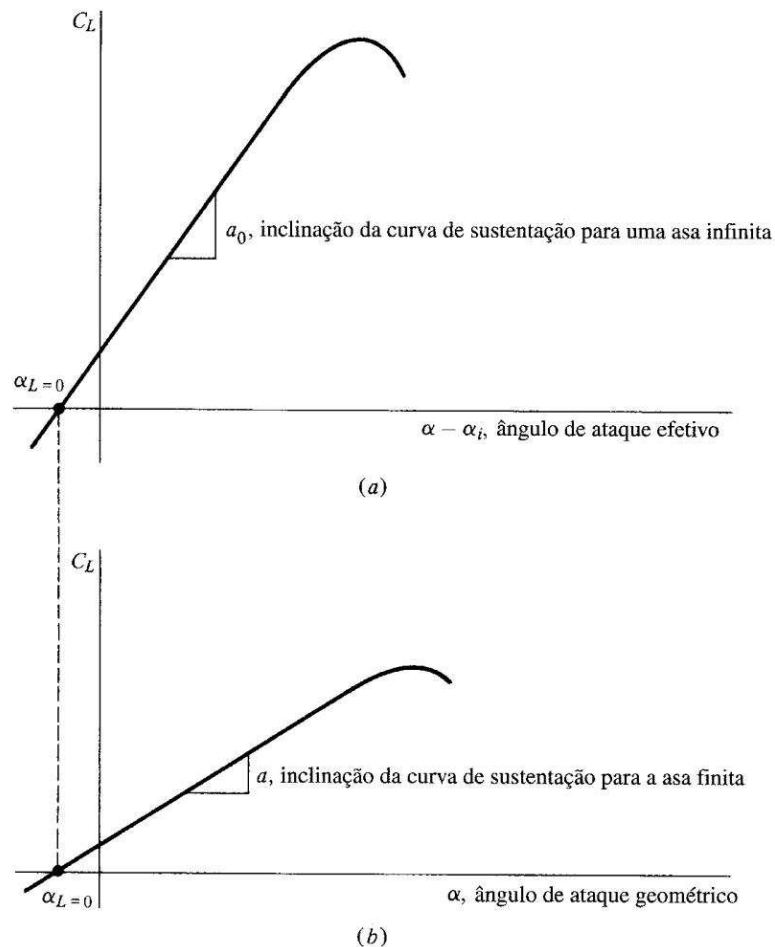
A Fig. 9 ilustrará o efeito do *downwash* sobre a variação do ângulo de ataque.



**Figura 9** - Origem do arrasto induzido (Fonte: Anderson Jr, 2015)

Assumindo-se que o perfil esteja submetido a um ângulo de ataque efetivo, então a curva de sustentação terá uma outra inclinação. Denominando-se  $[a_0]$  a inclinação em graus da curva de sustentação para uma asa infinita, conforme ilustrado na Fig. 5, tal inclinação para uma asa finita  $[a]$  deverá ser corrigida para o novo ângulo de ataque e para o novo fator de eficácia da envergadura  $[e_1]$ . A Eq. (11) apresentará a nova inclinação, e a Fig. 10 ilustrará a relação entre essas curvas.

$$a = \frac{a_0}{1 + 57,3 a_0 / (\pi e_1 R A)} \quad (11)$$



**Figura 10** - Inclinações das curvas de sustentação para asas infinitas e para asas finitas (Fonte: Anderson Jr, 2015)

### 2.3 CASO ESQUEMÁTICO (TOY PROBLEM)

Seja uma aeronave com as seguintes características:

- Velocidade de cruzeiro: 228 kt (117 m/s);
- Velocidade de estol: 73 kt (38 m/s);
- Massa: 11610 kg;
- Área planiforme das asas: 42,4 m<sup>2</sup>;
- Perfil: NACA série 63 (será adotado o perfil constante NACA 63-210);
- Envergadura: 22,81 m;
- Corda: 1,86 m;
- Fator de eficiência da envergadura: 0,8.

As condições ISA para o nível do mar são:

- Pressão atmosférica  $[p_0]$ : 1013,25 hPa;
- Temperatura  $[T_0]$ : 288,15 K;
- Densidade do ar  $[\rho_0]$ : 1,225 kg/m<sup>3</sup>;
- Viscosidade do ar  $[\mu_0]$ : 17,894\*10<sup>-6</sup> kg/(m\*s);
- Gradiente térmico  $[gt]$ : -0,0065 K/m.

A temperatura adotada para a localidade fictícia no nível do mar é ISA+18 (33° C).

A pressão atmosférica  $[p]$  adotada será de 1010 hPa.

A densidade ajustada para os dados do problema será obtida a partir da equação de estado, citada na Eq. 12, na qual  $[R]$  é a constante dos gases.

$$\begin{cases} p = \rho RT \\ R = 287 \frac{J}{kgK} \end{cases} \quad (12)$$

A viscosidade do ar será corrigida pela equação de Sutherland, dada pela Eq. 13.

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} \frac{T_0 + 110}{T + 110} \quad (13)$$

A fim de usar os dados do perfil disponibilizados por Anderson Jr. (2015, pp. 891-2), será calculada a velocidade adequada para um escoamento cujo Reynolds é  $9 \cdot 10^6$ .

### 3 RESULTADOS

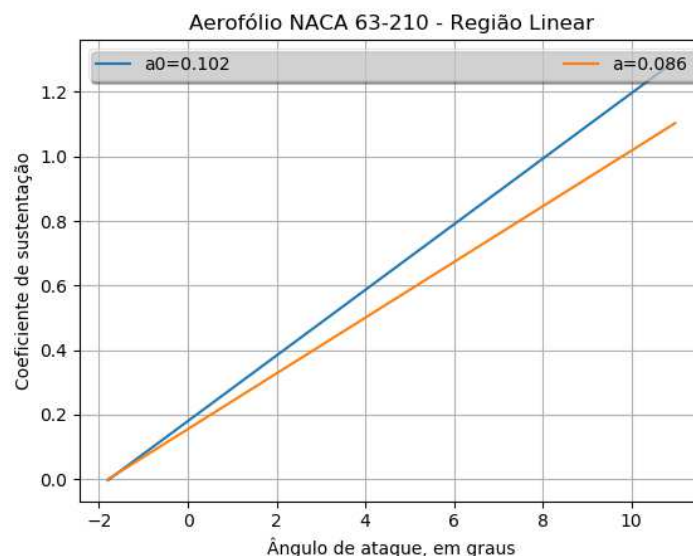
#### 3.1 EXECUÇÃO DOS CÁLCULOS

Para a execução dos cálculos, foi escrito um programa na linguagem Python, versão 3.6, disponível acessando o seguinte link: <https://github.com/alegalopes/RCS.git>.

Dos dados disponíveis no item anterior, foram obtidos os seguintes valores:

- Velocidade para  $Re=9 \cdot 10^6$ : 78 m/s (152 kt);
- Densidade do ar [ $\rho$ ]: 1,149 kg/m<sup>3</sup>;
- Viscosidade do ar [ $\mu$ ]:  $18,749 \cdot 10^{-6}$  kg/(m\*s);
- Alongamento: 12,27;
- Peso máximo de decolagem: 113894 N.

Para a correção dos efeitos de ponta de asa, será aplicada a Eq. 11 aos dados do perfil NACA 63-210. A Fig. 11 ilustrará a região linear do coeficiente de sustentação para uma asa infinita e sua respectiva correção para uma asa finita.



**Figura 11** - Correção do coeficiente de sustentação para uma asa finita, a partir dos valores referentes a uma asa infinita

Assumindo-se que o avião está com a sua carga máxima, obtém-se o  $C_L$  de acordo com a Eq. 7, dado por  $C_L = 0,77$ .

Aplicando-se o  $C_L$  calculado no gráfico do coeficiente de sustentação corrigido, Fig. 11, obtém-se um ângulo de ataque de  $5,8^\circ$ .

Dos dados do perfil aerodinâmico, o ângulo de ataque que está associado a uma sustentação nula [ $\alpha_{L=0}$ ] é de  $-1,8^\circ$ . Uma vez que  $a_0=0,102$  por grau, uma variação de  $5^\circ$  positivos no ângulo de ataque corresponderá a um  $C_L=1,28$ .

Combinando-se a Eq. 7 com a segunda Lei de Newton, obtemos a aceleração vertical da aeronave pela variação do ângulo de ataque em  $5^\circ$ , decorrente de uma ação da turbulência. Neste caso, será desprezada a aceleração angular devida à variação positiva do momento de arfagem (*pitch*). Então, fica:

$$L_{\alpha=11,8^\circ} - W = m \cdot a_v \quad (14)$$

Da Eq. 14, decorre que a aceleração vertical [ $a_v$ ] da aeronave será de  $6,5$  m/s<sup>2</sup>, o que corresponde a uma aceleração de  $66,6\%$  da aceleração da gravidade ( $0,67g$ ).

Raciocínio análogo será aplicado à variação no arrasto, devido ao aumento de  $5^\circ$  no ângulo de arfagem.

Dos dados da polar de arrasto do perfil, verifica-se no *bucket* de arrasto que o coeficiente de arrasto, quando a sustentação é nula, é  $C_{D0}=0,005$ .

Aplicando-se o valor de  $C_{D0}$  na Eq. 8, tem-se um  $C_D=0,058$ .

Da Eq. 5, chega-se ao seguinte novo valor para a força de arrasto:  $D=8614$  N.

Calculando-se o valor da tração que seria necessária para o voo reto e nivelado em condições estáveis, com o uso da Eq. 9 e adotando-se um  $C_D=0,0075$ , obtém-se uma tração com valor  $Tr=1112$  N.

Empregando-se a segunda Lei de Newton combinada com o novo valor da força de arrasto, tem-se:

$$Tr-D=m \cdot a_h \quad (15)$$

Da Eq. 15, chega-se a uma aceleração horizontal  $[a_h]$  de  $a_h=-0,65$  m/s<sup>2</sup>.

A soma vetorial das acelerações resultantes da arfagem de  $5^\circ$  resulta em uma aceleração total  $[a_t]$  de módulo  $a_t=6,56$  m/s<sup>2</sup>.

#### 4 DISCUSSÃO

Diante dos cálculos apresentados, observa-se que uma aeronave hipotética de asas com grande alongamento, ao ser submetida a uma arfagem repentina de meros  $5^\circ$ , submete a tripulação a uma aceleração de  $0,67g$ . Isso pode se caracterizar como um fator de elevação do risco se a turbulência for significativa durante a operação de pouso ou de decolagem. A ocorrência de esteiras de turbulência, deixadas por aeronaves de maior porte, ou mesmo as turbulências convectivas nas proximidades dos aeródromos, podem ser fatores de maior exigência para os pilotos.

Neves (2015), em sua tese de doutorado, destaca que:

... pode-se notar que esta região [amazônica] é fortemente influenciada por convecção, possuindo os mais intensos núcleos convectivos de precipitação da América do Sul (HASTENRAH, 1997), determinando a convecção como um importante mecanismo nas variações de intensidade e posição de aquecimento da atmosfera tropical (FISCH, 1998)... Posteriormente com observações de alguns campos sinóticos e dados medidos para análise de padrões de atividades convectivas, Hastenrath (1997) observou que no verão austral o centro de convecção sobre a Bacia Amazônica se desenvolve mais fortemente.

(...)

Segundo Molion (1987; 1993), os principais mecanismos de precipitação na Amazônia são derivados da convecção... A convecção na região Amazônica é um importante mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical e suas variações, em termos de intensidade e posição, possuem papel importante na determinação do tempo e clima desta região (FISCH et al., 1998).

(...)

Fluxos turbulentos são encontrados em quase todas as partes da natureza, assim como na atmosfera (camada limite atmosférica - CLA).

(...)

A região turbulenta que se estende sobre a Camada Superficial (CS) até o topo da CLA é a CLC. Sua profundidade varia de acordo com a força da geração de turbulência pela superfície. Em um dia ensolarado com ventos térmicos convectivos fracos pode chegar a uma altura (ou profundidade) de 1-2 km acima da superfície (OKE, 1987). Em regiões de desertos pode chegar a 5 km (WARNER, 2004).

Neves (2015, p. 16) apresenta então um esquema da Camada Limite Atmosférica, que, segundo dados observados sobre uma pastagem na Amazônia, alcançou alturas acima de 1800 m (5900 ft). Tal região, segundo o autor, é propícia para a existência de fluxos turbulentos.

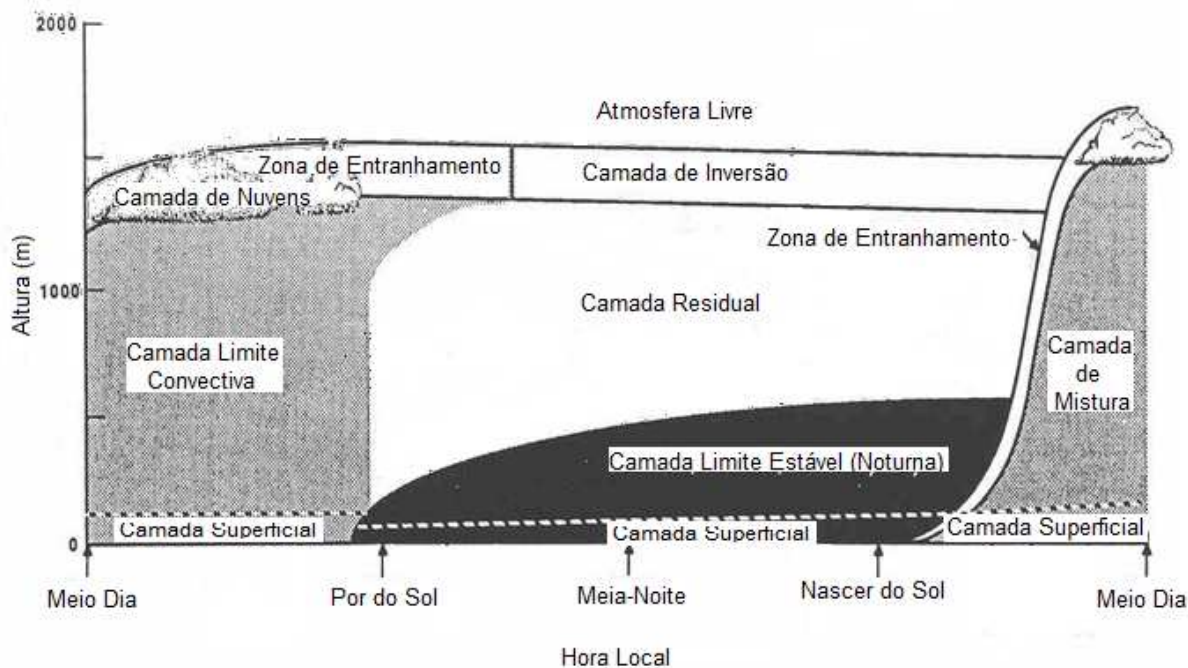


Figura 12 - Esquema de Camada Limite Atmosférica (Neves, 2015)

Visando a atender a necessidades específicas da Região Amazônica, o Exército Brasileiro decidiu pela adoção de aeronaves de asas fixas, sendo o modelo C-23B Sherpa escolhido para o cumprimento de tão nobre missão.

Dados disponíveis na rede mundial de computadores, porém não oriundos de fontes oficiais, informam que essa aeronave possui asas com elevado alongamento.

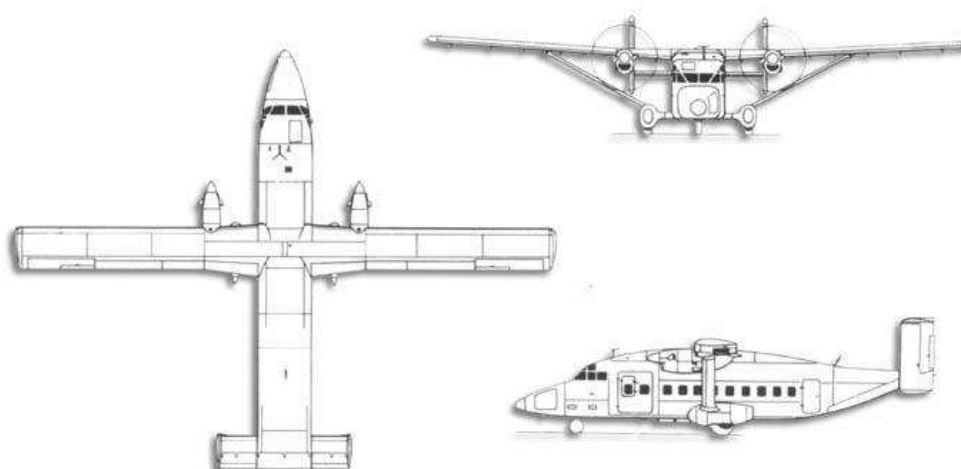


Figura 13 - Três vistas da aeronave C-23B Sherpa (Caiafa, 2016)

Em matéria ao sítio *Aviation Week Network*, Veillette (2016) informa (com grifos nossos):

***The CG range on some aircraft such as the Short C-23 Sherpa is extremely limited.***

***On March 3, 2001, a C-23B Sherpa belonging to the 171st Aviation Regiment of the Florida Army National Guard was carrying 18 construction workers from Hurlburt Field in Florida to Oceana Naval Air Station, Virginia. En route, one of the pilots left the flight deck to use the aft bathroom. His action so shifted the weight of an already unbalanced airplane that it became unstable to the point of uncontrollability while in an area of extreme turbulence. The violent g-force shifts then encountered rendered the crew and passengers incapacitated and unconscious and caused the breakup of the aircraft in flight near Unadilla, Georgia, killing all 21 persons on board.***

## 5 CONCLUSÃO

Os dados deste artigo buscaram oferecer uma análise qualitativa, aproximada, quanto ao comportamento físico de uma aeronave de asas fixas com grande alongamento.

Ilustrando o estudo realizado, buscou-se um fato real em que a combinação de certos fatores – dentre eles a turbulência – culminou com um acidente fatal.

A turbulência, por seu caráter aleatório, pode ocasionar severas acelerações na aeronave, decorrentes de variações bruscas das forças aerodinâmicas. Tais acelerações podem incapacitar a tripulação, bem como sobrecarregar estruturalmente a aeronave.

Na Região Amazônica, há ocorrência de turbulência significativa em determinadas áreas semelhantes a regiões que podem vir a conter pistas de pouso e decolagem. Sobrevoos nessas regiões, até alturas superiores a 5000 ft, podem ser influenciados por intensas flutuabilidades decorrentes da turbulência.

Com este artigo, deseja-se aumentar o nível de consciência situacional das futuras tripulações do C-23B Sherpa, quando em operações em região de selva.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON JR, JOHN D. **Fundamentos de Engenharia Aeronáutica: introdução ao voo**. 7ª Ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill Education, 2015.
- CAIAFA, Roberto. O Exército Brasileiro negocia em Estados Unidos a aquisição de um C-23B Sherpa, setembro 2016. Infodefensa. 2016. Disponível em: < <http://www.infodefensa.com/latam/2016/09/28/noticia-sherpa-exercito-brasileiro.html>>. Acesso em: 28 jan. 2018
- NEVES, T. T. A. T. **Análise de turbulência e convecção na Amazônia utilizando o modelo PALM-LES**. 2015. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.
- VEILLETTE, Patrick. Weighty Matters: Miscalculation when loading can have unwelcome consequences, maio 2016. Aviation Week Network. 2016. Disponível em: < [http://aviationweek.com/bca/weighty-matters?NL=AW-05&Issue=AW-05\\_20160623\\_AW-05\\_244&sfvc4enews=42&cl=article\\_1&elq2=91a0cf3664184a7c8be3cad1218369fb](http://aviationweek.com/bca/weighty-matters?NL=AW-05&Issue=AW-05_20160623_AW-05_244&sfvc4enews=42&cl=article_1&elq2=91a0cf3664184a7c8be3cad1218369fb)>. Acesso em: 28 jan. 2018.



---

# As Investigações Aeronáuticas e a Persecução Penal: A Lei 12.970/14 e a Interface entre os Princípios

Marina Trindade Magalhães<sup>1</sup>

1 Bacharela em Direito pela Universidade de Brasília, mtrindade.marina@gmail.com

---

**RESUMO:** A investigação de acidentes aeronáuticos realizada pelo SIPAER – Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – tem como finalidade precípua a prevenção de novos acidentes e, como consectário lógico, a proteção da vida humana. Devido a isso, tal investigação segue princípios específicos, em consonância com a Convenção de Chicago, da qual o Brasil é signatário. Tais disposições conferem especial sigilo a informações fornecidas voluntariamente e às análises e conclusões do SIPAER, por conterem dados relevantes à manutenção da segurança do espaço aéreo. Com o advento da Lei nº. 12.970/14, as sugestões da Convenção de Chicago foram internalizadas de forma mais rigorosa, o que gerou maior distinção entre a investigação aeronáutica e o processo judicial, ao impor limites à aplicação da primeira neste último. Essas barreiras devem-se aos objetivos que diferem cada uma dessas esferas e à forma como são consolidadas as informações. Enquanto a investigação aeronáutica visa, unicamente, à prevenção de futuros sinistros aéreos, o processo judicial tem como finalidade a imputação de responsabilidade a determinado agente. Destarte, partindo de princípios norteadores diferentes, a utilização da investigação do SIPAER teria o condão de contaminar o processo penal com provas ilícitas e informações imprecisas para o procedimento persecutório. Por esse motivo, a Lei nº. 12.970/14 internalizou no ordenamento pátrio as medidas necessárias para impedir a utilização inadequada e inoportuna da investigação aeronáutica. Pelo exposto, o estudo pretende esclarecer as diferenças entre a investigação aeronáutica e o processo penal, de forma a justificar a existência da Lei precitada, ao passar pelos pontos necessários à elucidação do tema, dentre eles a breve análise da Ação Direta de Inconstitucionalidade 5667, proposta contra determinados dispositivos da Lei nº. 12.970/14.

**PALAVRAS CHAVE:** Acidentes aéreos. Investigação aeronáutica. SIPAER. Convenção de Chicago. Processo Penal. Lei nº.12.970/14. ADI 5667.

## Brazilian Aircrash Investigation and Criminal Prosecution: Law 12.970/14 and the Conflicting Principles

**ABSTRACT:** The air crash investigation carried out by the aeronautical department SIPAER has as its main goal the prevention of new accidents and, therefore, the protection of human life. Due to this reason, the aeronautical investigation follows specific principles, aligned with the Chicago Convention, of which Brazil is signatory. These provisions give special secrecy to information obtained voluntarily and to the analysis and conclusions of SIPAER, as they contain relevant data to the maintenance of airspace safety. With Law no. 12.970/14, the provisions of the Chicago Convention were more rigorously internalized, leading to a greater separation between the plane crash investigations led by SIPAER and judicial proceedings, by imposing limits on the application of the former into the latter. These limits result from their different purposes. Whilst the aeronautical investigation is solely aimed at preventing future air crashes, the judicial process and its investigation aim at holding liable a particular agent. Thus, due to the different guiding principles, the use of the SIPAER investigation would have the potential to contaminate the criminal process with unlawful evidence and imprecise information. For that reason, Law nº. 12.970/14 internalized the necessary measures to prevent the misuse of the aeronautical investigation in judicial proceedings. The purpose of the present paper is to clarify the differences between aeronautical investigation and criminal proceedings, in order to justify the existence of the aforementioned law, by going through the necessary points to elucidate the subject, among them the brief analysis of the “Ação Direta de Inconstitucionalidade” 5667 proposed against certain provisions of Law nº. 12.970/2014.

**KEY WORDS:** Aircrash investigation. SIPAER. Aeronautical investigation. Chicago Convention. Judicial proceedings. Criminal investigation. Law nº. 12.970/2014. Ação Direta de Inconstitucionalidade 5667.

**Citação:** Magalhães, MT. (2018) As Investigações Aeronáuticas e a Persecução Penal: A Lei 12.970/14 e a Interface entre os Princípios. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 51-83.

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), conforme disposto no art. 25 do Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), é um sistema integrante da infraestrutura aeronáutica brasileira, estando sob a Autoridade

Aeronáutica Militar, mesmo após a edição da Lei nº. 11.182 de 2005, na qual se criou a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Assim, competem ao SIPAER as atividades de prevenção e de investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos. Esta investigação levada a cabo pelo SIPAER possui como finalidade exclusiva a averiguação das causas do sinistro a fim de evitar novos acidentes e proteger vidas. Depreende-se, portanto, que a investigação do SIPAER foca em causas técnico-operacionais que podem, uma vez sanadas, evitar novos acidentes aéreos.

Em direção diferente do SIPAER, existe a investigação penal. Esta tem início, em muitos dos casos, com um inquérito policial, onde se realizam diligências com o propósito de coletar provas quanto à autoria e à materialidade de uma infração penal. Através do inquérito, pode-se iniciar uma persecução penal, que, segundo Renato Brasileiro de Lima<sup>1</sup>, é o instrumento através do qual o Estado impõe uma sanção penal ao possível autor do fato delituoso. Tendo isto em mente, percebe-se a importância de respeitar as condições impostas pela Constituição Federal e pelo próprio Código de Processo Penal no tocante à boa aplicação dos direitos e garantias, visando tornar o processo justo e permitir o contraditório daqueles que se veem no polo passivo da ação penal.

Diante do exposto, salta aos olhos a diferença entre a finalidade precípua da investigação aeronáutica feita pelo SIPAER, que busca prevenir sinistros e, assim, tutelar o direito de ocupantes de uma aeronave e de terceiros no solo não serem vítimas de acidente aeronáutico no futuro, e o propósito da investigação penal. Enquanto a primeira, sempre voltada para o futuro, aloca seus esforços em encontrar os fatores contribuintes de um acidente, sem se preocupar com a imputação de dolo ou culpa em determinado agente; esta, olhando para o passado e norteada por princípios como contraditório, ampla defesa, busca da verdade real, *nemo tenetur se detegere*, etc., busca averiguar indícios da ocorrência de delitos, para que os possíveis responsáveis possam ser processados e, ao final, caso provadas a autoria e materialidade, sejam penalizados nos termos da Legislação Penal.

O embate entre as duas pode ocorrer, destarte, ao se utilizar a investigação aeronáutica como prova no processo penal. A distinção entre os princípios basilares de cada uma ocasiona conflito de interesses e interpretações inadequadas dos materiais produzidos pelo SIPAER no bojo da investigação aeronáutica. Por não ter como propósito o apontamento de culpados para que se possa penalizá-los, a investigação aeronáutica não obedece a requisitos essenciais do processo penal. Ao SIPAER é permitida a utilização de hipóteses não comprovadas/comprováveis na busca pelas condições inseguras que contribuíram ou que poderiam ter contribuído para o incidente ou acidente investigado, uma vez que, repise-se, não se procuram indícios de autoria.

Assim, ao final da investigação do SIPAER é emitido um relatório contendo recomendações de segurança, no qual não se encontra a determinação de culpa ou responsabilidade, mas tão somente recomendações a pessoas ou órgãos que possam eliminar ou mitigar as condições inseguras detectadas. Cumpre frisar que este não possui força jurisdicional, tampouco é vinculante. Desta forma, não há sanções previstas em caso de descumprimento.

O processo penal, por outro lado, chega ao fim com o trânsito em julgado. O resultado de uma ação penal pode ser favorável ou desfavorável ao réu, a depender da conclusão que o magistrado chegar após a análise detida dos autos, nos quais devem constar provas (obtidas de maneira lícita) que associem o réu à conduta tida como criminosa.

Procurando adequar os dois institutos, bem como enquadrar o Brasil nos termos da Convenção de Chicago, foi sancionada a Lei nº. 12.970 de 08 de maio de 2014. Através dessa Lei, foram feitas alterações ao Código Brasileiro de Aeronáutica no tocante à investigação do SIPAER (Seção I), da competência para tal investigação (Seção II), do sigilo profissional e da proteção à informação (Seção III) e do acesso aos destroços da aeronave (Seção IV).

A Lei nº. 12.970/14 foi editada após o período popularmente conhecido como Apagão Aéreo. Iniciado após o acidente com o voo 1907 da GOL, em 29 de setembro de 2006, o Apagão Aéreo representou uma grande crise aeroviária nacional, onde se evidenciou um sistema com problemas estruturais, assim como a incompetência e a inércia das autoridades para resolvê-los.

Assim, a nova lei internalizou no ordenamento jurídico brasileiro as recomendações da Convenção de Chicago que já eram aplicadas no Brasil em caráter de *soft law*. Tais diretrizes mantêm determinados aspectos da investigação aeronáutica independente de uma possível investigação judicial, bem como estabelece restrições que possibilitam o resguardo dos princípios da investigação do SIPAER e, de forma reflexa, dos princípios processuais penais.

Dentre as inovações trazidas pela Lei nº. 12.970/14, uma das mais controversas é a disposição de que as contribuições voluntárias, análises e conclusões da investigação SIPAER não podem ser aplicadas com finalidade probatória em processos judiciais (art. 88-I, §2º), a exemplo de um processo criminal. Essa vedação decorre da necessidade de se proteger as informações que são obtidas através do princípio da confiança (colaborador – SIPAER), sem o risco de que sejam utilizadas para penalizar quem quer que seja, inclusive o próprio colaborador (Princípio da Não Autoincriminação).

Nesse passo, o presente estudo pretende analisar os institutos envolvidos nessa controvérsia, pontuar suas diferenças e a importância de se conferir determinadas garantias, a fim de manter as esferas independentes e em regular funcionamento, permitindo que os resultados pretendidos por cada uma das investigações, em uma complementariedade sinérgica, venham a beneficiar a sociedade.

<sup>1</sup>LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 37

Para isso, o primeiro capítulo destina-se à análise da Investigação Aeronáutica. Será feita uma explanação do propósito do SIPAER e da investigação aeronáutica através de sua legislação – além do Código Brasileiro de Aeronáutica, a Convenção de Chicago e seu Anexo 13. Ademais, e como principal ponto do capítulo, serão delineados os Princípios norteadores da Investigação Aeronáutica, onde será possível vislumbrar as diferenças com o Processo Penal.

O Capítulo 2, por sua vez, foi reservado ao Processo Penal. Nele será aprofundado o estudo de alguns dos Princípios do Processo Penal (pertinentes à análise), bem como serão abordados conceitos necessários à compreensão do conceito de prova no processo penal. Sempre que necessário, serão feitas regressões ao Capítulo 1, de modo a preparar o leitor para o conteúdo do Capítulo 3.

O último capítulo deste estudo pretende realizar o cotejo entre os dois primeiros capítulos. Nele, há um breve histórico da Lei nº. 12.970/14, seguido por uma abordagem sucinta da ADI 5667 – a qual visa à declaração de inconstitucionalidade de alguns artigos da Lei nº. 12.970/14. Seguindo-se a isso, são trazidas, a título de exemplo, duas interpretações constitucionais que podem ser aplicadas à análise da ADI, mostrando-se, em ambas, resultados favoráveis à Lei. Em um terceiro momento, confrontaremos as disposições da nova Lei com o processo penal, a fim de demonstrar a importância e pertinência das alterações feitas ao Código Brasileiro de Aeronáutica, para resguardar a segurança do espaço aéreo, ao mesmo tempo em que se garante a efetividade dos princípios basilares do processo penal.

## 2 INVESTIGAÇÃO DO SIPAER

A Força Aérea Brasileira (FAB) – enquanto elemento das Forças Armadas – possui a atribuição de cooperar com o desenvolvimento nacional e a defesa civil, na forma definida pelo Presidente da República. Desta forma, a FAB assume como missão o dever de *“manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com vistas à defesa da pátria”*<sup>2</sup>.

Para conseguir que tal missão seja cumprida, Frederico Alberto Marcondes Felipe afirma que é preciso disponibilizar e aperfeiçoar os recursos humanos e materiais existentes. Nesse passo, o trabalho realizado pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER insere-se como elemento essencial para a consecução dos objetivos da Força Aérea<sup>3</sup>.

O SIPAER foi instituído pelo Decreto nº. 69.565, de 19 de novembro de 1971, e reestruturado pelo Decreto nº. 87.249, de 07 de junho de 1982<sup>4</sup>. Nos moldes definidos pelo art. 25, V do Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº. 7.565 de 19 de dezembro de 1986)<sup>5</sup>, o SIPAER é um sistema formado por órgãos e elementos relacionados entre si por finalidade específica, ou por interesse de coordenação, orientação técnica e normativa, não implicando em subordinação hierárquica. Por isso, compõem o SIPAER elementos distintos como o Comando da Aeronáutica (COMAER), a EMBRAER, as empresas aéreas, sindicatos de aeronautas, etc., sempre com a finalidade de contribuir para a prevenção de acidentes aeronáuticos.

Para isso, foi delegada ao SIPAER a missão de planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos<sup>6</sup>. Frise-se que, mesmo com a criação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) – Lei nº. 11.182/05 – a competência do SIPAER permaneceu inalterada, visto que a Lei, além de excetuar as atividades que já eram realizadas pelo SIPAER, determinou que a ANAC passasse a integrá-lo<sup>7</sup>.

A investigação levada a cabo pelo COMAER é realizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), órgão central do SIPAER, criado em 1971, por meio do Decreto nº. 69.565. O artigo 1º do referido

<sup>2</sup> BRASIL. Força Aérea Brasileira – Institucional. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/institucional>> Acesso em: out. 2017

<sup>3</sup> FELIPE, Frederico Alberto Marcondes. Planejamento Estratégico e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: a busca da sinergia. In: Revista Conexão Sipaer, 2009. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/8/25>> Acesso em: out. 2017

<sup>4</sup> MENDONÇA, Flávio Antonio Coimbra; MASO, Daniella Baptista. O Profissional do SIPAER. In: Revista Conexão Sipaer, 2010. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/56/75>> Acesso em: ago. 2017

<sup>5</sup> Art. 25. *Constitui infra-estrutura aeronáutica o conjunto de órgãos, instalações ou estruturas terrestres de apoio à navegação aérea, para promover-lhe a segurança, regularidade e eficiência, compreendendo:*

(...)

*V - o sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (artigos 86 a 93); (Lei 7.565)*

<sup>6</sup>Art. 86. *Compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes Aeronáuticos. (Lei 7.565)*

<sup>7</sup>Art. 8º *Cabe à ANAC adotar as medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento e fomento da aviação civil, da infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária do País, atuando com independência, legalidade, impessoalidade e publicidade, competindo-lhe:*

(...)

*XXI – regular e fiscalizar a infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária, com exceção das atividades e procedimentos relacionados com o sistema de controle do espaço aéreo e com o sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos;*

(...)

*XXXIV – integrar o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER; (Lei 11.182)*

Decreto dispõe que a finalidade do CENIPA seria a de organizar as atividades necessárias ao funcionamento e ao desenvolvimento do então “Serviço” de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER)<sup>8</sup>.

A criação do CENIPA representou uma mudança na filosofia adotada no Brasil: trocou-se a palavra “inquérito” e as investigações passaram a ter como único objetivo a prevenção de acidentes aeronáuticos, em concordância com normas internacionais das quais o Brasil é signatário<sup>9</sup>.

Patente conceituar, nesse ponto, o que configuraria um acidente aeronáutico. De acordo com o sítio do CENIPA, acidente aeronáutico é qualquer ocorrência relacionada à operação de uma aeronave, que aconteça entre o momento em que uma pessoa embarca em uma aeronave com a intenção de realizar um voo, até o ponto em que todas as pessoas tenham dela desembarcado e, durante o qual pelo menos uma destas situações ocorra:

- a) qualquer pessoa sofra lesão grave ou morra como resultado de estar na aeronave, em contato direto com qualquer uma de suas partes, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido, ou submetida à exposição direta do sopro de hélice, rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências. Exceção é feita quando as lesões resultem de causas naturais, forem auto ou por terceiros infligidas, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes;
- b) a aeronave sofra dano ou falha estrutural que afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; exija a substituição de grandes componentes ou a realização de grandes reparos no componente afetado. Exceção é feita para falha ou danos limitados ao motor, suas carenagens ou acessórios; ou para danos limitados a hélices, pontas de asa, antenas, pneus, freios, carenagens do trem, amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave;
- c) a aeronave seja considerada desaparecida ou o local onde se encontre seja absolutamente inacessível (CENIPA, 2017).

Extraí-se, portanto, que a investigação aeronáutica constitui-se como uma investigação puramente técnica, procurando encontrar as causas técnico-operacionais que podem ter contribuído para o acidente. Frise-se o emprego da palavra “pode”, uma vez que o CENIPA não descarta as hipóteses não comprovadas, visto que seu propósito é evitar novos acidentes aeronáuticos, a possibilidade de todo e qualquer fator contribuinte enseja sua inclusão no Relatório Final<sup>10</sup>.

É importante ressaltar, contudo, que a investigação aeronáutica não impede a realização de nenhuma outra investigação ou procedimento. Esta se reveste de independência e pode ocorrer concomitantemente a outros procedimentos<sup>11</sup>, a exemplo da investigação policial que tem como finalidade a responsabilização penal, como veremos mais adiante no presente trabalho.

A título ilustrativo, cumpre transcrever o conceito de investigação de acidente aeronáutico trazido pelo CENIPA<sup>12</sup>:

É o processo realizado com o propósito de prevenir novos acidentes e que compreende a reunião e a análise de informações e a obtenção de conclusões, incluindo a identificação dos fatores contribuintes para a ocorrência, visando a formulação de recomendações sobre a segurança. O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) não trabalha com "causa" de acidente, mas com fatores contribuintes. "Causa" se refere a um fator que se sobressai, que seja preponderante, e a investigação SIPAER não elege um fator como o principal. Ao contrário, trabalha com uma série de fatores contribuintes que possuem o mesmo grau de influência para a culminância do acidente (CENIPA, 2017).

<sup>8</sup> Decreto nº 69.565, de 19 de novembro de 1971. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-69565-19-novembro-1971-417852-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: ago.2017.

<sup>9</sup> BRASIL. História do CENIPA. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/historico>> Acesso em: ago.2017.

<sup>10</sup> RABELO, Bruno. As Consequências e os desdobramentos jurídicos na investigação de acidentes aeronáuticos. Ed. Autografia: Rio de Janeiro, 2017. pp. 10 e 11

<sup>11</sup> BRASIL. O que é investigação?. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>> Acesso em: ago. 2017.

<sup>12</sup> BRASIL. O que é investigação?. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>> Acesso em: ago.2017.

Ao SIPAER, compete, portanto, primordialmente, zelar pela segurança da atividade aérea desenvolvida no país, através de planejamento, organização, coordenação e controle das atividades de segurança de voo no país<sup>13</sup>. Assim, a investigação de acidentes aeronáuticos é realizada pelo órgão com a finalidade única de prevenir novos acidentes e sinistros aéreos, diferentemente da investigação criminal, que possui como finalidade precípua a responsabilização penal.

Sobre esse cotejo, autores concluem que “a investigação aeronáutica olha para o futuro (prevenção), enquanto a investigação penal olha para o passado (responsabilização)”<sup>14</sup>.

Esse conceito de investigação aeronáutica, o qual exclui da investigação a análise de responsabilização cível ou criminal, encontra guarida em acordo internacional do qual o Brasil é signatário, a Convenção de Chicago.

## 2.1 Convenção de Chicago e ICAO

A Convenção de Chicago ocorreu em 1944, na cidade de mesmo nome, nos Estados Unidos. Promovida pelas Nações Unidas, a Convenção teve como meta estabelecer regras relativas à aviação<sup>15</sup>. O Brasil, de acordo com Fábio Anderson de Freitas, foi representado por uma delegação de especialistas, que participaram de todos os debates com o propósito comum de chegar a um consenso na matéria relativa à segurança da aviação mundial.

Ao se tornar signatário da Convenção de Chicago, coube ao Brasil incorporar os compromissos assumidos no Tratado, o que de fato ocorreu em 27 de agosto de 1946, através da ratificação do Decreto nº. 21.713<sup>16</sup>.

Composta por um texto básico geral e temas técnicos agrupados em anexos específicos, a Convenção de Chicago foi responsável pelo estabelecimento da Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* – ICAO). Formada por um Secretariado e três órgãos principais (a Assembleia, o Conselho e a Comissão de Navegação Aérea – ANC), a ICAO é responsável pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil no mundo, contando com a colaboração de toda a comunidade internacional<sup>17</sup>, através de medidas como estratégias, monitoramento, implementação de programas, etc<sup>18</sup>.

É função da ICAO, dentre outras, elaborar diretrizes conhecidas como SARPs (*Standard and Recommended Practices*), responsáveis por unificar, internacionalmente, requisitos operacionais relativos à navegação aérea e serviços aeronáuticos<sup>19</sup>. Ou seja, tratam sobre aspectos técnicos e operacionais da aviação civil internacional, dentre eles, a de investigação de acidentes<sup>20</sup>.

Assim como as SARPs, os artigos<sup>21</sup> e os Anexos da Convenção de Chicago buscam uniformizar aspectos variados da aviação internacional: investigação, cooperação internacional, organização do espaço aéreo etc.

Dentre os vários Anexos da Convenção de Chicago, imperioso destacar o Anexo 13, o qual dispõe sobre a investigação de acidentes e baliza os elementos necessários para a prevenção de novos acidentes.

O Anexo 13 à Convenção de Chicago, intitulado “Investigação de Acidente e Incidente com Aeronave”, encontra seus fundamentos nos artigos 26 e 37 da Convenção e é o responsável por estabelecer as diretrizes de investigação de acidentes aéreos

<sup>13</sup>SIPAER. Disponível em: < <http://www.infoaviacao.com/2010/06/sipaer.html> > Acesso: ago.2017

<sup>14</sup> CARVALHO, Marcos Antônio Garapa de. O Papel do poder judiciário na segurança de vôo: análise de caso concreto de uso do Relatório Sipaer em processo judicial. In. Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/215/233>> Acesso em: set.2017

<sup>15</sup> PEDRO, Fábio Anderson de Freitas. A Validade Normativa da Convenção de Chicago de 1944 que orienta o processo de investigação de acidentes aéreos no ordenamento jurídico brasileiro à luz de uma interpretação constitucional. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/88/123>> Acesso em: ago.2017

<sup>16</sup> PEDRO, Fábio Anderson de Freitas. A Validade Normativa da Convenção de Chicago de 1944 que orienta o processo de investigação de acidentes aéreos no ordenamento jurídico brasileiro à luz de uma interpretação constitucional. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/88/123>> Acesso em: ago.2017

<sup>17</sup> ANAC. Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/A\\_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci](http://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci)> Acesso em: ago.2017

<sup>18</sup> ICAO. Safety. Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>> Acesso em: set. 2017

<sup>19</sup> ICAO. How ICAO Develops Standards. Disponível em: <<https://www.icao.int/about-icao/AirNavigationCommission/Pages/how-icao-develops-standards.aspx>> Acesso em: out. 2017

<sup>20</sup> ANAC. Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/A\\_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci](http://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci)> Acesso em: ago.2017

<sup>21</sup> ICAO. Convention on International Civil Aviation. Disponível em: <[https://www.icao.int/publications/Documents/7300\\_orig.pdf](https://www.icao.int/publications/Documents/7300_orig.pdf)> Acesso em: out. 2017

entre os países signatários da Convenção. É no Anexo 13 que se encontra a disposição de que o objetivo da investigação aeronáutica é unicamente o de prevenção de acidentes e incidentes<sup>22</sup>, e não determinar culpa ou responsabilização<sup>23</sup>.

No capítulo 5 deste Anexo, visando à prevenção de novos acidentes, ficou determinado o sigilo de determinadas informações ao argumento de que, se divulgadas informações de cunho pessoal, fornecidas voluntariamente e/ou espontaneamente, estas poderiam ser utilizadas no bojo de processos disciplinares, administrativos, civis e penais, o que poderia, no futuro, dificultar o trabalho dos investigadores de acidentes aeronáuticos e representar um obstáculo à investigação e afetar a segurança de voo<sup>24</sup>.

Isso nos remete à finalidade precípua da investigação do SIPAER, qual seja, a prevenção de acidentes aeronáuticos. O órgão conta com a confiança de colaboradores que, sabendo que não serão penalizados por quaisquer erros (Princípio da Não Autoincriminação), se prestam a contribuir com a investigação, fornecendo informações essenciais à prevenção de novos acidentes e, conseqüentemente, à segurança da atividade aérea.

Frise-se que, além de obrigatoria a realização de investigação em casos de acidentes, o Anexo 13 dispõe que é necessário que o órgão responsável por tal apuração – no caso do Brasil, o CENIPA – forneça recomendações de segurança, direcionada a entidades que tenham a competência e poder de modificar os fatores contribuintes para o acidente, a fim de evitar novos sinistros envolvendo aeronaves (art. 5.4 do Anexo 13)<sup>25</sup>.

Conclui-se, portanto, que o Anexo 13 fornece as diretrizes necessárias para a atuação do SIPAER, bem como foi a existência desta *soft law* que ensejou a redação da Lei nº. 12.970/14, da qual trataremos com mais profundidade no Capítulo 3 do presente estudo.

## 2.2 Relatório Final SIPAER e as Recomendações de Segurança

O Relatório Final do SIPAER, fruto da investigação realizada pelo órgão aeronáutico, é o documento emitido ao final da investigação aeronáutica, no qual se encontram as recomendações de segurança, bem como as conclusões e análises do SIPAER, relativas ao caso. Ressalte-se que, após a conclusão das investigações, os relatórios finais e as recomendações de segurança são disponibilizados no sítio do CENIPA, na rede mundial de computadores, podendo ser acessados por qualquer interessado.

Nos termos do protocolo de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro – NSCA 3-13/2014 – o objetivo do Relatório Final é “*divulgar a conclusão oficial do SIPAER relativa a um acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave ou incidente aeronáutico, visando exclusivamente à prevenção de novas ocorrências*”<sup>26</sup>.

Além de dados concretos do caso em investigação, os relatórios do CENIPA levam em consideração relatórios prévios ao acidente, como por exemplo, o relatório de prevenção.

O relatório de prevenção tem como finalidade “*prover informações para que os Elos-SIPAER possam adotar ações mitigadoras adequadas frente a situações de risco para a segurança de vôo*”<sup>27</sup>. Os Elos- SIPAER, segundo Pompeo de Sousa Brasil, representam uma estrutura composta por todos os agentes que atuam na “*fabricação, manutenção, operação e circulação de aeronaves, e com as atividades de apoio da infraestrutura aeronáutica no território brasileiro*”<sup>28</sup>.

De acordo com o CENIPA, o Relatório de Prevenção (RELPREV) é uma ferramenta de reporte voluntário, o qual pode ser preenchido por qualquer pessoa que identificar uma situação de risco, encaminhando-o a algum Elo-SIPAER. Esse reporte pode ser anônimo ou não, e deve ser utilizado somente para relatar situações pertinentes à segurança de voo, não sendo admitido seu uso para denúncia de atos ilícitos e violações, o que deve ser feito pelos instrumentos apropriados.

Desta forma, conteúdos de RELPREV podem, eventualmente, ser considerados no processo de investigação que redunda nos relatórios finais de acidentes aeronáuticos, bem como para propor recomendações de segurança.

<sup>22</sup> Incidente aéreo é classificado pelo Anexo 13 como uma ocorrência (ao invés de um acidente), associado ao aspecto operacional de uma aeronave que afeta ou tem o condão de afetar a segurança da operação aeronáutica.

<sup>23</sup> DUARTE, Conrado Prioli. Investigação de Acidentes Aeronáuticos: Aspectos inconstitucionais da Lei 12.970/14. UFSC, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159598>> Acesso em: ago.2017

<sup>24</sup> BRASIL. O que é investigação?. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>> Acesso em: out. 2017

<sup>25</sup> DUARTE, Conrado Prioli. Investigação de Acidentes Aeronáuticos: Aspectos inconstitucionais da Lei 12.970/14. UFSC, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159598>> Acesso em: ago.2017

<sup>26</sup> MINISTÉRIO DA DEFESA. NSCA 3-13 – Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro. Comando da Aeronáutica, 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/Marina/Downloads/nsca%203-13.pdf>> Acesso em: set. 2017

<sup>27</sup> MINISTÉRIO DA DEFESA. NSCA 3-3 – Gestão da Segurança de Voo na Aviação brasileira. Comando da Aeronáutica, 2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/Marina/Downloads/nsca3-3-2013-gestao.pdf>> Acesso em: set. 2017

<sup>28</sup> BRASIL, Pompeo de Sousa. Da coercitividade jurídica das recomendações produzidas no âmbito do SIPAER – algumas propostas. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/218/236>> Acesso em: out. 2017

A emissão de recomendações de segurança é o meio pelo qual a investigação aeronáutica do SIPAER contribui para evitar que novos acidentes ocorram sob as mesmas condições, contendo juízo de valor sobre as condições de segurança sem se ater, contudo, a qualquer forma de responsabilização, punição ou sanção<sup>29</sup>.

No mesmo sentido, encontra-se o NSCA 3-13, *litteris*:

7.6 O Relatório Final não tem por objetivo estabelecer o grau de contribuição de cada fator na investigação.

7.7 O Relatório Final não decorre do contraditório e da ampla defesa, e não recorre a qualquer procedimento de prova para apuração de responsabilidade civil ou criminal; estando em consonância com o item 3.1 do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro através do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.

7.8 O uso do Relatório Final para qualquer propósito que não o de prevenção de futuros acidentes aeronáuticos, incidentes aeronáuticos graves e incidentes aeronáuticos poderá induzir a interpretações e conclusões errôneas (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2014).

Pelo acima transcrito é possível extrair características do Relatório Final e das recomendações de segurança, dentre elas a inserção de causas não comprovadas, a falta denexo causal entre os fatores verificados e o elemento subjetivo, dentre outros, que impedem sua aplicação no processo judicial, visto o conflito de propósitos, metodologia e princípios entre as esferas (penal e aeronáutica).

### 2.3 Princípios da Investigação Aeronáutica

Conforme supracitado, o SIPAER possui princípios próprios, fundados em tratados, leis e legislação complementar, destinados exclusivamente à garantia de um espaço aéreo seguro, não se confundindo, portanto, com as premissas do processo penal.

Desta forma, a formação deste “*microsistema jurídico*”<sup>30</sup> deve-se à necessidade de proteger as informações colhidas durante a investigação de um acidente aeronáutico, com o propósito de gerar confiança entre os operadores aéreos, resultando no repasse de informações ao próprio SIPAER<sup>31</sup>.

Marcelo Honorato exemplifica aspectos particulares da investigação SIPAER, que se mostram opostos aos verificados nos âmbitos da persecução penal e administrativa, *litteris*:

A título de exemplo, podemos destacar como aspectos especiais da investigação SIPAER: a busca de condições inseguras e não de indícios de autoria; conclusão investigativa concretizada na emissão de recomendações de segurança e não na determinação de culpa ou responsabilidade; direcionamento das recomendações a pessoas ou órgãos que possam eliminar ou mitigar as condições inseguras detectadas e não a pessoas que tenham relação direta com o caso concreto; e sopesamento valorativo de hipóteses e probabilidades com a mesma relevância de fatos concretos (HONORATO, 2012).

No mesmo sentido, Regis Vinicius Silva Barreto afirma que a investigação aeronáutica tem “*sua forma e estrutura baseada em uma racionalidade lógica e ampla, distinta das investigações cíveis ou criminais que se vinculam ao fato-objeto do dissídio*”<sup>32</sup>.

<sup>29</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 521

<sup>30</sup> HONORATO, Marcelo. Os princípios jurídicos do sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos – Sipaer. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/214/248>> Acesso em: set. 2017

<sup>31</sup> DANTAS, Flávia Tavares. A Investigação de acidentes aeronáuticos e a apuração da responsabilidade penal. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/230/249>> Acesso em: out. 2017

<sup>32</sup> BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 17



### 2.3.1 Princípio da Preservação da Vida Humana

O princípio da preservação da vida humana, nas palavras de Marcelo Honorato, é o princípio-matriz do SIPAER, ao concentrar o principal esforço das atividades do órgão. É possível perceber a importância dada a este princípio logo no art. 1º do Decreto 87.249 de 1982 – o qual instituiu o SIPAER, quando este dispõe:

**Art. 1º.** O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), instituído pelo Decreto nº 69.565, de 19 de novembro de 1971, tem a finalidade de planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos.

§ 1º. Para efeito deste Decreto, as atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos são as que envolvem as tarefas realizadas com a finalidade de evitar perdas de vidas e de material decorrentes de acidentes aeronáuticos.

Sobre a preservação da vida, Regis Barreto pondera que, não obstante não haver hierarquia entre os direitos fundamentais, é incontroversa a importância do direito à vida, uma vez que sem ela, todos os outros direitos perderiam sentido<sup>33</sup>.

O princípio da preservação da vida humana não se restringe aos tripulantes das aeronaves acidentadas (profissionais da aviação e passageiros), mas também toda a coletividade que, porventura, possa ser afetada em casos de acidentes aeronáuticos.

Para atingir esse propósito, o Código Brasileiro de Aeronáutica, em seu art. 87, estabelece que todos os envolvidos na aviação brasileira (Elos-Sipaer) são responsáveis pela prevenção de acidentes aeronáuticos, reforçando a importância do Relatório de Prevenção, como já visto.

### 2.3.2 Princípio da Neutralidade Jurisdicional e Administrativo-Disciplinar

Conforme já foi possível se extrair do analisado até o momento, a investigação aeronáutica é um procedimento administrativo investigativo que possui a finalidade precípua de evitar novos acidentes aeronáuticos, obtida através de análises especulativas, diferentemente do que se espera de um sistema persecutório, como o processo penal.

Por essa razão, a neutralidade jurisdicional se torna imperiosa, a fim de evitar que as conclusões especulativas do órgão aeronáutico sejam aplicadas em processos com a finalidade sancionadora.

Honorato pondera que caso fosse exigido da investigação SIPAER juízo de certeza, como ocorre com perícias científicas, o procedimento do órgão perderia sua capacidade preventiva, na medida em que deixaria de considerar hipóteses e probabilidades (art. 88-A) – comuns em casos de acidentes aeronáuticos que muitas vezes resulta no falecimento dos tripulantes e destruição da aeronave, fatores que dificultam a análise precisa do que levou ao sinistro<sup>34</sup>.

Ademais, por não contar com a presença de partes – litigantes –, as conclusões do procedimento de investigação do SIPAER resumem-se na prolação de recomendações de segurança que, conforme já foi visto, não estabelece relação causal entre os destinatários das recomendações e a autoria delitiva de determinado acidente, tampouco respeita o contraditório e a ampla defesa. Por essa razão, é seguro afirmar que os efeitos da investigação aeronáutica devem restringir-se à esfera operacional, a fim de evitar sua aplicação indevida em processos sancionadores e, com isso, gerar efeito negativo a terceiros<sup>35</sup>.

Outro ponto essencial dentro do princípio da neutralidade jurisdicional e administrativa é o disposto no art. 88-C do CBA (alterado pela Lei nº. 12.970/14), no qual se afirma que a investigação aeronáutica não suprirá a necessidade de outras investigações, tampouco impedirá a instauração de outros procedimentos. Para Paulo Murillo Calazans, essa alteração na legislação aeronáutica, adéqua o Brasil às recomendações do Anexo 13 da Convenção de Chicago, com a pretensão de “*otimizar o trabalho necessariamente coordenado entre órgãos estatais diversos, cada um com função igualmente importante*”<sup>36</sup>.

Isso se deve, novamente, aos interesses opostos de cada investigação e a forma como cada uma deve ser levada, a fim de evitar ilicitudes probatórias. Ressalte-se, contudo, que a vedação de suplementação presente no art. 88-C, diz respeito apenas ao disposto no art. 88-I, § 2º, isto é, as análises e conclusões do SIPAER e das informações fornecidas voluntariamente por terceiros. Assim, na prática, ocorre repasse de informações entre os procedimentos, desde que não envolvam as exceções feitas pela legislação aeronáutica<sup>37</sup>.

<sup>33</sup> BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 18

<sup>34</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 440-452

<sup>35</sup> DANTAS, Flávia Tavares. A Investigação de acidentes aeronáuticos e a apuração da responsabilidade penal. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/230/249>> Acesso em: out. 2017

<sup>36</sup> CALAZANS, Paulo Murillo. A Nova Lei 12.970/14 e a Investigação de Acidentes Aeronáuticos no Brasil. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31328/a-nova-lei-12-970-14-e-a-investigacao-de-acidentes-aeronauticos-no-brasil>> Acesso em: out. 2017

<sup>37</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 443.

Quanto à neutralidade jurisdicional da investigação aeronáutica, ainda se pode citar legislações diversas, as quais dispõem sobre a finalidade da investigação aeronáutica – qual seja, a prevenção de novos acidentes – e o desvirtuamento que pode ser gerado se não for respeitada sua neutralidade. Nesse sentido, podemos citar: a Mensagem de Veto 805, a Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica 3-13/2014 (NSCA 3-13), o Anexo 13 e a própria Lei 12.970/14, em seu art. 88-B.

O último ponto abordado por Marcelo Honorato ao conceituar o princípio da neutralidade jurisdicional e administrativo-disciplinar, é o dever de comunicação de indícios de crime detectados pelo profissional do SIPAER no curso da investigação aeronáutica (art. 88-D). Dever esse que não se restringe à *delatio criminis* referente apenas a crimes relacionados com a cadeia causal do acidente aéreo (art. 261, §§1º e 3º do Código Penal), mas também de outros delitos, exemplo: transporte de drogas em aeronave acidentada, evitando que ocorram prejuízos à esfera criminal<sup>38</sup>.

Honorato pondera, ainda, que a comunicação de indícios da ocorrência de crime (dolosos ou culposos), não afeta a investigação aeronáutica, tanto por não exigirem do SIPAER um juízo de valor mais aprofundando, mas somente a constatação de indícios, quanto porque o art. 88-A, §2º, afasta da competência do SIPAER essa classe de condutas, não trazendo, portanto, quaisquer efeitos prejudiciais à confiança entre os operadores aéreos e os investigadores do SIPAER, até mesmo devido ao fato de que os reportes voluntários não podem conter delações de condutas criminosas (conforme disposto no tópico 1.2 do presente estudo).

Ressalte-se que as condutas relatadas pelo sistema de reporte voluntário (as quais não podem ser utilizadas em procedimentos criminais), descrevem erros humanos e falhas procedimentais que representam fatos destituídos de resultado naturalístico, logo, atípicos e, portanto, afastados do dever legal de comunicação.<sup>39</sup>

### 2.3.3 Princípio da Proteção e Sigilo da Fonte, Princípio da Confiança e Princípio da Participação Voluntária

O Princípio da Participação Voluntária aplica-se nas entrevistas e análises de dados coletados do reporte voluntário, com os quais a investigação do SIPAER tem acesso e, portanto, assegura sua aplicação exclusivamente a fins preventivos (princípio da proteção e sigilo da fonte), com o fito de garantir a confiança dos colaboradores (princípio da confiança), de que sua colaboração não poderá ser usada em processos judiciais e administrativos sancionadores.

Essa proteção garantida às informações voluntárias e, por vezes, espontâneas (não confundir os dois termos), está calcada na política de segurança da aviação, que vislumbra na confiança gerada entre colaboradores uma de suas fontes mais importantes de informação, e, com isso, uma peça fundamental na manutenção da segurança da atividade aérea, indo de acordo com o item 5.12 do Capítulo 5 do Anexo 13 da Convenção de Chicago<sup>40</sup>.

Assim, a Lei 12.970/14 alterou o Código Brasileiro de Aeronáutica para definir que todas as fontes SIPAER dispostas no art. 88-I, ressalvadas as hipóteses do art. 88-I, §2º<sup>41</sup>, podem ser empregadas com fins probatórios, desde que atendido ao requisito do art. 88-K da Lei 12.970/14, no qual se exige a requisição judicial, bem como à oitiva de autoridade do SIPAER, previamente ao compartilhamento de informações.

Nesse ponto, Honorato explica que, para quaisquer outros fins, que não os probatórios, as informações dispostas no art. 88-I (ressalvadas, novamente, as hipóteses do §2º, que sempre exigirão requisição judicial), podem ser fornecidas sem a devida requisição judicial. Para melhor elucidação do exposto, tabela sobre a divulgação das informações à luz da Lei 12.970/14:

<b>O que pode ser compartilhado sem requisição judicial (sem fins probatórios) ou com requisição judicial (para fins probatórios)</b>	<b>O que pode ser compartilhado, mediante requisição judicial, mas nunca com fins probatórios</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

<sup>38</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 448-449.

<sup>39</sup> Ibid., Pg. 451.

<sup>40</sup> BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 27

<sup>41</sup> Art. 88-I [...]

§2º A fonte de informações de que trata o inciso III e as análises e conclusões da investigação Sipaer não serão utilizadas para fins probatórios nos processos judiciais e procedimentos administrativos, e somente serão fornecidas mediante requisição judicial, observado o artigo 88-K desta lei”.

<p>Elementos fáticos, isentos de valoração (art. 88-I, exceto inciso III).</p> <p><i>I - gravações das comunicações entre os órgãos de controle de tráfego aéreo e suas transcrições; II - gravações das conversas na cabine de pilotagem e suas transcrições; (...); IV - gravações das comunicações entre a aeronave e os órgãos de controle de tráfego aéreo e suas transcrições; V - gravações dos dados de voo e os gráficos e parâmetros deles extraídos ou transcritos ou extraídos e transcritos; VI - dados dos sistemas automáticos e manuais de coleta de dados; e VII - demais registros usados nas atividades Sipaer, incluindo os de investigação.</i></p>	<p>Art. 88-I, §2º</p> <p><i>III - dados dos sistemas de notificação voluntária de ocorrências;</i></p> <p><i>§ 2º A fonte de informações de que trata o inciso III do caput e as análises e conclusões da investigação Sipaer não serão utilizadas para fins probatórios nos processos judiciais e procedimentos administrativos e somente serão fornecidas mediante requisição judicial, observado o art. 88-K desta Lei.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Não se pode olvidar, ademais, que a oitiva da autoridade aeronáutica, prévia ao compartilhamento de informações do art. 88-I, resguarda o Princípio da Verdade Real. Isso se dá visto que a investigação aeronáutica se utiliza de hipóteses não comprovadas e possui caráter especulativo, desta forma, o investigador do SIPAER possui autoridade para explicar os dados a serem fornecidos, bem como evitar a inserção de informações especulativas no processo judicial, evitando a violação de princípios tanto aeronáuticos como processuais penais.

Outro detalhe que merece destaque é o fato de que as informações do art. 88-I (sigilosas), uma vez que passem a constar em processos judiciais, fazem com que este tramite sob sigilo de justiça, a fim de continuar garantindo a segurança das informações (art.88-J, Lei 12.970/14).

Todo esse sigilo garantido às informações colhidas pelo SIPAER tem respaldo não apenas na legislação aeronáutica (CBA, NSCA 3-13/2014) e na Convenção de Chicago (Anexo 13), mas como também na Lei 12.527/2011 – Lei de Acesso a Informações<sup>42</sup>.

Sobre a Lei é importante discorrer que, nos termos do art. 23, é possível garantir sigilo de determinadas informações da Administração Pública, sem que com isso, viole-se o direito constitucional ao acesso à informação. Nesse passo, com a análise do supracitado, é possível perceber que a divulgação de informações de contribuição voluntária enfraquece a confiança dos operadores de voo e, com isso, prejudica o andamento da investigação aeronáutica, refletindo diretamente, no direito constitucional à segurança do transporte público. Tais informações, portanto, encontram claro respaldo no art. 23, III da Lei 12.527<sup>43</sup>.

Não obstante a aparente “inacessibilidade” dos dados da investigação SIPAER, é imperioso ressaltar, por fim, que o sigilo se refere, principalmente, às investigações não concluídas, pois o Relatório Final emitido pelo CENIPA é documento público, disponibilizado na rede mundial de computadores, sem qualquer grau de sigilo. Ressalve-se, contudo, que nos Relatórios Finais divulgados na *internet*, os nomes das pessoas entrevistadas e que colaboraram com as investigações são omitidos com o fito de resguardar o sigilo da fonte e a confiança depositada na autoridade aeronáutica<sup>44</sup>.

#### 2.3.4 Princípio da Máxima Eficácia Preventiva: a *conditio sine qua non*

O princípio da Máxima Eficácia Preventiva, para Regis Barreto é o princípio que melhor estabelece a distinção necessária entre a investigação do SIPAER e aos processos que visam à imputação de responsabilidade<sup>45</sup>.

Marcelo Honorato explica que este princípio decorre da busca por quaisquer elementos que possam ter contribuído para o acidente aéreo, inclusive hipóteses, causas indiretas com o sinistro e condições de “*in)segurança*” que serão todos tratados como fatos e receberão a mesma atenção da autoridade aeronáutica responsável pela investigação<sup>46</sup>.

Desta forma, todas essas hipóteses (comprovadas ou não) classificadas como fatores contribuintes, poderão ensejar a emissão de recomendações de segurança (artigos 88-A, §1º e 88-H da Lei 12.970/14).

<sup>42</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 466.

<sup>43</sup> Art. 23. São consideradas imprescindíveis à segurança da sociedade ou do Estado e, portanto, passíveis de classificação as informações cuja divulgação ou acesso irrestrito possam: [...]

III - pôr em risco a vida, a segurança ou a saúde da população;

<sup>44</sup> BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 33

<sup>45</sup> BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 33

<sup>46</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 473.

Nessa toada, importante definir a classificação de fator contribuinte dada pela NSCA 3-13/2014 (Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro):

1.5.12 FATOR CONTRIBUINTE Condição, ação, omissão ou a combinação delas, que se eliminadas, ou mitigadas, podem reduzir a probabilidade do acontecimento de uma ocorrência aeronáutica, ou reduzir a severidade das consequências dessa ocorrência. A identificação do fator contribuinte não implica em uma presunção de culpa ou responsabilidade civil ou criminal (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2014).

Marcelo Honorato explica que o Princípio da Máxima Eficácia Preventiva realiza uma regressão causal ampla, adotando a teoria da *conditio sine qua non*, em uma verdadeira abstração causal: busca da “causa da causa”<sup>47</sup>.

Para isso, o investigador aeronáutico, ao prolar de recomendações de segurança, emprega hipóteses, indícios e qualquer outro fator que possa ter influenciado no acidente aéreo, a fim de atingir a finalidade máxima da investigação realizada pelo SIPAER: prevenir novos acidentes e proteger a vida humana.

Desta maneira, Regis Barreto arremata afirmando que o Princípio da Máxima Eficácia Preventiva tem como finalidade impedir novos acidentes, através do:

(...) levantamento de vários fatores contribuintes e mera abordagem hipotética ou especulativa, pois assim é possível a prolação de Recomendações de Segurança, ferramentas hábeis a interromper ou corrigir problemas em potencial relativos à segurança da aviação (BARRETO, 2015, Pg. 40).

É possível concluir, da leitura do presente capítulo, que a investigação aeronáutica é norteadada por princípios e legislação diversas da investigação penal. Acrescido a essa diferença, os dois institutos possuem finalidades igualmente distintas. Enquanto para a investigação realizada pelo SIPAER o objetivo é prevenir novos acidentes e, com isso, salvar vidas. O processo penal volta sua atenção à responsabilização de agentes.

Por essa razão, torna-se imperioso analisar, em um próximo momento, os princípios e conceitos basilares do processo penal, com o intuito de enriquecer o cotejo aqui proposto.

### 3 O Processo Penal

O processo penal, nas palavras de Renato Brasileiro de Lima, “*funciona como instrumento do qual se vale o Estado para a imposição de sanção penal ao possível autor do fato delituoso*”<sup>48</sup>. O autor acrescenta que, visto que a restrição à liberdade de locomoção pode ser um dos resultados da aplicação do direito penal, a Constituição Federal estabelece regras que devem ser observadas, garantindo os direitos dos cidadãos ao processo penal justo, com base no Estado de Democrático de Direito.

Assim, o confronto entre o respeito aos direitos fundamentais e um sistema criminal eficiente leva à busca de um equilíbrio, onde o devido processo legal não interfira no sistema persecutório, evitando, ao mesmo tempo, abusos e hipergarantismos<sup>49</sup>.

Nesse mesmo sentido, Aury Lopes Jr. afirma que o processo penal é o instrumento de efetivação das garantias constitucionais<sup>50</sup>. Desta forma, citando J. Goldschmidt, Aury conclui que o processo penal nada mais é do que um reflexo da política estatal; logo, em um Estado de Democrático de Direito como o Brasil, o processo penal deve ser igualmente democrático.

Ainda sobre o assunto, Aury Lopes Jr. defende que o processo não pode ser visto como um instrumento do poder punitivo (direito penal), é preciso se enxergar o processo penal como um caminho necessário para se alcançar, de forma legítima, a pena. Por legitimidade, entende-se a observação às regras e garantias constitucionais<sup>51</sup>.

Desta forma, é possível extrair que, cometida uma infração penal, tipificada (princípio da legalidade), surge o direito-dever de punir (pretensão punitiva), conforme explica Guilherme Nucci<sup>52</sup>. A partir de então, surge o processo penal, como “*corpo de normas jurídicas com a finalidade de regular o modo, os meios e os órgãos encarregados de punir do Estado, realizando-se por intermédio do Poder Judiciário, constitucionalmente incumbido de aplicar a lei ao caso concreto*”<sup>53</sup>.

<sup>47</sup> Ibid., Pg. 477.

<sup>48</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 37

<sup>49</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 37

<sup>50</sup> LOPES JUNIOR, Aury. Fundamento do Processo Penal: Introdução Crítica. 2. Ed – São Paulo: Saraiva, 2016. Pg. 31

<sup>51</sup> Ibid., Pg. 34

<sup>52</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 67

<sup>53</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 67

O processo penal, o qual tem início com o recebimento da exordial acusatória (seja a denúncia ou a queixa-crime), conta muitas vezes com os elementos de prova colhidos no procedimento administrativo inquisitório, presidido pela autoridade policial, a que chamamos de inquérito policial. Desta maneira, cabe à autoridade policial realizar diligências com o intuito de se identificar fontes de provas e colheita de informações que possam levar à autoria e materialidade de determinado crime, para só então, em posse de tais dados, o titular da ação penal (no caso do Brasil, o Ministério Público) possa ingressar em juízo. Extrai-se, portanto, que o inquérito policial é um procedimento de natureza administrativa, pois o início da pretensão acusatória só ocorre quando o *dominus litis* aciona o judiciário<sup>54</sup>.

Outro ponto que é importante destacar é que não se refere a “provas” no inquérito policial. Renato Brasileiro explica que o termo só pode ser utilizado aos elementos de convicção produzidos no processo judicial, ou seja, que tenham atendido aos princípios do contraditório e da ampla defesa. Faz saber:

A participação do acusador, do acusado e de seu advogado é condição sine qua non para a escoreita produção da prova, assim como também o é a direta e constante supervisão do órgão julgador, (...). Funcionando a observância do contraditório como verdadeira condição de existência da prova, só podem ser considerados como prova, portanto, os dados de conhecimento introduzidos no processo na presença do juiz e com a participação dialética das partes (LIMA, 2016, Pg. 107).

Cumprido frisar, no entanto, que o termo “prova”, inobstante o entendimento esposado pela doutrina, é aplicado em sentido *latu sensu* pela prática forense, podendo referir-se tanto a elementos de prova colhidos no durante o inquérito policial, como também provas produzidas no curso do processo penal, com atenção ao contraditório das partes.

Nesse passo, verifica-se que na maioria dos casos, o Estado é o ente legitimado para ingressar com a ação penal (excetuando-se as ações penais privadas). No entanto, mesmo em casos de ação privada, o Estado é o único titular do poder de punir, suprimindo o instituto da vingança privada (ou “justiça com as próprias mãos”), o Estado toma para si o direito de proteger não só a comunidade, como também o próprio réu<sup>55</sup>.

Aury Lopes defende que o processo penal atua como meio para que o Estado possa realizar essa proteção. A observância das normas e dos institutos pré-estabelecidos permite que um terceiro imparcial aplique o direito material e processual na averiguação da ocorrência de um delito e, posteriormente, na determinação da sanção.

Para garantir todos os direitos constitucionais das partes envolvidas em um litígio penal, é imprescindível a observância aos princípios fundamentais do processo penal, tema do próximo tópico, no qual veremos alguns destes princípios, essenciais ao deslinde do estudo.

### 3.1 Princípios do Processo Penal

Sobre a matéria de princípios processuais, cumpre iniciar a discussão com a lição de Antonio Carlos de Araújo Cintra, Ada Pellegrini Grinover e Cândido Rangel Dinamarco em obra conjunta intitulada Teoria Geral do Processo, na qual os autores conceituam:

Considerando os escopos sociais e políticos do processo e do direito em geral, além do seu compromisso com a moral e a ética, atribui-se extraordinária relevância a certos princípios que não se prendem à técnica ou à dogmática jurídicas, trazendo em si seríssimas conotações éticas, sociais e políticas, valendo como algo externo ao sistema processual e servindo-lhe de sustentáculo legitimador (CINTRA, GRINOVER, DINAMARCO, 2013, Pg. 59).

Nucci sustenta, ainda, que o termo princípios, no âmbito do Direito, significa um postulado que se irradia por todo o sistema de normas, “*fornecendo um padrão de interpretação, integração, conhecimento e aplicação do direito positivo, estabelecendo uma meta maior a seguir*”, com profunda ligação e interdependência com os direitos humanos fundamentais.<sup>56</sup>

#### 3.1.1 Princípio da Busca da Verdade Real

Renato Brasileiro de Lima contextualiza que o Princípio da Busca da Verdade Real tem origem na ideia de que, estando em jogo a própria liberdade do acusado, deveria o magistrado buscar a verdade real – ou material –. Assim, a pretexto de descobrir

<sup>54</sup> LIMA, op. Cit., Pg. 107

<sup>55</sup> LOPES JUNIOR, Aury. Fundamento do Processo Penal: Introdução Crítica. 2. Ed – São Paulo: Saraiva, 2016. Pg. 62

<sup>56</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 70

a verdade, premissa indispensável à realização da pretensão punitiva do Estado, eram praticadas arbitrariedades e violações de direito<sup>57</sup>.

Atualmente, cientes de que a obtenção da verdade real, como almejada, é um ideal inatingível, o intérprete passa a buscar a maior aproximação possível da certeza dos fatos. Por essa razão o Princípio passa a se chamar Busca da Verdade Real. No mesmo sentido, o magistério de Guilherme Nucci afirma:

Entretanto, como vimos, o próprio conceito de verdade é relativo, de forma que é impossível falar em verdade absoluta ou ontológica, mormente no processo, julgado e conduzido por homens, perfeitamente falíveis em suas análises e cujos instrumentos de busca do que realmente aconteceu podem ser insuficientes (NUCCI, 2015, Pg. 93).

Disposto no art. 156 do Código de Processo Penal, este princípio permite ao magistrado a produção *ex officio* de provas, com o intuito de robustecer o processo e, conseqüentemente, sua convicção, funcionando o juiz como *copartícipe* na busca de provas<sup>58</sup>.

Renato Brasileiro e Guilherme Nucci reforçam, ainda, que não obstante a necessidade de se aproximar o máximo possível da verdade real, o Princípio da Busca da Verdade Real não mais funciona como amparo a violações das garantias fundamentais das partes. Desta forma, não serão admitidos no processo provas obtidas por meios ilícitos (art. 5º, LVI), é imposto limitações aos depoimentos de testemunhas que têm ciência do fato em razão do exercício de profissão, ofício, função ou ministérios (art. 207, CPP), dentre outras.

### 3.1.2 Princípios do Contraditório e da Ampla Defesa

Na lição de Guilherme Nucci, o Princípio do Contraditório diz respeito à obrigatoriedade de que, qualquer alegação ou apresentação de prova feita no curso de um processo penal, por uma das partes, seja dada à outra parte o direito de se manifestar.

Desta forma, o juiz, enquanto figura imparcial e equidistante das partes, concede a elas, de forma igualitária, a oportunidade de expor suas razões e apresentar as provas que julgar necessárias para embasar sua opinião. Da união das teses apresentadas pelas partes (tese e antítese), ao juiz é possibilitado realizar a síntese, *em um processo dialético*. As partes, portanto, atuam como colaboradores do judiciário, na qual a ação conjunta destas “*serve à justiça na eliminação do conflito ou controvérsia que os envolve*”<sup>59</sup>.

Garantido pelo art. 5º, LV da Constituição Federal, o Princípio do Contraditório funciona como um “direito à informação” e “direito à participação”, impossibilitando que no processo sejam feitas demandas e realizados atos dos quais qualquer uma das partes não tenha ciência e/ou não possa se manifestar<sup>60</sup>.

Renato Brasileiro explica que é por essa razão que a palavra “prova” só pode ser utilizada a elementos produzidos no curso do processo penal. A prova precisa ser produzida em atendimento ao contraditório e à ampla defesa, com a participação das partes e do órgão julgador, a fim de garantir, entre outros direitos, o da busca pela verdade real. Nesse sentido, existe o art. 155 do Código de Processo Penal no qual se dispõe sobre a necessidade do magistrado de formar sua convicção através da prova produzida em contraditório judicial<sup>61</sup>.

É possível concluir, portanto, que o Princípio do Contraditório permite às partes uma participação ativa no processo judicial, lhes garantindo o dever de contestar, demandar e se manifestar sobre atos e provas que lhes pareçam devidos ou indevidos. Assim, configura-se como Princípio fundamental para um processo penal justo e garantidor dos direitos constitucionais das partes.

Assim como o Princípio do Contraditório, o Princípio da Ampla Defesa é garantido pela carta magna no art. 5º, LV<sup>62</sup>. Sob este Princípio, é garantido ao réu o direito de se defender, lançando mão de métodos variados<sup>63</sup>, em estrita relação ao direito à

<sup>57</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 66

<sup>58</sup> Ibid., Pg. 95

<sup>59</sup> CINTRA, Antonio Carlos de Araújo. GRINOVER, Ada Pellegrini. DINAMARCO, Cândido Rangel. Teoria Geral do Processo. 29. Ed. – São Paulo: Malheiros Editores, 2013. Pg. 64

<sup>60</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 49

<sup>61</sup> “Art. 155. O juiz formará sua convicção pela livre apreciação da prova produzida em contraditório judicial, não podendo fundamentar sua decisão exclusivamente nos elementos informativos colhidos na investigação, ressalvadas as provas cautelares, não repetíveis e antecipadas.”

<sup>62</sup> “LV - aos litigantes, em processo judicial ou administrativo, e aos acusados em geral são assegurados o contraditório e ampla defesa, com os meios e recursos a ela inerentes;”

<sup>63</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 74

informação. Por essa razão, os Princípios do Contraditório e Ampla Defesa, como observado na Constituição Federal, andam intimamente ligados.

Por derradeiro, Renato Brasileiro alerta que, não obstante a relação entre os dois Princípios, estes não se confundem, assim ele explica a distinção, se utilizando da lição de Antônio Scarance Fernandes:

Com efeito, por força do princípio do devido processo legal, o processo penal exige partes em posição antagônicas, uma delas obrigatoriamente em posição de defesa (ampla defesa), havendo a necessidade de que cada uma tenha o direito de se contrapor aos atos e termos da parte contrária (contraditório). Como se vê, a defesa e o contraditório são manifestações simultâneas, intimamente ligadas pelo processo, sem que daí se possa concluir que uma derive da outra (LIMA, 2016, Pg.51).

### 3.1.3 Princípio do *Nemo tenetur se detegere*

O Princípio do *Nemo tenetur se detegere* encontra respaldo no art. 5º, LXIII da Constituição Federal, no qual é garantido ao preso o direito de permanecer calado. Assim, trata-se da premissa de que ninguém é obrigado a produzir provas contra si mesmo. Além da Constituição, acrescenta Renato Brasileiro de que o Princípio é garantido pelo Pacto Internacional dos Direitos Civis e Políticos (art. 14.3, “g”) e pela Convenção Americana sobre Direitos Humanos (art. 8º, §2º, “g”)<sup>64</sup>.

O Princípio garante ao indivíduo o direito à passividade e também proíbe a utilização de qualquer meio de coerção ou intimidação ao investigado com o intuito de obter uma confissão. Nesse passo, Renato Brasileiro afirma que a doutrina passou a interpretar o dispositivo constitucional de forma abrangente, aplicando-o a qualquer cidadão, solto ou preso, indiciado ou não, ninguém é obrigado a confessar um crime.

O titular do direito de não produzir prova contra si mesmo é, portanto, qualquer pessoa que possa se autoincriminar. Qualquer indivíduo que figure como objeto de procedimentos investigatórios policiais ou que ostente, em juízo penal, a condição jurídica de imputado, tem, dentre as várias prerrogativas que lhe são constitucionalmente asseguradas, o direito de não produzir prova contra si mesmo: *Nemo tenetur se detegere* (LIMA, 2016, Pg.71).

Para Mariana Mayumi Monteiro, o Princípio da Não Autoincriminação se traduz não apenas como um dos mais importantes princípios aplicáveis no contexto da produção probatória, mas também exerce função essencial na construção de um sistema punitivo compatível com o Estado Democrático de Direito<sup>65</sup>.

Para a autora, por essa razão o *privilege against self-incrimination*, dos Estados Unidos, garantido pela Quinta Emenda à Constituição norte-americana, “*encontra-se primordialmente vinculado à preocupação quanto aos eventuais abusos que poderiam ser cometidos pelos policiais contra suspeitos submetidos a interrogatório, especialmente no momento da prisão*”<sup>66</sup>.

Cita a autora, ainda, o caso emblemático *Miranda v. Arizona* de 1966, de cuja decisão foi extraído um conjunto de regras sobre confissão e estabelecidos requisitos para a realização de interrogatórios sob custódia, comumente conhecido como *Miranda Warning*<sup>67</sup>. Foi a partir desse caso que se garantiu ao indivíduo o direito de permanecer em silêncio, sem que isto resulte em confissão ficta ou fator prejudicial no curso do processo penal.

Renato Brasileiro afirma que no Brasil, no mesmo molde do *Miranda Warning* dos Estados Unidos, é preciso informar ao acusado de seus direitos, inclusive o de permanecer calado, sob pena de ilicitude de provas obtidas<sup>68</sup>. Nessa esteira, o Supremo Tribunal Federal entendeu que a omissão em informar ao preso de seus direitos, de fato, gera nulidade e “*impõe a desconsideração de todas as informações incriminatórias dele anteriormente obtidas, assim como das provas delas derivadas*”<sup>69</sup>.

Possível concluir, portanto, ao se realizar uma regressão ao Capítulo 1, que a utilização das participações voluntárias – uma vez que consistem na colaboração com a garantia de uso exclusivo para fins preventivos, e por essa razão não se lhe impõem a obrigatoriedade de informar os direitos – em processos penais poderia, pela análise do disposto até o momento, macular a

<sup>64</sup> Ibid., Pg. 71

<sup>65</sup> MONTEIRO, Mariana Mayumi. O Princípio da Não Autoincriminação no Processo Penal Brasileiro. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2013. Pg.4

<sup>66</sup> Ibid., Pg.8

<sup>67</sup> *Miranda Warning (Miranda v. Arizona, 1966)*. Disponível em: <<http://www.mirandawarning.org/historyofmirandawarning.html>> Acesso em: out. 2017

<sup>68</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 72

<sup>69</sup> Ibid., Pg. 72



colaboração, bem como tudo que dela derivou (teoria dos frutos da árvore envenenada), pelo fato de não terem sido informados ao colaborador de seus direitos constitucionais.

### 3.1.4 Princípio da Inadmissibilidade das provas obtidas por meio ilícito

O Princípio da Inadmissibilidade das provas obtidas por meio ilícitos encontra previsão no art. 5º, LVI da Constituição Federal<sup>70</sup>. Assim, a sanção aplicada às provas ilícitas é a sua inadmissibilidade (desentranhamento dos autos), não se tratando de nulidade da prova<sup>71</sup>.

Sobre o termo “ilícito” Nucci leciona que o conceito deriva do latim *illicitus*, possuindo o sentido restrito de significar algo proibido por lei e o sentido amplo, que configura como ilícito algo contrário à moral, aos bons costumes e aos princípios gerais de direito. Com base na Constituição, afirma o autor que se aplica o sentido amplo da palavra<sup>72</sup>.

Dentro do processo penal, a ilicitude pode ser formal – forma como foi introduzida no processo é vedado por lei –, ou material – a forma como foi obtida a prova é proibida por lei –. Assim, o ilícito abrange o ilegalmente colhido e o ilegitimamente produzido, podendo ser consideradas ilícitas as provas obtidas em violação a normas penais ou processuais penais<sup>73</sup>.

As provas ilegítimas, por outro lado, ocorrem quando são obtidas através de violação à norma de direito processual, em regra, no curso do processo<sup>74</sup>. Poder-se-ia citar como exemplo a proibição de depor em relação a fatos que envolva o sigilo profissional (art. 207, CPP) – exemplo que permite a analogia à Lei 12.970/14, quando esta veda a participação em juízo de profissional que tenha atuado na investigação aeronáutica (art. 88-E, parágrafo único).

As provas ilegítimas, diferentemente das ilícitas, na visão de Renato Brasileiro, são resolvidas dentro do processo, de acordo com as “*regras processuais que determinam as formas e as modalidades de produção da prova, com a sanção correspondente a cada transgressão (reconhecimento de irregularidade, nulidade absoluta ou relativa, etc.)*”<sup>75</sup>.

Seguindo na análise das provas ilícitas, foi adotada no Brasil a teoria *fruits of the poisonous tree* (teoria dos frutos da árvore envenenada, ou, ainda, ilicitude por derivação).

A teoria, nascida na Suprema Corte norte-americana, no caso *Silverthorne Lumber Co v. US* (1920), cunhada no caso *Nardone v. US*, e posteriormente internalizada pela jurisprudência brasileira, dispõe que uma vez classificada como prova ilícita, esta prova irá contaminar todas as outras que a partir dela foram obtidas, salvo se estas últimas puderem ser obtidas por fonte independente da ilícita ou ficar provada a ausência de nexo causal entre uma e outra<sup>76</sup> (nos termos do art. 157, *caput* e §1º da Lei n. 11.690 de 2008).

Sobre a teoria dos frutos da árvore envenenada, Fabiano Yuji Takayanagi, ao citar Eugênio Pacelli, resume sua importância:

Ademais, a absorção dessa teoria sob forma legal teve grande importância, caso contrário os efeitos sem ela poderiam ser nefastos. Explica Eugênio Pacelli de Oliveira que ‘se os agentes produtores da prova ilícita pudessem dela se valer para obtenção de novas provas, a cuja existência somente se teria chegado a partir daquela (ilícita), a ilicitude da conduta seria facilmente contornável. Bastaria a observância da forma prevista em lei, na segunda operação, isto é, na busca das provas obtidas por meio das informações extraídas pela via da ilicitude, para que se legalizasse a ilicitude da primeira (operação). Assim, a teoria da ilicitude por derivação é uma imposição da aplicação do princípio da inadmissibilidade das provas obtidas ilicitamente (TAKAYANAGI, 2014, Pg. 48).

Extrai-se, portanto, que a forma de obtenção das provas, bem como sua inclusão no processo penal deve observar as garantias constitucionais e as diretrizes processuais penais, a fim de evitar que tais informações se tornem inutilizáveis por ilicitude.

<sup>70</sup> “LVI - são inadmissíveis, no processo, as provas obtidas por meios ilícitos;”

<sup>71</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 612

<sup>72</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 81

<sup>73</sup> NUCCI, op. Cit., Pg. 81

<sup>74</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 609

<sup>75</sup> Ibid., Pg. 612

<sup>76</sup> BARCHET, Fabiane. SULZBACH, Camila Furini. PEREIRA, Adriane Damian. Provas Proibidas no Processo Penal. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, 2010. Pg. 11

### 3.2 Provas no Processo Penal

Na obra Teoria Geral do Processo, os autores Antonio Carlos de Araújo Cintra, Ada Pellegrini Grinover e Cândido Rangel Dinamarco definem prova como sendo o instrumento através do qual o magistrado forma sua convicção a respeito da ocorrência, ou não, dos fatos controvertidos no processo<sup>77</sup>.

Com a mesma origem etimológica de *probo* (do latim, *probatio e probus*), a palavra prova carrega consigo ideias de verificação, inspeção, exame, aprovação ou confirmação<sup>78</sup>.

Nesse passo, Renato Brasileiro identifica três acepções para a palavra prova. A primeira diz respeito à prova como atividade probatória, ou seja, produção dos meios necessários à formação da convicção do intérprete sobre a veracidade, ou não, de uma alegação sobre um fato importante à solução da causa<sup>79</sup>. O autor pondera que, não obstante o direito das partes à produção de provas, esse direito não é absoluto. Fica afastada a possibilidade de utilização de provas que não obedecem ao devido processo legal e que sejam obtidas por meio ilícitos.

O segundo significado consiste na prova como resultado. Por resultado entende-se a convicção sobre os fatos alegados durante o processo pelas partes.

Por fim, o terceiro sentido de prova é o da prova como meio. Seriam, portanto, os instrumentos necessários à formação da convicção do magistrado acerca dos fatos alegados<sup>80</sup>.

Renato Brasileiro pondera que, por não obedecerem ao contraditório e a ampla defesa, a utilização dos elementos da fase investigativa não são idôneos para fundamentar uma condenação, isoladamente<sup>81</sup>.

Para Guilherme Nucci, meios de provas são todos os recursos utilizados para se alcançar a verdade dentro do processo. Para o autor, estes meios podem ser tanto lícitos quanto ilícitos. Logo, todas as provas que não violem princípios e normas do ordenamento jurídico, podem ser produzidas no processo penal<sup>82</sup>.

#### 3.2.1 Fontes de prova, meios de obtenção de prova e meios de prova

Para Renato Brasileiro, as fontes de prova dizem respeito às pessoas ou coisas das quais consegue se extrair a prova, podendo ser classificadas em fontes pessoais (ofendido, acusado, perito, etc.) e em fontes reais (documentos em sentido amplo). As fontes de prova derivam do fato delituoso em si, ou seja, são anteriores ao processo (extraprocessuais) e sua inclusão nos autos se dá através dos meios de prova<sup>83</sup>.

Meios de prova, por sua vez, são os “*instrumentos através dos quais as fontes de prova são introduzidas no processo*”<sup>84</sup>. Caracteriza-se, portanto, como uma atividade endoprocessual desenvolvida perante o juiz e as partes, com a finalidade de fixar dados probatórios no processo.

A última classificação dada por Renato Brasileiro é a dos meios de obtenção da prova (ou meio de investigação). Os meios de obtenção da prova são, em regra, extraprocessuais, regulados por lei, que almejam a obtenção de provas materiais e podem ser realizados por outros funcionários que não o juiz, a exemplo da busca e apreensão<sup>85</sup>.

Renato ressalta, ainda, trazendo à baila a distinção entre o tratamento dado às provas ilícitas e às provas ilegítimas, que é a diferenciação entre meios de prova e meio de obtenção de prova é imperiosa para se dar o devido tratamento em casos de irregularidades no momento de sua produção. Assim, ele explica:

Deveras, eventuais vícios quanto aos meios de prova terá como consequência a nulidade da prova produzida, haja vista referir-se a uma atividade endoprocessual. Lado outro, verificando-se qualquer ilegalidade no tocante à produção de determinado meio de obtenção de prova, a consequência será o reconhecimento de sua inadmissibilidade no processo, diante da violação de regras relacionadas à sua obtenção (CF, art. 5º, LVI), com o conseqüente desentranhamento dos autos do processo (CPP, art. 157, caput) (LIMA, 2016, Pg. 579).

<sup>77</sup> CINTRA, Antonio Carlos de Araújo. GRINOVER, Ada Pellegrini. DINAMARCO, Cândido Rangel. Teoria Geral do Processo. 29. Ed. – São Paulo: Malheiros Editores, 2013. Pg. 385

<sup>78</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 573

<sup>79</sup> Ibid., Pg. 573

<sup>80</sup> Ibid., Pg. 573

<sup>81</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 575

<sup>82</sup> O doutrinador excetua as hipóteses do art. 155, parágrafo único do Código de Processo Penal.

<sup>83</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 579

<sup>84</sup> Ibid., Pg. 579

<sup>85</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 579

### 3.2.2 Índícios no Processo Penal

De acordo com o dicionário *online* Michaelis, indício é uma indicação provável, índice; funcionando no vocábulo jurídico como um “*sinal ou fato que deixa entrever alguma coisa, sem a descobrir completamente, mas constituindo princípio de prova*”<sup>86</sup>.

Para Renato Brasileiro, o indício não é um meio de prova, mas o resultado probatório de um meio de prova<sup>87</sup>, explica-se: o indício funciona como o ponto de partida para a dedução, inferência. Assim, é a partir do indício que se pode provar algum fato indicativo.

Para a pesquisa aqui realizada, de grande relevância a ponderação que Renato Brasileiro faz sobre a utilização de indícios para se condenar alguém. O autor entende que tanto as provas diretas, quanto as indiretas, podem ser utilizadas para formar a convicção do magistrado. Ressalva, contudo, que não se pode admitir que “*um indício isolado e frágil possa fundamentar um decreto condenatório*”, desta forma, o autor sujeita a prova indiciária a algumas condições, as quais cumprem transcrever:

a) os indícios devem ser plurais (somente excepcionalmente um único indício será suficiente, desde que esteja revestido de um potencial incriminador singular);

**b) devem estar estreitamente relacionados entre si;**

c) devem ser concomitantes, ou seja, univocamente incriminadores – **não valem as meras conjecturas ou suspeitas, pois não é possível construir certezas sobre simples probabilidades;**

d) existência de razões dedutivas – entre os indícios provados e os fatos que se inferem destes deve existir um enlace preciso, direto, coerente, lógico e racional segundo as regras do critério humano (LIMA, 2016, Pg. 582).

Do acima transcrito, em especial os trechos grifados, é possível entender de maneira mais clara o conflito que ocasionaria a utilização das análises do SIPAER em processos judiciais. Como já fora repetidamente exposto no Capítulo 1, a investigação aeronáutica se vale de todo tipo de hipótese (comprovadas ou não), fatores contribuintes de menor e maior relevância, suspeitas, etc. Assim, em uma análise jurídico-probatória destes relatórios produzidos pelo SIPAER, chega-se à conclusão de sua imprecisão e da ausência de nexos causal direto entre os mais variados fatores listados e a responsabilidade pelo sinistro investigado, tornando-o inadequado para formar a convicção de um magistrado em um processo sancionador, sob risco de violar os direitos fundamentais do indivíduo.

### 3.2.3 Prova emprestada

Para Guilherme Nucci, prova emprestada é aquela que, produzida em outro processo, é juntada ao processo criminal através da reprodução documental<sup>88</sup>.

Eduardo Talamini, por sua vez, define prova emprestada como o *aproveitamento de atividade probatória anteriormente desenvolvida, mediante traslado dos elementos que a documentaram*<sup>89</sup>.

Não obstante a possibilidade de se aproveitar provas de outro processo, é preciso que o magistrado observe a forma como a prova foi produzida no processo de origem, a fim de se verificar a atenção ao devido processo legal. Por isso, entende-se necessária a identidade das partes entre os processos, de modo a não tolher o direito ao contraditório<sup>90</sup>.

Para Talamini, um requisito para a admissibilidade da prova emprestada que merece destaque é a obrigatoriedade de a prova ter sido colhida em frente a órgão jurisdicional (inafastabilidade da jurisdição e devido processo legal), como garantia à observância dos direitos inerentes ao processo judicial. Desta forma, não se tratando de prova pré-constituída, sempre que possível deve ser produzida no processo judicial. Assim, não é permitido o empréstimo de elementos de provas produzidos em processo ou procedimento administrativo (nessa classificação podemos incluir a investigação aeronáutica), inclusive o inquérito policial<sup>91</sup>.

Sobre prova emprestada, cumpre ressaltar, por derradeiro, que seu valor probatório é o mesmo da prova originalmente produzida, não podendo, todavia, servir como único elemento de convicção do juiz – segundo entendimento jurisprudencial<sup>92</sup>.

<sup>86</sup>Dicionário Michaelis. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ind%C3%ADcio/>> Acesso em: set. 2017

<sup>87</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 582

<sup>88</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 347

<sup>89</sup> TALAMINI, Eduardo. Prova emprestada no processo civil e penal. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/426/r140-15.pdf>> Acesso em: set. 2017

<sup>90</sup> NUCCI, Guilherme de Souza. Manual de processo penal e execução penal. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015. Pg. 347

<sup>91</sup> TALAMINI, Eduardo. Prova emprestada no processo civil e penal. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/426/r140-15.pdf>> Acesso em: set. 2017

<sup>92</sup> LIMA, Renato Brasileiro de. Manual de processo penal: volume único. 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016. Pg. 590

Ao concluirmos o presente capítulo, torna-se ainda mais clara as diferenças entre a investigação aeronáutica e os princípios norteadores de uma investigação apta a ser utilizada no processo penal.

Conflitando com os conceitos e finalidade da investigação aeronáutica, o processo penal exige a atenção aos direitos fundamentais de qualquer indivíduo, de modo a não cercear sua defesa, tampouco tolher-lhe a liberdade utilizando-se de meios ilícitos e arbitrários.

Feitas essas ponderações, passemos ao Capítulo 3, destinado a fazer o cotejo entre os tópicos estudados até o momento.

#### 4 Lei 12.970 de 2014

Acidentes aeronáuticos de grande repercussão, embora não sejam tão comuns (felizmente), geram preocupação à comunidade internacional não só quanto às suas consequências, como também pelo crescente número de indivíduos que optam pelo transporte aéreo para de deslocar de um local ao outro.

Por essa razão, o sinistro aéreo atrai atenção de todas as esferas do poder público. Para o judiciário essa demanda se revela em forma de ações de reparação de danos materiais e morais, questões trabalhistas e também a responsabilização criminal.

Para a melhor resolução dos conflitos, o Judiciário exige a presença de elementos probatórios confiáveis que, por sua vez, são, em tese, fornecidos pela investigação aeronáutica – realizada pelo SIPAER –, visto que os órgãos policiais não possuem formação técnica suficiente para a investigação de casos de acidentes aeronáuticos.

Essa utilização da investigação aeronáutica no processo judicial, no entanto, conforme já explicado no decorrer do presente estudo, traz consigo inúmeros problemas e efeitos indesejados, e por essa razão a comunidade aeronáutica internacional, na figura da ICAO, passou a orientar os Estados-membros a criarem estratégias que evitem esse impasse<sup>93</sup>.

Os Estados Unidos da América criaram normatizações da matéria em seu Código Técnico (*US Code, Title 49 – Transportation, §1114 – Disclosure, availability, and use of information*); a União Europeia emitiu a Regulation (EU) n.º. 996/2010 – documento com orientações quanto a proteção das informações coletadas, com base no Anexo 13 da Convenção de Chicago; e a Espanha, acompanhando as recomendações do Regulation (EU) n.º. 996/2010, realizou alterações em sua legislação aeronáutica<sup>94</sup>.

No Brasil, o Código Brasileiro de Aeronáutica – Lei n.º. 7.565 de 1986 – já previa algumas medidas referentes à necessária separação dos procedimentos aeronáuticos e judiciais, mas foi com a Lei n.º. 12.970 de 2014 que o Brasil adotou uma posição de vanguarda e internalizou de forma mais rigorosa as orientações da ICAO.

Tudo teve início com o Projeto de Lei 2453/2007, que na Câmara dos Deputados recebeu novas alterações e numeração específica – PLC 102/2012. O Projeto de Lei foi, originariamente, confeccionado pela Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da Crise do Sistema de Tráfego Aéreo, instaurada após o acidente do voo GOL 1907, em 2007<sup>95</sup>.

Retornando da Câmara dos Deputados, o PLC 102/2012 foi incorporado ao Código Brasileiro de Aeronáutica pelo Senado Federal, passando a ser designado como PL 2453-G/2007, quando foi finalmente aprovado pelo Poder Legislativo em 10 de abril de 2014 e enviado à Presidência da República para a sua sanção.

Assim, após quase sete anos de tramitação, o PL 2453-G/2007 foi convertido na Lei n.º. 12.970 de 08 de maio de 2014.

Sobre a Lei, Marcelo Honorato afirma que ela é considerada pela ICAO a legislação mais precisa e avançada no mundo, no tocante “à proteção do procedimento investigativo voltado exclusivamente à prevenção de acidentes aeronáuticos, bem como proporciona eficaz coordenação entre a atuação jurisdicional e os objetivos da prevenção de novos acidentes aéreos”<sup>96</sup>.

A Lei n.º. 12.970/14, portanto, traz alterações ao Código Brasileiro de Aeronáutica no que concerne a investigação SIPAER (seção I), competência para investigação SIPAER (seção II), sigilo profissional e proteção à informação (seção III) e acesso aos destroços de aeronave (seção IV)<sup>97</sup>.

O presente capítulo tem como objetivo explicar o contexto social que levou à redação, e posterior edição, da Lei n.º. 12.970/14, bem como apresentar os argumentos da ADI que foi impetrada no Supremo Tribunal Federal contra alguns dispositivos da Lei e, por fim, explicar o motivo pela qual a Lei n.º. 12.970/14 serve como garantia não só aos princípios da investigação aeronáutica, como também aos princípios processuais penais.

<sup>93</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 519-520

<sup>94</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 434

<sup>95</sup> CALAZANS, Paulo Murillo. A Nova Lei 12.970/14 e a Investigação de Acidentes Aeronáuticos no Brasil. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31328/a-nova-lei-12-970-14-e-a-investigacao-de-acidentes-aeronauticos-no-brasil>> Acesso em: out. 2017.

<sup>96</sup> HONORATO, op. Cit., Pg. 437

<sup>97</sup> BRASIL. Lei 12.970, de 8 de maio de 2014. Altera o Código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Lei/L12970.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12970.htm)> Acesso em: ago. 2017.

#### 4.1 Acidentes com aeronaves da GOL e da TAM e a CPI do Apagão Aéreo

Em 29 de setembro de 2006 ocorreu o maior desastre aéreo da história do Brasil até o momento<sup>98</sup>. O voo GOL 1907 colidiu com a aeronave *Legacy 600*, vindo a vitimar 154 vidas, no estado do Mato Grosso.

O acidente do GOL 1907 passou a representar, também, outro marco indesejado na história do país: desencadeamento da crise no setor aéreo. A tragédia com o voo da GOL revelou um sistema com inúmeros problemas estruturais e a aparente incompetência e inércia das autoridades para solucioná-los<sup>99</sup>.

Teve início, então, a CPI do Apagão Aéreo, criada pelo Requerimento nº. 401 de 2007, a qual visava investigar os fatores que levaram o Brasil a um momento tão instável no sistema de controle do tráfego aéreo.

Em 17 de julho de 2007 – menos de um ano após o acidente do GOL 1907 –, a aeronave do voo TAM 3054, durante o procedimento de pouso no Aeroporto de Congonhas/SP, colidiu com edifício próximo à pista de pouso, levando 199 pessoas a óbito, tornando-se, então, o maior desastre aéreo da história do Brasil<sup>100</sup>.

Assim, a CPI do Apagão Aéreo adotou três linhas básicas de investigação: a primeira era destinada às causas do acidente com o voo 1907 da GOL; a segunda visava verificar os problemas do sistema de tráfego aéreo brasileiro; e a terceira destinou-se à investigação dos ilícitos administrativos e penais praticados na INFRAERO, bem como abordar o acidente com o voo 3054 da TAM e questões institucionais da ANAC<sup>101</sup>.

Foi em 2007, portanto, que surgiu o Projeto de Lei 2453/2007, conforme já foi visto. Diante do contexto de instabilidade no sistema de tráfego aéreo, bem como após a ocorrência dos dois maiores desastres aéreos do país, as autoridades competentes verificaram a necessidade de minimizar os efeitos prejudiciais dos sinistros aéreos a partir de uma legislação específica para contextos de investigação de acidentes aeronáuticos que visasse, exclusivamente, a prevenção de novos sinistros.

#### 4.2 ADI 5667: Inconstitucionalidade da Lei nº. 12.970

Em 24 de fevereiro de 2017, o então Procurador-Geral da República, Rodrigo Janot Monteiro de Barros, propôs uma ação direta de inconstitucionalidade perante o Supremo Tribunal Federal, contra os artigos: 88-C, 88-D, 88-I, §2º, 88-K e 88-P do Código Brasileiro de Aeronáutica, com a redação dada pela Lei nº. 12.970.

Originada da representação da Procuradoria da República em São Paulo, a ação que recebeu o número de ADI 5667 e foi distribuída ao Min. Celso de Mello, defende os pontos que abordaremos a seguir.

Inicialmente, para facilitar a compreensão, vamos transcrever os artigos combatidos:

Art. 88-C. A investigação Sipaer não impedirá a instauração nem suprirá a necessidade de outras investigações, inclusive para fins de prevenção, e, em razão de objetivar a preservação de vidas humanas, por intermédio da segurança do transporte aéreo, terá precedência sobre os procedimentos concomitantes ou não das demais investigações no tocante ao acesso e à guarda de itens de interesse da investigação.

Art. 88-D. Se, no curso de investigação Sipaer, forem encontrados indícios de crime, relacionados ou não à cadeia de eventos do acidente, far-se-á a comunicação à autoridade policial competente.

Art. 88-I. São fontes Sipaer:

(...)

§ 2º A fonte de informações de que trata o inciso III do caput e as análises e conclusões da investigação Sipaer não serão utilizadas para fins probatórios nos processos judiciais e procedimentos administrativos e somente serão fornecidas mediante requisição judicial, observado o art. 88-K desta Lei.

Art. 88-K. Para o uso das fontes Sipaer como prova, nos casos permitidos por esta Lei, o juiz decidirá após oitiva do representante judicial da autoridade Sipaer, que deverá se pronunciar no prazo de 72 (setenta e duas) horas.

Art. 88-P. Em coordenação com a autoridade de investigação Sipaer, ficará assegurado a outros órgãos, inclusive da autoridade de aviação civil e da

<sup>98</sup>BRASIL. Relatório Final CPI “do Apagão Aéreo”. Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio\\_final\\_cpi\\_apagao\\_aereo.pdf](http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio_final_cpi_apagao_aereo.pdf)> Acesso em: set. 2017

<sup>99</sup>Ibid

<sup>100</sup>Ibid

<sup>101</sup>BRASIL. Relatório Final CPI “do Apagão Aéreo”. Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio\\_final\\_cpi\\_apagao\\_aereo.pdf](http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio_final_cpi_apagao_aereo.pdf)> Acesso em: set. 2017

polícia judiciária, o acesso à aeronave acidentada, aos seus destroços ou a coisas que por ela eram transportadas, somente podendo haver manipulação ou retenção de quaisquer objetos do acidente com anuência da autoridade de investigação Sipaer.

Para o ex-Procurador-Geral da República, os dispositivos supracitados violam o art. 5º, XXXV, LIV e LV, art. 37, *caput*, art. 129, I, VI, VIII e IX, e o art. 144, §§1º, I, e 4º da Constituição da República.

O primeiro artigo combatido pela ADI é o art. 88-I, § 2º. Para a Procuradoria, a vedação ao acesso a dados dos sistemas de informações de notificação voluntária de ocorrências e às conclusões das investigações do SIPAER sobre acidentes aeronáuticos colidem com o art. 5º, LIV, da Constituição Federal, “e seus consectários lógicos: a ampla defesa e o contraditório (que integra a primeira)”<sup>102</sup>.

Sobre esse ponto, a ADI afirma que o disposto no artigo veda o acesso de pessoas e órgãos envolvidos, como Ministério Público e polícia criminal, a informações de seu legítimo interesse e necessárias ao cumprimento de sua missão constitucional. Desta forma, a proibição de acesso suprimiria o direito constitucional de defesa.

Defende, ainda, que os dispositivos estabeleceram entraves “ilegítimos” ao princípio do devido processo legal, dificultando o acesso à justiça e à ampla defesa.

A ADI discorre, ademais, sobre o princípio da reserva da jurisdição. Neste aspecto, apenas aos órgãos judiciários é permitido estabelecer limites, formas e modos de alcance no tocante aos direitos fundamentais, não podendo lei ordinária impor essa “barreira”.

Quanto à violação ao devido processo legal, o art. 88-I, § 2º representaria entrave ao livre convencimento motivado, impedindo que o magistrado valorasse diretamente provas produzidas pelo SIPAER.

Outrossim, as normas colidiriam com a garantia constitucional de inafastabilidade da jurisdição (art. 5º, XXXV da Constituição Federal), proibindo que a investigação técnica realizada pelo SIPAER seja utilizada para fins judiciais.

Os arts. 88-I, §2º e 88-K contrariam também, na visão da Procuradoria, os princípios constitucionais da proporcionalidade e da razoabilidade.

No tocante à violação aos artigos 129 e 144 da Constituição, a ação argumenta que os dispositivos impugnados:

(...) cerceiam o exercício das atribuições do Ministério Público no processo penal, de modo a violar diretamente o art. 129, VIII, da Constituição que define como função institucional do Ministério Público requisitar diligências investigatórias e instauração de inquérito policial (ADI 5667, Pg. 10).

Os dispositivos da Lei nº. 12.970/14, além de comprometer o exercício do poder investigatório do Ministério Público, aos olhos do Procurador, conflitam com as funções constitucionais de investigação da polícia criminal (art. 144, §§1º, I e 4º da CF).

Destarte, os arts. 88-I, §2º e 88-K estariam impondo reserva de jurisdição à obtenção de dados do SIPAER, em confronto com a liberdade de investigação do Ministério Público e da polícia.

O art. 88-C também seria passível de causar lesão às atribuições constitucionais do Ministério Público e da polícia criminal, bem como à garantia de acesso à jurisdição. Sobre o tópico, a Procuradoria argumenta que:

(...) a precedência absoluta da investigação aeronáutica prevista no art. 88-C é desnecessária e exorbitante para os fins do SIPAER. Basta que se garanta pleno acesso aos peritos aeronáuticos ao local e aos vestígios do evento e preservação de ambos, para que a investigação aeronáutica se desenvolva sem embaraço. Não há necessidade de impedir que peritos criminais igualmente acompanhem esse trabalho e procurem, em coordenação com os profissionais do SIPAER, preservar a integridade de provas relevantes para processos judiciais, como ocorre em diversos países (ADI 5667, Pg. 23).

Sobre o art. 88-D, defende-se que este cria entrave à titularidade da persecução penal por parte do Ministério Público e à função de investigação criminal das polícias federal e civil. Importante frisar que a Procuradoria assevera que este dispositivo não é incompatível com a Constituição, desde que seja interpretado como não impediendo a iniciativa do Ministério Público e das polícias de acessar a investigação aeronáutica, para avaliar a existência, ou não, de indícios de infração penal. Logo, não se pode transferir à aeronáutica a competência para avaliar a existência de um delito, em usurpação da *opinio delicti*, que é privativa do Ministério Público.

<sup>102</sup> ADI 5667, pg. 5

Quanto aos arts. 88-N e 88-P, caso interpretados estritamente, estes ofenderiam a eficiência da persecução penal nos casos em que as autoridades aeronáuticas não puderem se fazer imediatamente presentes ao local do sinistro, impedindo que a polícia adote a providência do art. 6º do Código de Processo Penal<sup>103</sup>.

O ex-Procurador-Geral afirma, ainda:

As normas instituem excesso e inadequação na proteção dos dados do SIPAER, os quais, apesar de constituírem relevantes elementos de provas, não possuem núcleo essencial de relevância protegido constitucionalmente, de modo a condicionar o acesso, pelas partes e órgãos públicos constitucionalmente interessados no esclarecimento de acidentes aeronáuticos, a prévia autorização judicial, segundo o art. 88-K do CBA (ADI 5667, Pg. 26).

A ADI defende que os artigos combatidos, como o de vedação de emprego de dados e documentos do SIPAER em processos judiciais e administrativos, mostram-se contraproducentes, irracionais e inconstitucionais ao impedir que os elementos utilizados na investigação aeronáutica possam ser aplicados na instrução de demandas judiciais e administrativas.

Sobre a importância que a Legislação aeronáutica dá à proteção dos colaboradores, a peça rebate sustentando que o princípio de responsabilidade não acolhe as imunidades que as normas pretendem estimular. Em último caso, o ex-Procurador-Geral da República pondera que a lei poderia receber interpretação conforme a Constituição, permitindo o compartilhamento das informações sem violar a garantia constitucional da não autoincriminação. Para isso, estabelecer-se-ia que as informações autoincriminatórias prestadas na investigação aeronáutica só poderiam ser utilizadas nas ações penais se os réus admitissem a conduta na esfera penal.

A necessidade de sigilo também é um argumento confrontado na ação de inconstitucionalidade. Afirma-se que isso não obsta o compartilhamento de informações, uma vez que o processo judicial pode ocorrer sob sigilo, sempre que necessário.

Confrontando a teoria que defende que a Lei nº. 12.970/14 adequa o Brasil às normativas da Organização Internacional da Aviação Civil, o Procurador argumenta que a Convenção de Chicago não veda o compartilhamento de investigações aeronáuticas com autoridades civis e criminais e, mesmo que vedasse, essa disposição violaria a Constituição Federal.

Por derradeiro, no tocante às análises de caráter subjetivo realizadas pelo SIPAER, para a Procuradoria-Geral da República, é preciso se presumir que os órgãos jurisdicionais tenham capacidade suficiente para distinguir os elementos factuais e objetivos constantes dos relatórios das avaliações de caráter subjetivo. Restrições nesse ponto gerariam uma necessidade de retrabalho, uma vez que exigiriam a realização de duas apurações: aeronáutica e cível ou criminal, ofendendo os princípios da eficiência e da economicidade.

#### 4.2.1 Conflito de normas constitucionais: ponderação

Não se presta, o presente trabalho, a aprofundar sobre a forma como deveria ser decidida a ADI 5667 pelo Supremo Tribunal Federal. Em face da controvérsia suscitada pela ação de inconstitucionalidade, no entanto, cumpre abordar superficialmente o tema, sem a pretensão de exauri-lo.

Nesse passo, infere-se da ADI que há um verdadeiro conflito de normas constitucionais e é com essa problemática que os Ministros do Supremo Tribunal Federal vão se deparar. Entende-se que, não obstante a linha que se seguir para decidir o impasse, a solução pode ser favorável à Lei nº. 12.970/14, e é isso que mostraremos brevemente a seguir.

<sup>103</sup> Art. 6º Logo que tiver conhecimento da prática da infração penal, a autoridade policial deverá:

*I - dirigir-se ao local, providenciando para que não se alterem o estado e conservação das coisas, até a chegada dos peritos criminais;*

*II - apreender os objetos que tiverem relação com o fato, após liberados pelos peritos criminais;*

*III - colher todas as provas que servirem para o esclarecimento do fato e suas circunstâncias;*

*IV - ouvir o ofendido;*

*V - ouvir o indiciado, com observância, no que for aplicável, do disposto no Capítulo III do Título VII, deste Livro, devendo o respectivo termo ser assinado por duas testemunhas que lhe tenham ouvido a leitura;*

*VI - proceder a reconhecimento de pessoas e coisas e a acareações;*

*VII - determinar, se for caso, que se proceda a exame de corpo de delito e a quaisquer outras perícias;*

*VIII - ordenar a identificação do indiciado pelo processo datiloscópico, se possível, e fazer juntar aos autos sua folha de antecedentes;*

*IX - averiguar a vida pregressa do indiciado, sob o ponto de vista individual, familiar e social, sua condição econômica, sua atitude e estado de ânimo antes e depois do crime e durante ele, e quaisquer outros elementos que contribuam para a apreciação do seu temperamento e caráter.*

*X - colher informações sobre a existência de filhos, respectivas idades e se possuem alguma deficiência e o nome e o contato de eventual responsável pelos cuidados dos filhos, indicado pela pessoa presa.*



Se adotarmos uma perspectiva *neoconstitucional*, ou seja, aplicarmos uma nova interpretação constitucional<sup>104</sup>, vai ser possível perceber, conforme afirma Luís Roberto Barroso, que a solução dos problemas jurídicos nem sempre se encontra dentro do texto normativo.

Com a análise da ADI 5667 nota-se a aplicação de alguns princípios e algumas cláusulas gerais. Sobre o tema, cumpre trazer a lição de Barroso, o qual afirma que as cláusulas gerais não trazem em si todos os elementos de sua aplicação, em outras palavras, a sua significação deve ser completada pelo intérprete, levando em consideração as circunstâncias do caso concreto<sup>105</sup>.

Os princípios, por sua vez, não descrevem condutas específicas, mas sim normas que “*consagram determinados valores ou indicam fins públicos a serem realizados por diferentes meios*”<sup>106</sup>.

Devido a isto, Barroso afirma que a colisão de normas constitucionais passou a ser vista como um fenômeno natural dentro do constitucionalismo contemporâneo. Para resolver estas situações, deveria o intérprete, destarte, avaliar qual seria a melhor resolução para o caso.

No mesmo sentido, para Alexy, nas palavras de André Canuto de F. Lima, quando houver a colisão entre princípios (“lei da colisão”), um dos princípios deverá preponderar frente ao outro, através de um mecanismo de ponderação<sup>107</sup>.

Por ponderação Barroso define:

Neste cenário, a ponderação de normas, bens ou valores (v. infra) é a técnica a ser utilizada pelo intérprete, por via da qual ele (i) fará concessões recíprocas, procurando preservar o máximo possível de cada um dos interesses em disputa ou, no limite, (ii) procederá à escolha do direito que irá prevalecer, em concreto, por realizar mais adequadamente a vontade constitucional. Conceito-chave na matéria é o princípio instrumental da razoabilidade (BARROSO, 2007, Pgs. 203-250).

O jusfilósofo alemão, Robert Alexy, explicou, em um evento no Fórum Trabalhista a Barra Funda/SP ocorrido em 2016 que, em casos de colisão de princípios, é preciso que o intérprete avalie qual dos princípios, quando aplicado, vai ferir “*com menor agressividade e intensidade o outro*”<sup>108</sup>.

No caso concreto (Lei nº. 12.970/14), seria necessário ponderar quais normas e princípios deveriam ter maior valor. De um lado poderíamos colocar o devido processo legal e os princípios da administração pública, e do outro lado, poderíamos suscitar, a título de exemplo, os incisos XIV, XXXIII e LVI do art. 5º da Constituição Federal. Importante ressaltar que nenhum dos princípios deve ser afastado de forma integral, mas sopesados.

Assim, a alegada violação aos princípios da administração pública poderia ser relativizada quando em confronto com as possibilidades de sigilo dispostas nos incisos XIV e XXXIII do art. 5º, ou seja, à administração pública é permitido manter alguns documentos em sigilo, desde que em função da segurança nacional, por exemplo.

O devido processo legal, por sua vez, deve ser respeitado e por essa razão, ao se contemplar o disposto no art. 5º, LVI (inadmissibilidade de provas ilícitas), conclui-se que não há teratologia na disposição do art. 88-I, §2º. O que se procura é preservar o processo penal ao não permitir o ingresso de provas ilícitas, ao mesmo tempo em que se garante a idoneidade da investigação aeronáutica.

Pelo acima exposto, percebe-se, de forma simplificada, que ao se aplicar a ponderação de princípios e normas, é possível enxergar que a Lei nº. 12.970/14, e seus dispositivos impugnados, não representam violações ao texto Constitucional, ao contrário, procuram resguardar princípios específicos através da distinção necessária, e legalmente permitida, entre a investigação aeronáutica e o processo judicial.

#### 4.2.2 Análise sob a perspectiva do Estado de Direito

Poder-se-ia analisar a ADI 5667 sob outra perspectiva: a do Estado de Direito. Enquanto crítica ao neoconstitucionalismo e sua possível discricionariedade, Jorge Octávio Lavocat Galvão, em sua tese de doutorado intitulada “O Neoconstitucionalismo e o fim do Estado de Direito” afirma que a declaração de inconstitucionalidade de uma lei deve ser tida como exceção, e não regra, como uma reprovação grave, que exige cautela por parte dos cidadãos e dos políticos. Ou seja, “*não é qualquer lei que tanja aspectos constitucionais que pode vir a ter a sua inconstitucionalidade declarada, mas apenas aquelas que efetivamente interferiram na capacidade soberana de julgamento dos indivíduos*”<sup>109</sup>.

<sup>104</sup> BARROSO, Luís. Neoconstitucionalismo e Constitucionalização do Direito (O triunfo tardio do direito constitucional no Brasil). In: SOUZA NETO, Claudio. SARMENTO, Daniel. A constitucionalização do direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas. Rio de Janeiro: Lumenlures, 2007, Pg. 203-250.

<sup>105</sup> Ibid., Pg. 203-250.

<sup>106</sup> Ibid., Pg. 203-250

<sup>107</sup> LIMA, André Canuto de F. A teoria dos princípios de Robert Alexy. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31472/a-teoria-dos-principios-de-robert-alexey>> Acesso em: out. 2017

<sup>108</sup> MARTINES, Fernando. Robert Alexy explica seu método para resolver conflito entre princípios. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2016-jul-02/robert-alexey-explica-metodo-resolver-conflito-entre-principios>> Acesso em: out. 2017

<sup>109</sup> GALVÃO, Jorge. O Neoconstitucionalismo e o Fim do Estado de Direito. São Paulo: Saraiva, 2014. Pgs. 269-305

Em um Estado de Direito, as leis representam temas controversos que foram delineados através de um processo político democrático. Assim, as razões de primeira ordem (moralidade, ética, princípios pessoais) são substituídas por razões de segunda ordem (leis, normas, etc.), que possuem imperatividade sobre as primeiras<sup>110</sup>.

Nesse passo, Galvão afirma que o magistrado não pode declarar inconstitucional uma lei, guiado por sentimentos pessoais, mas sim por um juízo imparcial de correção, demonstrando que a lei afastada não era coerente com os princípios morais da prática jurídica.

O dilema entre estabilidade e mudança deve ser resolvido a partir de uma reflexão em que se analisa de maneira global se a declaração de inconstitucionalidade de uma lei servirá mais ao propósito de tratar os cidadãos com dignidade do que o respeito à legalidade e à democracia (GALVÃO, 2014, Pg. 290).

Aplicando a teoria defendida por Jorge Galvão ao caso da ADI 5667, poderíamos defender que, obedecida a constitucionalidade formal e não possuindo teratologias ou violações aos direitos individuais – a Lei nº. 12.970/14 procura conferir segurança ao espaço aéreo, através de condutas legalmente previstas e que visam resguardar os princípios do nosso ordenamento jurídico –, não caberia ao judiciário declarar sua inconstitucionalidade com base em uma aplicação subjetiva de princípios constitucionais.

Cumprido ressaltar que Galvão não pretende negar a força normativa da Constituição, mas reconhecer que as cláusulas constitucionais dão ensejo a uma pluralidade de interpretações conflitantes, a depender da perspectiva política adotada. Assim, “*se exige uma atuação judicial mais cautelosa, a fim de se evitar que todas as decisões políticas da sociedade sejam transformadas em questões constitucionais*”<sup>111</sup>.

Nota-se que, tanto a doutrina *neoconstitucionalista*, quanto a sua crítica que defende a soberania do Estado de Direito, concordam que as normas constitucionais conflitam entre si, a divergência reside, então, na solução para essa pluralidade de interpretações.

Assim sendo, independentemente da doutrina que for escolhida para resolver o conflito instaurado pela ADI 5667, os dispositivos impugnados da Lei nº. 12.970/14 estão respaldados pela Constituição Federal e são legítimos a cumprir sua finalidade, muito embora a ação confronte isso.

#### 4.3 Utilização da Investigação Aeronáutica do SIPAER à luz da Lei 12.970: garantia aos princípios processuais penais e aeronáuticos

É possível extrair, de todo o presente trabalho, as mais variadas diferenças entre o processo penal e a investigação aeronáutica. Não obstante a importância de ambas as searas, é nítida a necessidade de se encontrar meios de atender às demandas judiciais sem que, para isso, seja preciso violar a legislação aeronáutica.

Por esse motivo, o presente tópico tem como objetivo demonstrar a possibilidade de “coexistência” entre a investigação aeronáutica e o processo penal, e como a Lei nº. 12.970/14 visa não apenas resguardar a investigação aeronáutica, mas também impor limites de forma a não violar princípios determinadores do processo penal.

De forma reflexa, também será possível rebater alguns dos pontos trazidos pela ADI 5667, de maneira a explicar a necessidade dos dispositivos, bem como acalantar os corações dos juristas que enxergam na Lei nº. 12.970/14 um obstáculo à persecução penal.

##### 4.3.1 Informações prestadas voluntariamente

Quanto à vedação de compartilhamento das informações prestadas voluntariamente ao SIPAER (art. 88-I, §2º da Lei 12.970), importante destacar o trazido no Estudo Preparatório nº. 001/2017/CENIPA. Realizado com vistas a analisar a ADI nº. 5667, o Estudo traz um contexto histórico importante para a compreensão da controvérsia.

De acordo com o CENIPA, já houve época em que no Brasil se adotava a investigação de acidentes aéreos focada na persecução penal/punitiva. Em 1941, com a criação do Ministério da Aeronáutica, instituiu-se a figura do “Inquérito Técnico Sumário”, o qual pretendia averiguar a ocorrência de culpa, com a finalidade de impor responsabilização aos envolvidos no acidente aeronáutico<sup>112</sup>.

Tal modelo, no entanto, apresentou resultados “*pobres, escassos de informações voluntárias (nenhuma colaboração dos envolvidos), carente de análises detalhadas e sistêmicas, com pouca, senão rara, contribuição prática para a prevenção*”<sup>113</sup>. Desta forma, em 1944 o Brasil aderiu à Convenção de Chicago, de modo a alterar os mecanismos de prevenção de acidentes aeronáuticos.

<sup>110</sup> Ibid.

<sup>111</sup> Ibid., Pg. 298

<sup>112</sup> BRASIL. Estudo Preparatório nº. 001/2017/CENIPA. 2017

<sup>113</sup> Ibid.

Esse primeiro ponto possibilita a compreensão do histórico que nos levou a adotar o modelo dualista<sup>114</sup> de investigação de acidentes aeronáuticos: o sistema policial-judiciário e o sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (SIPAER), independentes um do outro.

Ademais, imperioso se analisar os efeitos jurídicos da utilização das informações concedidas voluntariamente e a razão pela qual não devem ser utilizadas em um processo judicial.

Marcelo Honorato dispõe que, diferentemente das testemunhas arroladas em um processo judicial, os colaboradores na investigação aeronáutica não prestam compromisso, assim, lhes é possível omitir fatos conhecidos sem incorrerem no delito de falso testemunho (art. 342 do CP)<sup>115</sup>. Outra diferença é que as entrevistas não passam pela garantia constitucional do contraditório. Os entrevistados não são contraditados, visto que o procedimento investigativo aeronáutico não conta com partes, não haveria motivos para declarar um colaborador como suspeito ou incompatível.

Outra característica que o autor cita é o fato de que as colaborações voluntárias são colhidas com o compromisso de utilizá-las com o único fim de prevenir novos acidentes, e limitadas à instrução da investigação aeronáutica. Desta forma, tais entrevistas são produzidas sob a limitação de aplicabilidade jurídica, nos termos do art. 88-I, § 3º do Código Brasileiro de Aeronáutica (alterado pela Lei nº. 12.970/14)<sup>116</sup>.

Assim, toda a proteção dada às informações concebidas voluntariamente (Princípios da Participação Voluntária e da Confiança) é importante para criar um ambiente de segurança entre os operadores aéreos, *Just Culture*<sup>117</sup>, ao dar confidencialidade às informações de segurança de voo, desde que não digam respeito a condutas dolosas ou negligências intencionais<sup>118</sup>.

Outro ponto relevante à discussão, é a garantia da não autoincriminação (ou *Nemo tenetur se detegere*). Conforme já foi visto, o Princípio da não autoincriminação, garantido no art. 5º, LXIII da Constituição Federal, parte da premissa que ninguém é obrigado a produzir provas contra si mesmo. Nesse passo, ao citar Paulo Mário Canabarro Trois Neto em sua obra, Marcelo Honorato afirma que este Princípio abrange qualquer declaração extraída de outros procedimentos e que possam, posteriormente, ser aplicadas em um processo penal com a finalidade sancionadora<sup>119</sup>.

Desta forma, a violação ao Princípio do *Nemo tenetur se detegere* se torna ainda mais grave quando percebemos que na investigação aeronáutica, a entrevista foi concedida mediante a garantia Estatal de que as informações colhidas seriam utilizadas apenas para fins preventivos, ou seja, qualquer mudança nesse entendimento acarretaria uma fraude à confiança do Poder Estatal, em violação a norma processual disposta no art. 88-I, §3º<sup>120</sup>.

A última classe de informações concedidas voluntariamente diz respeito ao *Safety Report* que no Brasil, pode vir pelo Relatório de Prevenção ou o Relatório ao CENIPA para a Segurança de Voo – RCSV. Como se pode extrair do tópico voltado às Recomendações de Segurança, o *Safety Report* funciona como um canal de comunicação entre os gestores e operadores da viação, permitindo que se possam reportar quaisquer condições inseguras detectadas, auxiliando na finalidade precípua do SIPAER: prevenir novos acidentes.

Para melhor elucidar a importância das *Safety Reports*, cumpre citar a Teoria de Heinrich, denominada Teoria Dominó. Heinrich afirma que se houver um conjunto de condições inseguras alinhadas (como um dominó), qualquer ato inseguro pode levar a um acidente. Assim, Cármen Correa e Moacyr Machado explicam:

Esta teoria busca reconstruir a série de eventos que constituem o acidente, mas as condições inseguras carecem de definições claras, assim como os atos inseguros, ou seja, estes termos representam mais as conclusões do investigador do que a observação real do fenômeno, ou seja, diferentes investigadores apresentam diferentes pontos de vista, devido à falta de critérios previamente estabelecidos (PEREIRA CORREA, CÁRMEN REGINA; MACHADO CARDOSO JUNIOR, MOACYR, 2007, Pg. 188).

<sup>114</sup>BRASIL. Estudo Preparatório nº. 001/2017/CENIPA. 2017

<sup>115</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 480-482.

<sup>116</sup>Ibid., Pg. 481

<sup>117</sup> Regis Vinicius Silva Barreto explica que a teoria da Cultura Justa é a prática de controle e monitoramento da segurança da atividade aérea, baseada na distinção do que seria uma conduta involuntária escusável ou uma conduta criminosa intencional (dolosa), desejada ou fruto da aceitação do risco de produzir um resultado lesivo (dolo eventual).

<sup>118</sup>BARRETO, Regis Vinicius Silva. Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015. Pg. 48

<sup>119</sup>HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 482-485.

<sup>120</sup>Art. 88-I. São fontes Sipaer: (...)

§ 3º Toda informação prestada em proveito de investigação Sipaer e de outras atividades afetas ao Sipaer será espontânea e baseada na garantia legal de seu exclusivo uso para fins de prevenção.

Logo, a possibilidade de atenuação dessas pequenas ocorrências enfraquece o encadeamento que pode levar a um sinistro aéreo de grandes proporções e, por essa razão, a emissão de *Safety Reports* é imprescindível para a atividade preventiva<sup>121</sup>.

Sobre o assunto, Regis Vinicius Silva Barreto sustenta que a atividade aeronáutica é considerada de risco e depende de sistemas complexos de segurança. Desta forma:

(...) a cultura repressiva é vista como sendo uma linha de ação que, ao invés de ajudar, torna-se ineficaz e, talvez injusta, pois a base de toda a atividade preventiva no âmbito aeronáutico é o fluxo voluntário de informações e, de maneira antagônica, a cultura repressiva constrange a espontaneidade das pessoas que tem condições de reportar os perigos latentes (BARRETO, 2015, Pg. 50).

Fica evidente, portanto, que a confidencialidade garantida a essas informações é imprescindível para que os operadores continuem a reportar as situações de insegurança ocorridas no dia-a-dia da aviação e, com isso, colaborem para um espaço aéreo mais seguro.

Evidentemente que os envolvidos direta ou indiretamente em um acidente ou incidente aeronáutico não teriam o mesmo ânimo em contribuir com a investigação sabendo que seus relatos seriam utilizados para a punição de seus colegas ou até mesmo a sua própria punição (PEDRO, 2011).

Cumprido frisar, por derradeiro, que o reporte de atos criminosos não se reveste de sigilo, tanto por extrapolar o campo de atuação da autoridade SIPAER (art. 88-A, §2º), como também para evitar que a confidencialidade dos reportes de segurança funcionem como óbice à persecução penal.

#### 4.3.2 Investigadores aeronáuticos enquanto testemunhas ou peritos

Ao investigador aeronáutico que tenha atuado nas investigações referentes a determinado sinistro aéreo, é vedada a participação enquanto perito ou testemunha de um processo judicial (art. 88-B e 88-I, § 4º, ambos da Lei nº. 12.970/14)<sup>122</sup>.

A Lei nº. 12.970/14, no entanto, não é a única norma que impede a participação do investigador aeronáutico. Nos termos da Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica 3-12/2008 – Código de Ética do SIPAER, ao investigador SIPAER é imposto o dever de sigilo, em qualquer modalidade de participação em outros processos, faz saber:

3.8 Abster-se de:

j) Participar, em qualquer nível de atuação, de procedimento de investigação alheio ao do SIPAER, referente a um determinado acidente, incidente ou ocorrência de solo, quando estiver designado para participar da investigação da mesma ocorrência.

(...)

4.4 O OSV/OSO, ASV/ASO, Elemento Credenciado deve guardar sigilo profissional sobre o que saiba em razão de sua função, cabendo-lhe recusar-se a depor como testemunha em processo relativo a Acidente Aeronáutico, Incidente Aeronáutico ou Ocorrência de Solo que investigou ou estiver investigando (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2008).

Tal vedação também encontra amparo na legislação processual penal, no art. 207 do Código, *in verbis*:

Art. 207. São proibidas de depor as pessoas que, em razão de função, ministério, ofício ou profissão, devam guardar segredo, salvo se, desobrigadas pela parte interessada, quiserem dar o seu testemunho.

Possível concluir, portanto, que os investigadores do SIPAER podem recusar-se a depor em quaisquer procedimentos punitivos (penais ou administrativos), nos termos da farta legislação supracitada.

Quanto à condição de perito, não obstante a restrição do art. 88-B, a Lei nº. 12.970/14 alterou o Código Brasileiro de Aeronáutica de forma a incluir a cooperação técnica entre a autoridade aeronáutica e o Poder Judiciário. Para isso, o art. 88-E

<sup>121</sup>HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 482-485.

<sup>122</sup>Art. 88-B. A investigação Sipaer de um determinado acidente, incidente aeronáutico ou ocorrência de solo deverá desenvolver-se de forma independente de quaisquer outras investigações sobre o mesmo evento, sendo vedada a participação nestas de qualquer pessoa que esteja participando ou tenha participado da primeira.

Art. 88-I. São fontes Sipaer: (...)

§ 4º Salvo em proveito de investigação Sipaer e de outras atividades de prevenção, será vedado ao profissional do Sipaer revelar suas fontes e respectivos conteúdos, aplicando-se-lhe o disposto no art. 207 do Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941 - Código de Processo Penal, e no art. 406 da Lei nº 5.869, de 11 de janeiro de 1973 - Código de Processo Civil.

dispõe que a autoridade aeronáutica disponibilizará, a pedido do Poder Judiciário ou da autoridade policial, profissionais do SIPAER – que não tenham atuado na investigação do acidente em questão –, com o propósito de auxiliar na perícia do acidente, enquanto perito judicial:

Art. 88-E. Mediante pedido da autoridade policial ou judicial, a autoridade de investigação Sipaer colocará especialistas à disposição para os exames necessários às diligências sobre o acidente aeronáutico com aeronave civil, desde que:

I - não exista, no quadro de pessoal do órgão solicitante, técnico capacitado ou equipamento apropriado para os exames requeridos;

II - a autoridade solicitante discrimine os exames a serem feitos;

III - exista, no quadro de pessoal da autoridade de investigação Sipaer, técnico capacitado e equipamento apropriado para os exames requeridos; e  
IV - a entidade solicitante custeie todas as despesas decorrentes da solicitação.

Parágrafo único. O pessoal colocado à disposição pela autoridade de investigação Sipaer não poderá ter participado da investigação Sipaer do mesmo acidente.

Em mesmo sentido, encontra-se o entendimento de Sérgio Fiuza, o qual defende que por se tratar de matéria complexa (a investigação de acidentes aeronáuticos), não há impedimento para que a autoridade aeronáutica, mediante pedido, indique peritos especializados para os exames necessários às diligências policiais<sup>123</sup>.

Para Marcelo Honorato o art. 279 do Código de Processo Penal, constitui outra norma apta a gerar o impedimento do profissional do SIPAER que também tenha atuado na investigação aeronáutica. Nos termos da legislação processual penal, não pode ser perito aquele que tenha *prestado depoimento no processo ou opinado anteriormente sobre o objeto da perícia* (art. 279, II do Código de Processo Penal).

Honorato distingue, por fim, os laudos de engenharia ou perícia técnica com os laudos produzidos pelo SIPAER. Enquanto aos participantes do segundo é vedado a participação no processo judicial, esse mesmo impedimento não ocorre nos casos dos peritos que tenham realizado “atividades de pesquisa”<sup>124</sup>. O autor explica que essa diferenciação se dá porque os profissionais designados para as atividades de pesquisa não possuem relação com os laços principiológicos do SIPAER, mas tão somente com os ditames científicos<sup>125</sup>.

Por essa razão, as atividades de pesquisa não se enquadram no art. 88-I, §2º e, por conseguinte, não violam os Princípios da investigação SIPAER. O compartilhamento dos laudos da perícia científica é, neste passo, plenamente possível e recomendável, com respeito à celeridade e economia processuais.

#### 4.3.3 A prioridade investigativa do SIPAER

Outro ponto da Lei nº. 12.970/14 atacado pela ADI 5667 é a prioridade investigativa conferida ao SIPAER. Apesar do inconformismo da Procuradoria-Geral da República, a precedência investigativa do SIPAER já constava, de maneira implícita, no art. 89 do Código Brasileiro de Aeronáutica, antes de ser revogado pela Lei nº. 12.970/14.

Com a nova lei, o art. 88-N passou a dispor sobre a matéria, tornando clara a precedência da autoridade aeronáutica que antes era resultado de uma atividade interpretativa:

Art. 88-N. Exceto para efeito de salvar vidas, preservação da segurança das pessoas ou preservação de evidências, nenhuma aeronave acidentada, seus destroços ou coisas que por ela eram transportadas podem ser vasculhados ou removidos, **a não ser com a autorização da autoridade de investigação Sipaer, que deterá a guarda dos itens de interesse para a investigação até a sua liberação nos termos desta Lei.** (destaquei)

Esta disposição representa uma exceção ao dever de inalterabilidade do estado das coisas e ao poder de apreensão da autoridade policial (arts. 6º e 169 do Código de Processo Penal).

Honorato pontua, ademais, o dever legal de todo cidadão de comunicar à autoridade pública mais próxima sobre a ocorrência de algum acidente aéreo ou da existência de destroços de aeronaves acidentadas, que se traduz em uma obrigação de

<sup>123</sup> BRASIL. Sérgio Fiuza Tahim de Sousa. O papel do poder judiciário na segurança de voo. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/217/235>> Acesso em: nov. 2017

<sup>124</sup> MINISTÉRIO DA DEFESA. NSCA 3-13 – Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro. Comando da Aeronáutica, 2014.

<sup>125</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 494.

maior poder vinculativo do que comunicação de crimes por parte do cidadão. Pois enquanto a primeira é uma obrigação pessoal, a segunda se encontra no campo discricionário de cada um<sup>126</sup>.

Na mesma obrigação recai a autoridade pública que, ao tomar conhecimento de algum sinistro ou fato relevante à autoridade aeronáutica, é obrigada a comunicá-la, sob pena de responsabilidade funcional (art. 88, parágrafo único do Código Brasileiro de Aeronáutica<sup>127</sup>).

Paulo Murillo Calazans assevera que a prioridade da investigação técnica sobre a criminal, permite angariar quantidade maior de informações disponíveis, principalmente de dados relacionados aos agentes envolvidos que, em sede criminal, são dificultados em razão da observância do Princípio da Não Autoincriminação, etc. *“Como resultado de se valorizar o aprendizado, experiências desoladoras do passado efetivamente projetam-se para a prevenção de acidentes aéreos no futuro. Tem sido assim a história da aviação e, não por acaso, como dito, é o meio de transporte mais seguro existente”*.<sup>128</sup>

Para Fabio Anderson de Freitas Pedro, o interesse público da investigação aeronáutica é um interesse público primário (conceito dado por Luís Roberto Barroso), consubstanciado no interesse do Estado de promover a segurança do espaço aéreo, *entendemos que investigar e prevenir um acidente são formas de segurança difusa, pois afetam a todas as pessoas em todos os continentes*<sup>129</sup>.

Nesse aspecto, não obstante o propósito pedagógico de uma sanção criminal, esta tem eficácia limitada na grande parte dos sinistros aéreos que não ganham repercussão na mídia, além de ser aplicada, via de regra, muito tempo após o acidente, tendo em vista a morosidade do sistema judiciário brasileiro. Por outro lado, a atuação do SIPAER possui eficácia mais ampla e célere, uma vez que as recomendações de segurança emitidas após a investigação *pulverizam atitudes preventivas*, através da análise de fatos, indícios, hipóteses, etc.<sup>130</sup>.

Em consonância com o entendimento esposado por Honorato, Fabio Anderson defende que a cultura da prevenção é mais importante do que a cultura da reparação, pois enquanto a primeira atinge toda a coletividade, a segunda, em geral, se limita a um conjunto determinado de pessoas<sup>131</sup>.

Outro importante aspecto da precedência investigativa do SIPAER é que ao possuir prioridade na investigação, ao SIPAER é possibilitada a adoção de medidas imediatas, aptas a mitigar elementos inseguros presentes nas operações aéreas em curso. Destarte, tendo em mente a Teoria de Heinrich (anteriormente citada), na medida em que a autoridade aeronáutica tem acesso aos elementos de um acidente, é possível que falhas operacionais e técnicas sejam identificadas e prontamente retificadas nas demais operações aéreas, com o fito de impedir novos acidentes pelas mesmas razões já detectadas<sup>132</sup>.

Destaca-se, sobre a prioridade investigativa do SIPAER que esta não se traduz em exclusividade e, por tal razão, não pode ser encarada como prejuízo à investigação policial.

Logo, torna-se imprescindível a coordenação entre as autoridades interessadas, de modo a não tornar a precedência investigativa da aeronáutica um “absolutismo investigativo”<sup>133</sup> e, com isso, violar o Princípio da Inafastabilidade da Jurisdição. Ao mesmo tempo, é preciso adotar providências para o desenvolvimento concomitante da investigação do SIPAER e da polícia, uma vez que uma atuação intempestiva da polícia poderia resultar na perda de informações importantes<sup>134</sup>.

<sup>126</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 498.

<sup>127</sup> Art. 88. *Toda pessoa que tiver conhecimento de qualquer acidente de aviação ou da existência de restos ou despojos de aeronave tem o dever de comunicá-lo à autoridade pública mais próxima e pelo meio mais rápido.*

*Parágrafo único. A autoridade pública que tiver conhecimento do fato ou nele intervier, comunica-lo-á imediatamente, sob pena de responsabilidade por negligência, à autoridade aeronáutica mais próxima do acidente.*

<sup>128</sup> CALAZANS, Paulo Murillo. A Nova Lei 12.970/14 e a Investigação de Acidentes Aeronáuticos no Brasil. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31328/a-nova-lei-12-970-14-e-a-investigacao-de-acidentes-aeronauticos-no-brasil>> Acesso em: out. 2017.

<sup>129</sup> PEDRO, Fábio Anderson de Freitas. A confidencialidade no processo de investigação de acidentes aeronáuticos à luz da supremacia do interesse público. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: < <http://abdaer.com.br/wp-content/uploads/2014/03/aconfidencialidade-Fabio.pdf>> Acesso em: out. 2017

<sup>130</sup> HONORATO, op. Cit., Pg. 500.

<sup>131</sup> PEDRO, Fábio Anderson de Freitas. A confidencialidade no processo de investigação de acidentes aeronáuticos à luz da supremacia do interesse público. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: <<http://abdaer.com.br/wp-content/uploads/2014/03/aconfidencialidade-Fabio.pdf>> Acesso em: out. 2017

<sup>132</sup> FELIPE, Frederico Alberto Marcondes. Planejamento Estratégico e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: a busca da sinergia. In: Revista Conexão Sipaer, 2009. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/8/25>> Acesso em: out. 2017

<sup>133</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 503.

<sup>134</sup> DANTAS, Flávia Tavares. A Investigação de acidentes aeronáuticos e a apuração da responsabilidade penal. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/230/249>> Acesso em: out. 2017

Por este motivo o art. 88-P do Código Brasileiro de Aeronáutica (incluído pela Lei 12.970/14), dispõe que às demais autoridades e órgãos é garantido o acesso aos destroços e elementos do acidente, sob a supervisão da autoridade aeronáutica, faz saber:

Art. 88-P. Em coordenação com a autoridade de investigação Sipaer, ficará assegurado a outros órgãos, inclusive da autoridade de aviação civil e da polícia judiciária, o acesso à aeronave acidentada, aos seus destroços ou a coisas que por ela eram transportadas, somente podendo haver manipulação ou retenção de quaisquer objetos do acidente com anuência da autoridade de investigação Sipaer.

Assim, Honorato leciona que a melhor integração jurídica entre os dispositivos aeronáuticos e penais reside na possibilidade da autoridade SIPAER realizar a coleta de informações prioritariamente sem, contudo, alterar o estado das coisas, de maneira a permitir que a polícia judiciária desenvolva sua perícia técnica sem prejuízos.

Tem-se, portanto, que a precedência investigativa do SIPAER não representa óbice à atividade das autoridades policiais e judiciárias, mas tão somente uma preferência em razão da importância do bem jurídico tutelado – vida humana –, e tampouco se traduz em uma violação a dispositivos constitucionais, pois apenas institui um ordenamento das atividades, a fim de permitir que todos os órgãos satisfaçam suas necessidades, sem prejudicar a dos demais.

Corroborando o supracitado, Fabio Anderson assevera que a primazia do interesse público não representa uma aniquilação do interesse privado:

(...) o Poder Judiciário, pode e deve determinar a produção de provas, exames técnicos ou investigações, até mesmo utilizando tecnologias a disposição da administração, mas tal investigação deve ser conduzida de maneira independente da realizada pelos órgãos responsáveis pela proteção à aviação (PEDRO, 2011).

#### 4.3.4 Compartilhamento de informações

Um dos pontos mais controversos da Lei nº. 12.970/14 reside na vedação do compartilhamento de determinadas informações para fins probatórios em processos judiciais. Este último tópico se presta a explicar o disposto na Seção III da Lei nº. 12.970/14 – Do Sigilo Profissional e da Proteção à Informação.

A primeira classe de informações que vamos distinguir é a das informações extraídas de dispositivos automáticos de gravação, os quais abrangem dados de comunicação e desempenho das aeronaves.

Espalhadas nos diversos incisos do art. 88-I da Lei nº. 12.970/14, essa classe de informações não está inclusa na vedação do art. 88-I, §2º, por não representarem informações concedidas voluntariamente, tampouco relatórios com juízos de valor emitidos pelo SIPAER.

Desta forma, de modo a não violar o Princípio da Inafastabilidade de Acesso ao Poder Judiciário<sup>135</sup>, os elementos extraídos dos dispositivos automáticos de gravação são plenamente compartilháveis, desde que atendido o requisito do art. 88-K da Lei<sup>136</sup>, ou seja, é preciso que o representante judicial da autoridade SIPAER seja ouvido previamente à utilização desses dados como provas em um processo judicial.

Assim, é possível afirmar que os incisos do art. 88-I, com exceção daqueles do §2º, são passíveis de serem utilizados com fins probatórios em processos judiciais, após ouvida a autoridade SIPAER, em atenção ao art. 88-K.

Honorato pondera que, conquanto seja possível a utilização desses dados na qualidade de provas, é preciso observar as garantias constitucionais relativas ao sigilo das comunicações, assim como à proteção da intimidade dos envolvidos. O autor explica que isso se dá uma vez que tais dados podem ser análogos a uma escuta telefônica ou ambiental, apesar de não estarem abrangidos pelo sigilo e proteção da intimidade dos incisos X e XII do art. 5º da Constituição Federal, uma vez que são realizados em ambiente público.

Apesar de não estarem incluídas nas garantias constitucionais supracitadas, essas informações de comunicações aeronáuticas recebem sigilo através da própria legislação aeronáutica, quais sejam: Anexo 13 da Convenção de Chicago e a NSCA 3-13/2014. Logo, apesar de poderem ser disponibilizadas com fins probatórios, é preciso observar o resguardo às intimidades dos interlocutores.

Importante ressaltar que, ainda que não utilizadas com fins probatórios, ou seja, dispensada a oitiva da autoridade aeronáutica, a garantia do sigilo ainda é obrigatória a todos os dados fáticos acessados pelas autoridades, nos termos do art. 88-J<sup>137</sup> da Lei nº. 12.970/14.

<sup>135</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 506.

<sup>136</sup> Art. 88-K. *Para o uso das fontes Sipaer como prova, nos casos permitidos por esta Lei, o juiz decidirá após oitiva do representante judicial da autoridade Sipaer, que deverá se pronunciar no prazo de 72 (setenta e duas) horas.*

<sup>137</sup> Art. 88-J. *As fontes e informações Sipaer que tiverem seu uso permitido em inquérito ou em processo judicial ou procedimento administrativo estarão protegidas pelo sigilo processual*



Honorato registra, ademais, sobre a custódia dos destroços, que nem sempre o compartilhamento das informações exigirá a custódia dos destroços pelas demais autoridades. Em muitos casos, a extração adequada das informações dos equipamentos de gravação de dados e comunicações é suficiente, sem necessitar da transmissão de posse de tais equipamentos.

Nesse passo, imprescindível que a autoridade aeronáutica garanta a fidelidade das informações coletadas antes da devolução dos componentes ao operador, de forma a possibilitar o repasse dos dados à autoridade policial ou judicial, em casos de investigações penais, cíveis, etc.<sup>138</sup>.

Frise-se, também, que caso a autoridade SIPAER tenha notícia da instauração de uma investigação policial sobre o sinistro aéreo, é necessária a observância do art. 88-R<sup>139</sup>, uma vez que o componente em questão pode representar o objeto do crime, nos termos do art. 6º, II, do Código de Processo Penal.

Outra classe de informações que, no mesmo molde das gravações, pode ser compartilhada é a dos laudos técnicos especializados. Honorato assim explica:

As atividades de pesquisa científica se amoldam à classe de informações passíveis de compartilhamento, na medida em que nada mais representam que um aprofundamento dos fatos, sob as rígidas balizas das ciências exatas, sem esquecer que são informações dotadas de sigilo, na qualidade de registros da investigação SIPAER (inciso VII do caput do art. 88-I do CBA), logo seu acesso por terceiros interessados é regulado pela Lei 12.527/2011, bem como, ao ingressarem no processo, devem ter a sua publicidade resguardada (art. 88-J do CBA) (HONORATO, 2014, Pg. 509).

Por este motivo, existindo inquérito policial ou ação penal em trâmite, a autoridade SIPAER é obrigada a comunicar a autoridade policial ou judicial da realização de exames laboratoriais – em especial as técnicas de ensaios destrutivos –, para possibilitar a requisição da antecipação de produção de provas pelo titular da ação penal.

Essa notificação se torna importante, ademais, uma vez que a manipulação dos destroços sem a presença das partes do processo judicial pode ensejar, no futuro, nulidade da perícia judicial, além de que, por representarem análises técnicas de elevados custo e tempo, seria contraproducente sua repetição<sup>140</sup>. Qualquer conduta contrária a essa disposição resultaria na violação do art. 88-P da Lei nº. 12.970/14.

Cumprido pontuar que o compartilhamento de tais dados é possível uma vez que representam a focalização de elementos factuais, não possuindo qualquer análise sob os princípios investigativos do SIPAER, assim como representa uma prova que pode ser contraditada, visto que seus peritos não estão acobertados pelo dever de sigilo direcionado aos peritos do SIPAER.

É de se salutar outro ponto que gera discussão no tocante à Lei nº. 12.970/14: a necessidade de se obter uma requisição judicial para a utilização das fontes de informações do SIPAER como provas em processos judiciais.

Essa disposição é necessária, pois as informações do SIPAER podem conter elementos especulativos, aptos a gerar prejuízo à cognição judicial (provas ilícitas), somado à possibilidade de produzir abalo à relação de confiança entre os colaboradores e os órgãos de prevenção aeronáutica.

Honorato explica, ainda, que o acesso à cena do acidente, bem como aos destroços, é franqueado à autoridade policial, dispensando a necessidade de intervenção judicial. A única observação necessária é que tal acesso deve ser submetido à coordenação da autoridade SIPAER (art. 88-P)<sup>141</sup>. Ressalte-se, nesse ponto, que a coordenação da autoridade aeronáutica não deve ser confundida com obstáculo, mas tão somente como maneira a organizar o acesso das demais autoridades aos elementos do acidente.

Por derradeiro, analisa-se a obrigatoriedade de manifestação do representante judicial do SIPAER para o compartilhamento de informações acima descrito.

Essa representação, exercida pela Advocacia-Geral da União está disposta no art. 88-K da Lei nº. 12.970/14<sup>142</sup> e encontra sua principal finalidade na necessidade de distinção entre os elementos da investigação passíveis de serem utilizados como provas e os elementos de utilização vedada (art. 88-I, §2º).

<sup>138</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 508.

<sup>139</sup> Art. 88-R. *Os interessados na custódia dos destroços deverão habilitar-se perante a autoridade de investigação Sipaer, do início da investigação Sipaer até 90 (noventa) dias após a sua conclusão, por meio de pedido ao juiz da causa, que julgará sobre seu cabimento e interesse.*

<sup>140</sup> DANTAS, Flávia Tavares. A Investigação de acidentes aeronáuticos e a apuração da responsabilidade penal. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/230/249>> Acesso em: out. 2017

<sup>141</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. Pg. 515

<sup>142</sup> Art. 88-K. *Para o uso das fontes Sipaer como prova, nos casos permitidos por esta Lei, o juiz decidirá após oitiva do representante judicial da autoridade Sipaer, que deverá se pronunciar no prazo de 72 (setenta e duas) horas.*

É de se concluir que através da oitiva do representante judicial do SIPAER, o magistrado terá elementos suficientes para discriminar as informações que podem, ou não, serem utilizadas no processo judicial.

Sobre esse aspecto, Arizona D'Ávila assevera que o sigilo de determinadas informações é necessário, “*seja porque o Brasil é signatário de acordo internacional nesse sentido, seja porque repugna à legalidade do Estado de Direito um agente do Poder Público assegurar ao cidadão o sigilo de uma informação e outro, em seguida, afastar aquele sigilo em nome do mesmo Poder Público*”<sup>143</sup>.

Logo, o deferimento liminar *inaudita altera parte* é obstaculizado tanto para as informações de emprego probatório permitido, quanto para os dados concedidos voluntariamente e as análises e conclusões do SIPAER (art. 88-I, §2º)<sup>144</sup>.

Do acima exposto, conclui-se que a Lei nº. 12.970/14 não obstante opiniões contrárias, busca proteger os corolários da investigação aeronáutica, ao mesmo tempo em que garante a idoneidade do processo penal.

Para tanto, a novel lei confere atenção aos princípios basilares do SIPAER e, de modo reflexo, do processo penal.

Impedir a utilização de informações voluntárias e de análises e conclusões do SIPAER como provas em processos judiciais tem o condão de, ao mesmo tempo em que garante o influxo de informações à autoridade aeronáutica, evitar que os Princípios da Não Autoincriminação e da Inadmissibilidade das provas obtidas por meios ilícitos sejam violados.

De resto, as novas disposições do Código Brasileiro de Aeronáutica permitem que as duas investigações (aeronáutica e judicial) ocorram concomitantemente, prezando pela independência de cada uma, de modo que não sejam excludentes e possam cumprir suas finalidades quais sejam: preservar vidas (investigação aeronáutica) e responsabilizar os agentes culpados (processo penal).

Assim, em ideal semelhante ao que se procurou aqui defender, Pompeo Brasil afirma:

Há que se distanciar um pouco da ótica estritamente jurídica para compreender o escopo dessa investigação, que causa uma primeira reação de perplexidade aos olhos do aplicador do direito convencional.

Num segundo momento, assimilado o princípio da dupla investigação e a importância da missão de prevenir novos acidentes e mortes, ao invés de buscar culpados, conforma-se o jurista em dispensar o espaço adequado do Relatório SIPAER, que, de seu turno, não pode abrir mão da voluntariedade dos testemunhos, cientes, seus prestadores, de que seus nomes não serão revelados, dos dados médicos e psicológicos de agentes protagonistas do infortúnio, não raro tornados vítimas, caladas para sempre (BRASIL, 2012).

## 5 CONCLUSÃO

No decorrer do presente trabalho foram estudadas as características da investigação aeronáutica, do processo penal e os motivos que levaram às alterações no Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) através da Lei nº. 12.970/14.

Ao passo que a investigação aeronáutica concentra seus esforços em identificar as causas técnico-operacionais que levaram a determinado sinistro aéreo, sem se voltar à imputação de responsabilidade. O processo penal procura – através dos elementos de provas e das provas colhidas na instrução processual – penalizar os responsáveis por determinado delito.

As razões que levam cada uma dessas investigações a focarem em diferentes objetivos foram destrinchadas ao longo dos dois primeiros capítulos desta monografia. O primeiro capítulo foi voltado à explanação dos princípios da investigação aeronáutica, assim como de sua legislação e sua missão norteadora. O segundo capítulo, por sua vez, procurou resumir a finalidade do processo penal, através da análise de alguns de seus princípios e do estudo das provas.

Desta forma, foi possível construir um conhecimento básico, capaz de possibilitar a análise que a monografia pretendia: utilização da investigação aeronáutica no processo penal.

Para isso, no último capítulo, foram feitas as comparações necessárias e explicitado os motivos pelos quais a Lei nº. 12.970/14 não se reveste de inconstitucionalidade, tampouco visa a obstruir o acesso da justiça à investigação realizada pelo SIPAER.

O que se pretende, todavia, é estabelecer cauções necessárias quando da utilização da investigação aeronáutica em um processo penal. A maneira como a investigação de acidentes aeronáuticos é conduzida possui particularidades que precisam ser consideradas.

<sup>143</sup> ARAÚJO JÚNIOR, Arizona D'Ávila Saporiti. A investigação SIPAER e a atuação do Poder Judiciário. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/216/234>> Acesso em: nov. 2017.

<sup>144</sup> HONORATO, Marcelo. Crimes Aeronáuticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014. p. 517.

A ausência de respeito aos princípios da persecução penal faz com que, ao ser levada ao processo penal, a investigação aeronáutica contenha vícios insanáveis, tornando-a uma prova ilícita. Logo, considerando-se que as provas ilícitas devem ser desentranhadas do processo, a investigação aeronáutica não poderia integrar os autos de uma ação criminal.

Considerando toda essa problemática, a Lei nº. 12.970/14 procurou dirimir as complicações que poderiam resultar dessa utilização inadequada. Estabeleceu a independência das investigações e explicou quais informações podem ser extraídas dos Relatórios do CENIPA sem resultar em violação e prejuízo aos princípios aeronáuticos e processuais penais – tudo em conformidade com a Convenção de Chicago, do qual o Brasil já era signatário desde 1946.

Inobstante a correção da Legislação aeronáutica, as alterações geraram grande desconforto no âmbito jurídico, razão pela qual a Procuradoria-Geral da República propôs uma ação direta de inconstitucionalidade contra alguns dispositivos da Lei, visando à declaração de inconstitucionalidade de uns e a interpretação conforme a Constituição de outros.

Nesse aspecto, o presente estudo tentou demonstrar que, apesar do inconformismo da Procuradoria, a Lei nº. 12.970/14 não se reveste de inconstitucionalidade, pois resguarda direitos constitucionais como a possibilidade de sigilo de determinadas informações em prol da segurança pública, o direito de ver desentranhadas do processo as provas obtidas de forma ilícita, dentre outros.

Ademais, a edição da Lei observou todos os requisitos formais, mais um motivo que enfraquece o argumento de que tal norma deveria ter determinados artigos considerados inconstitucionais. Conforme defendemos, nem toda irresignação deve resultar na declaração de inconstitucionalidade, sob o risco de ferir os ideais do próprio Estado de Direito.

Conclui-se, portanto, que a independência das investigações tem o condão de permitir que cada órgão (seja o SIPAER ou a polícia-judiciária) realize suas pesquisas e análises em acordo com os princípios basilares de cada um. Importante frisar, ainda, que não existe vedação completa ao acesso dos dados obtidos pelo SIPAER: as perícias técnicas e toda informação extraída sem carga valorativa do órgão aeronáutico é disponibilizada ao judiciário sem entraves legais. Destarte, ao contrário do espocado pelos críticos da Lei, o Código Brasileiro de Aeronáutica visa resguardar a investigação aeronáutica e, com isso, a prevenção de novos acidentes, sem, contudo, interferir na apuração de responsabilidade criminal – investigação esta que poderá se desenvolver normalmente, e pode contar com a ajuda do SIPAER, desde que respeitadas às normas aeronáuticas.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Organização da Aviação Civil Internacional (OACI)**. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/A\\_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci](http://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci)> Acesso em: ago. 2017.
- ARAÚJO JÚNIOR, Arizona D'Ávila Saporiti. **A investigação SIPAER e a atuação do Poder Judiciário**. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/216/234>> Acesso em: nov. 2017.
- BARCHET, Fabiane. SULZBACH, Camila Furini. PEREIRA, Adriane Damian. **Provas Proibidas no Processo Penal**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, 2010.
- BARROSO, Luís. **Neoconstitucionalismo e Constitucionalização do Direito (O triunfo tardio do direito constitucional no Brasil)**. In: SOUZA NETO, Claudio. SARMENTO, Daniel. A constitucionalização do direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas. Rio de Janeiro: LumenJures, 2007, p. 203-250.
- BARRETO, Regis Vinicius Silva. **Inaplicabilidade dos relatórios finais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos em processos judiciais para imputação de responsabilidade civil e penal**. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, 2015.
- BARRETO, Regis Vinicius Silva Barreto. **Investigações de acidentes aeronáuticos segundo a Organização Internacional da Aviação Civil e as peculiaridades do estado brasileiro**. 6º Encontro ABRI, 2017.
- BRASIL, Pompeo de Sousa. **Da coercitividade jurídica das recomendações produzidas no âmbito do SIPAER – algumas propostas**. In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/218/236>> Acesso em: out. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. **NSCA 3-3 – Gestão da Segurança de Vôo na Aviação brasileira**, 2013.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. **NSCA 3-12 – Código de Ética do Sipaer**, 2008.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. **NSCA 3-13 – Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro**, 2014.
- BRASIL. **Decreto nº 69.565, de 19 de novembro de 1971. Institui o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-69565-19-novembro-1971-417852-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: ago. 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 87.249, de 7 de junho de 1982. Dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-87249-7-junho-1982-437102-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: out. 2017.

- BRASIL. **Decreto-lei 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del3689.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del3689.htm)> Acesso em: out. 2017.
- BRASIL. **Estudo Preparatório nº. 001/2017/CENIPA.** 2017
- BRASIL. **Força Aérea Brasileira – Institucional.** Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/institucional>> Acesso em: out. 2017.
- BRASIL. **História do CENIPA.** Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/historico>> Acesso em: ago.2017.
- BRASIL. **Lei 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre Código Brasileiro de Aeronáutica.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm)> Acesso em: out. 2017.
- BRASIL. **Lei 11.182, de 27 de setembro de 2005. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111182.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111182.htm)> Acesso em: out. 2017.
- BRASIL. **Lei 12.970, de 8 de maio de 2014. Altera o Código Brasileiro de Aeronáutica.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Lei/L12970.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12970.htm)> Acesso em: ago. 2017.
- BRASIL. **O que é investigação?.** Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>> Acesso em: ago. 2017.
- BRASIL. **Relatório Final CPI “do Apagão Aéreo”.** Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio\\_final\\_cpi\\_apagao\\_aereo.pdf](http://www.senado.gov.br/comissoes/documentos/sscepi/relatorio_final_cpi_apagao_aereo.pdf)> Acesso em: set. 2017
- BRASIL. Sérgio Fiuza Tahim de Sousa. **O papel do poder judiciário na segurança de vôo.** In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/217/235>> Acesso em: nov. 2017
- CALAZANS, Paulo Murillo. **A Nova Lei 12.970/14 e a Investigação de Acidentes Aeronáuticos no Brasil.** Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31328/a-nova-lei-12-970-14-e-a-investigacao-de-acidentes-aeronauticos-no-brasil>> Acesso em: out. 2017.
- CARVALHO, Marcos Antônio Garapa de. **O Papel do poder judiciário na segurança de vôo: análise de caso concreto de uso do Relatório Sipaer em processo judicial.** In. Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/215/233>> Acesso em: set.2017.
- CECARELLI, Camila Franchitto. **Prova ilícita por derivação no direito processual penal brasileiro.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2011.
- CINTRA, Antonio Carlos de Araújo. GRINOVER, Ada Pellegrini. DINAMARCO, Cândido Rangel. **Teoria Geral do Processo.** 29. Ed. – São Paulo: Malheiros Editores, 2013.
- DANTAS, Flávia Tavares. **A Investigação de acidentes aeronáuticos e a apuração da responsabilidade penal.** In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/230/249>> Acesso em: out. 2017.
- Dicionário Michaelis.** Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ind%C3%ADcio/>> Acesso em: set. 2017.
- DUARTE, Conrado Prioli. **Investigação de Acidentes Aeronáuticos: Aspectos inconstitucionais da Lei 12.970/14.** UFSC, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159598>> Acesso em: ago. 2017.
- FELIPE, Frederico Alberto Marcondes. **Planejamento Estratégico e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos: a busca da sinergia.** In: Revista Conexão Sipaer, 2009. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/8/25>> Acesso em: out. 2017.
- GALVÃO, Jorge. **O Neoconstitucionalismo e o Fim do Estado de Direito.** São Paulo: Saraiva, 2014. Pgs. 269-305
- HISTORY OF MIRANDA WARNING. Disponível em: <<http://www.mirandawarning.org/historyofmirandawarning.html>> Acesso em: out. 2017
- HONORATO, Marcelo. **Crimes Aeronáuticos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris Direito, 2014.
- HONORATO, Marcelo. **Os princípios jurídicos do sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos – Sipaer.** In: Revista Conexão Sipaer, 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/214/248>> Acesso em: set. 2017.
- ICAO. **Convention on International Civil Aviation.** Disponível em: <[https://www.icao.int/publications/Documents/7300\\_orig.pdf](https://www.icao.int/publications/Documents/7300_orig.pdf)> Acesso em: out. 2017.
- ICAO. **How ICAO Develops Standards.** Disponível em: <<https://www.icao.int/about-icao/AirNavigationCommission/Pages/how-icao-develops-standards.aspx>> Acesso em: out. 2017.
- ICAO. **Safety.** Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>> Acesso em: set. 2017.
- LIMA, André Canuto de F. **A teoria dos princípios de Robert Alexy.** Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31472/a-teoria-dos-principios-de-robert-alexey>> Acesso em: out. 2017
- LIMA, Renato Brasileiro de. **Manual de processo penal: volume único.** 4. Ed. rev, ampl. e atual. – Salvador: Ed. JusPodivm, 2016.
- LOPES JUNIOR, Aury. **Fundamento do Processo Penal: Introdução Crítica.** 2. Ed – São Paulo: Saraiva, 2016.

- MARTINES, Fernando. **Robert Alexy explica seu método para resolver conflito entre princípios**. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2016-jul-02/robert-alexey-explica-metodo-resolver-conflito-entre-principios>> Acesso em: out. 2017
- MENDONÇA, Flávio Antonio Coimbra; MASO, Daniella Baptista. **O Profissional do SIPAER**. In: Revista Conexão Sipaer, 2010. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/56/75>> Acesso em: ago. 2017.
- MONTEIRO, Mariana Mayumi. **O Princípio da Não Autoincriminação no Processo Penal Brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2013.
- NUCCI, Guilherme de Souza. **Manual de processo penal e execução penal**. 12. Ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense, 2015.
- PEDRO, Fabio Anderson de Freitas. **A Validade Normativa da Convenção de Chicago de 1944 que orienta o processo de investigação de acidentes aéreos no ordenamento jurídico brasileiro à luz de uma interpretação constitucional**. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/88/123>> Acesso em: ago. 2017.
- PEDRO, Fábio Anderson de Freitas. **A confidencialidade no processo de investigação de acidentes aeronáuticos à luz da supremacia do interesse público**. In: Revista Conexão Sipaer, 2011. Disponível em: <<http://abdaer.com.br/wp-content/uploads/2014/03/aconfidencialidade-Fabio.pdf>> Acesso em: out. 2017
- PEREIRA CORREA, CÁRMEN REGINA; MACHADO CARDOSO JUNIOR, MOACYR. **Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais**. Production, vol. 17, num. 1, enero-abril, 2007, Pg. 188
- RABELO, Bruno. **As Consequências e os desdobramentos jurídicos na investigação de acidentes aeronáuticos**. Ed. Autografia: Rio de Janeiro, 2017.
- SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **ADI 5667**. Relator Ministro Celso de Mello. Disponível em: <<http://redir.stf.jus.br/estfvisualizadorpub/jsp/consultarprocessoeletronico/ConsultarProcessoEletronico.jsf?seqobjeto coincide nte=5140772>> Acesso em: set. 2017.
- TAKAYANAGI, Fabiano Yuji. **Críticas às exceções legais às provas ilícitas por derivação no processo penal brasileiro e análise da jurisprudência após a reforma da Lei 11.690/08**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2014.
- TALAMINI, Eduardo. **Prova emprestada no processo civil e penal**. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/426/r140-15.pdf>> Acesso em: set. 2017.

---

# Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri

Carlos Daniel Jabonski<sup>1</sup>, Pedro Ramos da Costa Neto<sup>2</sup>

1 Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, UTFPR, Especialista em Educação Ambiental, Bacharel em Ciências Aeronáuticas, Subtenente do Batalhão Policial Militar de Operações Aéreas do Paraná. E-mail: carlosjabonski@alunos.utfpr.edu.br.

2 Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. E-mail: pedroneto@utfpr.edu.br

---

**RESUMO:** A aviação, dos primórdios até os dias atuais, desperta grande curiosidade. O voo, a facilidade em encurtar distâncias, unir pessoas, cidades e países são fatores de grande entusiasmo. O tráfego aéreo está em crescimento, basta observar o dia a dia em um aeroporto. Porém, ações como acionar, taxiar, decolar e pousar aeronaves geram emissões de poluentes atmosféricos. Este trabalho consistiu em monitorar os gases ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO), no Aeroporto Bacacheri em Curitiba, com uma estação portátil de monitoramento de poluentes atmosféricos, modelo AQMesh. A estação de monitoramento foi instalada em períodos distintos no pátio de manobras de aeronaves e nos hangares 12 e 34 pertencentes ao Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas do Paraná, nos meses de junho, julho e outubro de 2016, totalizando quarenta e quatro dias de medições. Foi elaborado o Boletim do Índice da Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri, posteriormente, os resultados do monitoramento dos poluentes atmosféricos no aeroporto foram comparados com dados das estações de monitoramento instaladas no bairro Santa Cândida e Praça Ouvidor Pardinho, em Curitiba. A partir destas análises, foi observado que somente no aeroporto o dióxido de enxofre alterou o índice da qualidade do ar, classificando-o como regular. Para a interpretação dos dados, também foi aplicada a Análise de Componentes Principais visando à similaridade entre as variáveis. A estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foi uma ferramenta eficaz para a realização deste trabalho, o qual apresenta informações para estudos futuros e para um possível programa de gerenciamento de emissões atmosféricas em aeroportos.

**PALAVRAS CHAVE:** Aviação. Gases. Meio Ambiente.

## Air Pollutant Monitoring at Airports: Air Quality at Bacacheri Airport

**ABSTRACT:** Aviation, from early days to the present, arouses great curiosity. The flight, the ease in shortening distances, uniting people, cities and countries are factors of great enthusiasm. Air traffic is growing, it is just to observe the daily routine at an airport. However, actions such as triggering, taxiing, taking off and landing aircrafts generate emissions of air pollutants. This work consisted of monitoring: ozone gases (O<sub>3</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen monoxide (NO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and carbon monoxide (CO), at Bacacheri Airport in Curitiba, with a portable station for atmospheric pollutants monitoring, model AQMesh. The monitoring station was installed at different periods in the aircraft maneuvering yard and hangars 12 and 34 which belong to the Military Police Battalion of Air Operations of Paraná, in the months of June, July and October of 2016, totaling forty-four days of measurements. The Air Quality Index Bulletin of the Bacacheri Airport was elaborated, and the results the air pollutants monitoring at the airport were compared with data from the monitoring stations located in the neighborhood Santa Cândida and Ouvidor Pardinho square in Curitiba. From these analyzes, it was observed that only at the airport, sulfur dioxide changed the air quality index by classifying it as regular. For the data interpretation, the Principal Component Analysis was also applied aiming at identifying similarity between the variables. The air pollutant monitoring station was an effective tool to carry out this study, which presents information for future studies and for a possible atmospheric emissions management program at airports.

**KEY WORDS:** Aviation. Gases. Environment.

**Citação:** Jabonski, CD, Neto, PRC. (2018) Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 1, pp. 84-97.

## 1 INTRODUÇÃO

O ar é composto em média de 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio e 1% de outros gases (MANAHAN, 2013, p. 278). A disponibilização é de forma gratuita, porém, sua falta é implacável, minutos sem sua presença, e o caos estaria implantado no planeta.

Com o advento da Revolução Industrial, a degradação da qualidade do ar tornou-se intensa, a busca pela energia por meio da queima de combustíveis fósseis fez com que aumentasse a concentração de poluentes na atmosfera. As fontes fixas (indústrias) e fontes móveis (veículos terrestres, aquáticos e aéreos) movidos por meio da queima de energia fóssil possuem ações impactantes no meio ambiente e conseqüentemente na saúde pública. De acordo com Alcântara (2009, p.08), definem-se como impacto ambiental as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultantes de ações antrópicas ou não. O projeto de Santos Dumont, voo com um aparelho motorizado mais pesado que o ar, o qual foi um marco em 1906 para o desenvolvimento da aviação, seguiu a linha do tempo, sendo que o aparelho utilizado para o transporte aéreo, movido com essa energia, ganhou grande notoriedade, encurtou distâncias, aproximou pessoas, cidades e países. Quando discorrem sobre emissões de poluentes atmosféricos, visualizam-se chaminés de empresas de complexos industriais com suas plumas de fumaça e o tráfego de veículos automotores nas grandes cidades. A aviação apresenta um tráfego intenso de aeronaves que, por sua vez, também são fontes antropogênicas de emissão de poluentes atmosféricos, porém o assunto não é trazido alude em palestras ou seminários tanto quanto o ruído, apesar de que a redução de emissões e ruídos nos aeroportos seja um dos objetivos da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) quanto ao viés ambiental (INFRAERO, 2016 a).

O artigo 225 da Constituição Brasileira de 1988 versa que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e as futuras gerações (BRASIL, 1988).

Este trabalho traz resultados de análise, correlação e fundamentação com a legislação ambiental de como se apresentou o índice da qualidade do ar perante a movimentação no Aeroporto Bacacheri, situado em Curitiba – PR, no período de junho, julho e outubro de 2016, nas respectivas condições climáticas.

### 1.1 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os poluentes atmosféricos são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama por meio da Resolução nº 03 de 1990 (CONAMA, 1990), conforme segue:

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

De acordo com a Resolução nº 16/2014, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA, 2014), poluente atmosférico é qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa ou de energia que, presente na atmosfera, cause ou possa causar poluição atmosférica.

### 1.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO AR (IQA)

O nível da poluição do ar é mensurado pela quantificação das principais substâncias poluentes presentes no ar, definidos como Indicadores da Qualidade do Ar (IAP, 2016).

A Resolução do Conama 03/90 estabelece no Brasil padrões de qualidade do ar para os sete poluentes legislados:

- Partículas Totais em Suspensão (PTS)
- Fumaça
- Partículas Inaláveis (PI ou PM10)
- Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Ozônio (O<sub>3</sub>)
- Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

Estabelece no artigo 5º os níveis de qualidade do ar para elaboração do Plano de Emergência para episódios críticos de Poluição do Ar visando a providências do governo dos Estados e Municípios, bem como de entidades privadas e comunidades em geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população. Os níveis se dividem em atenção, alerta e emergência para a aplicação do plano e evoluem conforme a concentração estipulada para cada composto.

### 1.3 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR (PQA)

Segundo Lisboa e Kawano (2007 p. 8), um padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de



qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Definem, ainda, os Padrões Primários de Qualidade do Ar como valores limites de concentrações de poluentes na atmosfera, estabelecidos com o objetivo de proteger a saúde humana, e Padrões Secundários de Qualidade do Ar como valores limites de concentração de poluentes na atmosfera, abaixo dos quais se prevê o mínimo dano à biota, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Apesar da Resolução Conama 03/90 prever aplicação dos padrões primários, Tabela 1, os estados podem aplicar medidas mais restritivas como, por exemplo, São Paulo, com o Decreto nº 59.113 de 23 de abril de 2013, o qual estabelece valores mais rígidos quanto aos padrões da qualidade do ar, sendo que para o SO<sub>2</sub> o valor é 60 (µg/m<sup>3</sup>). O Paraná segue a legislação ambiental nacional, considerando a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar no estado, a SEMA e o IAP resolvem implantar o Plano Estadual de Controle da Poluição do Ar e de Proteção da Atmosfera - PROEPAR como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do estado de forma ambientalmente segura, conforme a Resolução nº 3 de 19 de junho de 2017.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão Secundário (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>24 horas</b>	<b>365</b>	<b>100</b>
	1 ano	80	40
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>1 hora</b>	<b>40.000</b>	<b>40.000</b>
	8 horas	10.000	10.000
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>160</b>	<b>160</b>
<b>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>320</b>	<b>190</b>
	1 ano	100	100

**Tabela 1** - Padrões primários e secundários dos poluentes atmosféricos avaliados. (Resolução Conama nº 03/90)  
(Fonte: Adaptado do relatório do ar 2013 IAP).

#### 1.4 DESCRITIVO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SUAS AÇÕES NOCIVAS PARA A SAÚDE

As concentrações de poluentes atmosféricos encontradas em grandes cidades acarretam afecções agudas e crônicas no trato respiratório mesmo em concentrações abaixo do padrão da qualidade do ar (BRAGA, *et al.*, 2001, p. 66). Segundo Dapper, Spohr e Zanini (2016, p. 86), os quais elencaram 18 estudos sobre o tema, as pesquisas encontradas sugeriram associação da poluição atmosférica com a saúde das populações estudadas. De acordo com Cañado (2006 p. S7), a poluição do ar causa uma resposta inflamatória no aparelho respiratório induzida pela ação de substâncias oxidantes. O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) destaca que as emissões de SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> são produzidas das seguintes fontes, com as respectivas ações nocivas, conforme o Quadro 1:

POLUENTE	FONTES DE EMISSÃO	AÇÕES NOCIVAS
SO <sub>2</sub>	Uso de combustível de origem fóssil, contendo enxofre, fontes móveis (veículos) e fixas (indústrias).	Irritação e aumento de muco, desconforto na respiração e problemas cardiovasculares, além de ser precursor da chuva ácida.
CO	Processo de combustão de fontes móveis (veículos) motores à gasolina, álcool e diesel, quanto a fontes fixas (indústrias).	Asfixiante, produz confusão mental, prejuízo nos reflexos, inconsciência e, em casos extremos, a morte.
O <sub>3</sub>	A luz solar possui um papel fundamental em sua formação. O ozônio é produzido por	Reduz capacidade pulmonar, diminui a resistência contra infecções e é um responsável pela asma. Na estratosfera é

	absorbância da radiação ultravioleta pelo O <sub>2</sub> , que é fotodissociado para formar O <sub>3</sub> .	protetor dos raios ultravioletas do sol, na troposfera é um poluente tóxico.
NO <sub>2</sub>	Formado pela reação de óxido de nitrogênio proveniente de motores à combustão e do oxigênio reativo presente na atmosfera.	Irritação nas mucosas do nariz, danos severos nos pulmões semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar.

**Quadro 1** - Poluentes atmosféricos, fontes de emissão e ações nocivas para a saúde.

### 1.5 COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo ANP (2016a), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Os produtos para uso em aeronaves no país são especificados conforme as resoluções:

- ANP nº 37/2009 – Querosene de aviação;
- ANP nº 05/2009 – Gasolina de aviação;
- ANP- nº 063/2017 – Querosene de aviação alternativo.

O querosene de aviação, também conhecido como Jet-A1 ou QAV, é um derivado de petróleo obtido por processos de refino como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo cadeias de 11 a 12 carbonos e utilizado em motores movidos à turbina. Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo. As diferenças se dão principalmente pela região de utilização, ponto de fulgor e ponto de congelamento, havendo adequações do produto às questões de segurança e necessidades específicas, como, por exemplo, uso militar (ANP 2016b). A expressiva evolução da indústria aeronáutica determina atualizações sistemáticas nas especificações dos combustíveis de aviação, caracterizando-as como as mais dinâmicas em relação a todos os produtos derivados de petróleo. As exigências de segurança são fatores importantes para a produção, controle e manuseio do QAV, uma vez que desvios de qualidade podem resultar em acidentes aéreos. Devido ao número reduzido de fabricantes de aeronaves e turbinas e às condições similares de utilização, a qualidade deste produto é sistematicamente discutida internacionalmente. Ao longo do tempo, novos parâmetros vêm sendo exigidos para o querosene de aviação, de modo a adequá-lo à evolução dos motores. A padronização mundial destas especificações é interessante para todos os países consumidores, de forma a garantir a segurança e facilitar as negociações de mercado (ANP, 2016c).

Assim como o QAV, a gasolina de aviação também é um derivado de petróleo, mas que possui cadeias de 5 a 8 carbonos, obtidas a partir de processos de refino. Este produto é usado exclusivamente em aviões de pequeno porte, que possuem motores com ignição por centelha (ANP 2016d). A Tabela 2 demonstra a parcela do consumo anual de combustível de aviação em porcentagem, de 2006 a 2015 no Brasil, conforme o Relatório de Balanço Energético 2016.

Fonte	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AVGAS*	2,2	2,1	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,3
QAV**	97,8	97,9	98,4	98,4	98,4	98,5	98,5	98,4	98,4	98,7
Total%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabela 2** - Parcela de consumo de combustível modal transporte aéreo. (%) (Fonte: adaptado do relatório do Balanço Energético 2016). \* Gasolina de Aviação. \*\* Querosene de Aviação.

Atendendo às regras internacionais de uso do produto, no Brasil o biocombustível de aviação pode ser utilizado voluntariamente em mistura com o QAV fóssil desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP. O setor de transportes, incluindo a aviação, é responsável pela maior parte das emissões de (CO<sub>2</sub>), que é um gás de efeito estufa mais presente na atmosfera e grande responsável pelo aquecimento global. Por isso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação do uso de biocombustíveis oriundos de fontes renováveis e cuja utilização reduz o percentual de emissões nocivas tem papel fundamental do ponto de vista ambiental.

Atualmente, a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o QAV de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Quando necessário, as normas de controle

incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivado de petróleo. A ANP regulamenta o uso voluntário de querosene parafínico sintético (SPK) por Fischer-Tropsch, SPK-HEFA e querosene isoparafina (SIP) nos respectivos percentuais determinados pela norma americana por meio da Resolução ANP nº 63/2014 (ANP, 2016). O Brasil sempre esteve na vanguarda do uso de biocombustíveis de aviação (CASAGRANDE, 2015).

Em 2005 a Empresa Brasileira de Aeronáutica, Embraer, lançou o primeiro avião do mundo movido a etanol, o Ipanema EMB 202 A, utilizado na aviação agrícola, mais econômico e menos poluente. Outro biocombustível desenvolvido pela Empresa Honeywell é o chamado Green Diesel, chegou a ser testado em um voo pela Air New Zeland e abasteceu em 50% um jato modelo Gulfstream G450 para um voo entre New Jersey (EUA) e Paris (França) em 2001. O novo combustível ainda não recebeu certificação das autoridades norte-americanas para comercialização regular. De acordo com Realpe (2016), a Empresa de Aviação Boeing está trabalhando em parceria com a *Federal Aviation Administration* (FAA) e outros parceiros, para aprovar o uso do diesel verde nas aeronaves e reduzir as emissões de carbono na indústria da aviação.

No Aeroporto Bacacheri, a porcentagem de aeronaves de motor cuja energia é advinda da utilização de gasolina de aviação é superior às que utilizam querosene de aviação, porém o fornecimento deste combustível é em maior quantidade devido à capacidade maior de tanque das aeronaves abastecidas, conforme Tabela 3:

Ano	Combustível	Litros	Atendimentos	Atendimentos/ Litros
2016	QAV	2.410.195	4.407	547
2017	AVGAS	818.130	6260	630

**Tabela 3** - Consumo de Combustível no Aeroporto Bacacheri em 2016. (Fonte: Shell Aviation Aeroporto Bacacheri 2017).

#### 1.6 ÁREA DE PESQUISA AEROPORTO BACACHERI

Curitiba possui dois aeroportos, sendo o Aeroporto Internacional Afonso Pena na Região Metropolitana, em São José dos Pinhais, e o Aeroporto Bacacheri, localizado no bairro que lhe dá o nome. No complexo aeroportuário de Bacacheri, estão presentes várias empresas de aviação (oficinas, escolas, táxi-aéreo, abastecimento de aeronaves), serviços públicos como o Hangar do Governo do Estado do Paraná, os Hangares do Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas, que têm sua criação conforme o Decreto Estadual nº. 9411 (PARANÁ, 2013), Hangar da Receita Federal, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Civil, Anac e Infraero. (INFRAERO, 2016).

A Portaria nº 533/SIA, de 09 de março de 2016, resolve:

Art. 1º Alterar e renovar a inscrição do aeródromo público abaixo, com as seguintes características:

I - denominação: Bacacheri;

II - código OACI: SBBI;

III - município (UF): Curitiba (PR);

IV - ponto de referência do aeródromo (coordenadas geográficas):

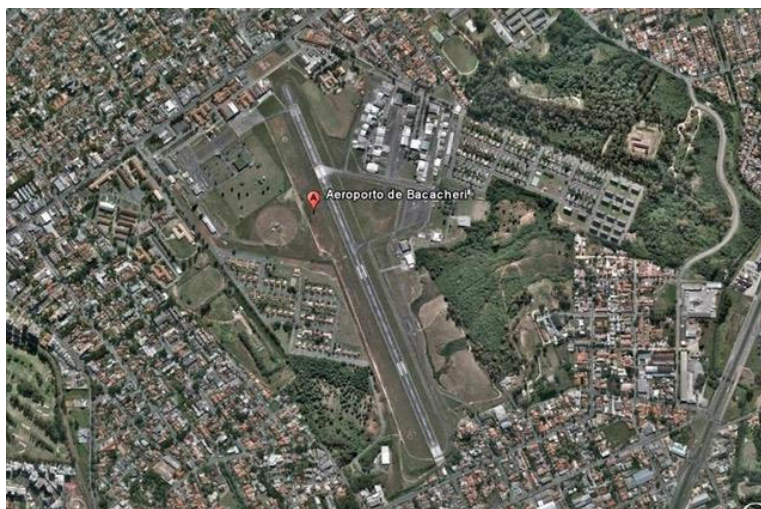
25° 24' 12"S/ 049° 14' 01"W

A Tabela 4 demonstra a movimentação de aeronaves no Aeroporto Bacacheri no período de 2010 a 2016, sendo 94.787 pousos e 94.386 decolagens.

Ano	Pousos	Decolagens	Nº de Passageiros
2010	12.643	12.560	60.678
2011	15.320	15.239	101.881
2012	14.864	14.769	90.360
2013	12.215	12.148	67.414
2014	16.075	16.092	132.974
2015	12.486	12.454	60.899
2016	11.184	11.124	85.761
<b>TOTAL</b>	<b>94.787</b>	<b>94.386</b>	<b>599.967</b>

**Tabela 4** - Movimentação de pousos, decolagens e número de passageiros entre os anos de 2010 a 2016. (Fonte: Infraero 2016).

O sítio aeroportuário conta com 1.393 milhão m<sup>2</sup>, o pátio de manobras de aeronaves com 16.060 m<sup>2</sup>, as dimensões da pista compreendem 1390 m x 30 m, cabeceira 18/36. A Figura 1 ilustra a localização da pista cercada pelas moradias do bairro.



**Figura 1** - Vista aérea do Aeroporto Bacacheri. (Fonte: Adaptado de Google Earth 2016).

A qualidade do ar e efeitos da poluição atmosférica é uma preocupação mundial. Em Curitiba há estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em determinados bairros geridas pelo Instituto Ambiental do Paraná, IAP, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC e demais parceiros.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 QUANTIFICAÇÃO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS LEGISLADOS

O trabalho teve início com a instalação de uma estação de monitoramento portátil de poluentes atmosféricos AQMesh, cedida para a pesquisa pela Empresa Similar<sup>1</sup>. Os locais escolhidos no aeroporto para a instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foram os hangares 12 e 34, pertencentes ao BPMOA, definidos como ponto B e C, e o pátio de manobras como ponto A.

A Figura 2 ilustra a estação de monitoramento instalada, totalmente autônoma quanto à utilização de energia e envio de dados.



**Figura 2** - Pontos de instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos. (A) pátio de manobras, (B) Hangar 12 e (C) Hangar 34. (Fonte: Acervo autor).

#### 2.1.1 DESCRITIVO DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

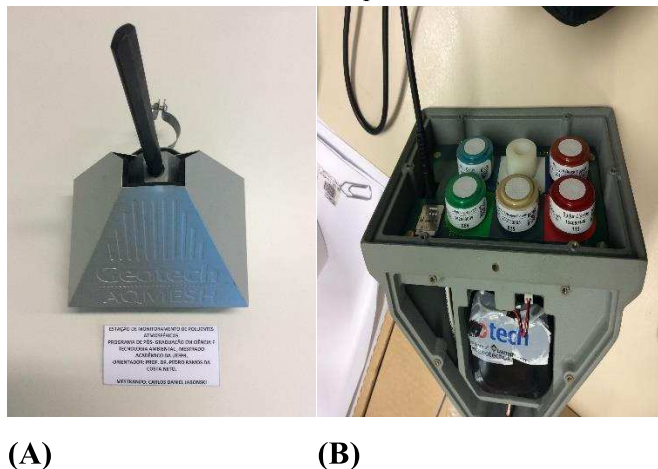
A Figura 3 ilustra a estação AQMesh, que é um sistema de monitoramento da poluição do ar de alta sensibilidade concebido como um único monitor ou a uma rede de monitores dispostos para medir NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e pressão atmosférica.

A estação permite que a qualidade do ar seja monitorada nos locais exatos, pois o equipamento pode ser instalado em um pequeno poste de luz ou na parede. Existem também as unidades "pods", as quais são completamente sem fio, utilizam a energia da bateria e comunicação por meio de celulares. Mede no ar os principais gases poluentes e, conectado por intermédio de rede sem fio, comunica os dados a uma rede em nuvem, onde, a partir de algoritmos de gerenciamento, geram leituras precisas. O

<sup>11</sup>Empresa Similar sediada em Curitiba, PR, presta serviço de automação de fábrica e processos.

acesso do usuário é por meio de um portal online, em que as leituras são visualizadas e comparadas. A calibração dos sensores é realizada equiparando com equipamentos de referência padrão da indústria (AQMesh, 2017).

A baixa complexidade de instalação permite que as unidades de monitoramento possam ser implantadas para diversos projetos, como a avaliação das medidas de mitigação da poluição ou de apoio ao desenvolvimento ou planejamento de propostas de instalação de atividades potencialmente impactantes. Os dispositivos compactos também são adequados para monitoramento de emissões fugitivas de plantas industriais, túnel rodoviário, aeroportos e muitos outros usos. (Fonte: SIMILAR, 2016).



**Figura 3** - (A) Foto da estação AQMesh, (B) visualização dos sensores de captação de poluentes atmosféricos. (Fonte: Empresa Similar).

## 2.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os períodos de monitoramento da qualidade do ar no Aeroporto Bacacheri foram de 14 dias no outono, 22 dias no inverno e 08 dias na primavera, totalizando 44 dias. A coleta seguiu o cronograma de acordo com a Tabela 5.

Ano	Período de Monitoramento	Local
2016	01 Jun a 04 Jun	Hangar 12
	27 Jun a 04 Jul	
2016	04 Jul a 11 Jul	Hangar 34
2016	10 Jun a 27 Jun	Pátio de Manobras
2016	07 Out a 14 Out	

**Tabela 5** – Período de monitoramento das estações.

Os dados mensurados dos gases NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, na unidade de (µg/m<sup>3</sup>) em períodos de 24 horas, com medições a cada 15 minutos, foram analisados de acordo a Resolução Conama 03/90.

## 2.3 ELABORAÇÃO DO BOLETIM DA QUALIDADE DO AR DA ESTAÇÃO DO AEROPORTO BACACHERI

Para a elaboração do Boletim da Qualidade do Ar da Estação do Aeroporto Bacacheri, foi calculado o índice da qualidade do ar, e utilizados, como exemplo, os boletins das estações de monitoramento de poluentes atmosféricos instaladas em Curitiba, disponibilizados no site do Instituto Ambiental do Paraná. Foram calculados os índices da qualidade do ar dos gases NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO e NO dos meses de junho, julho e outubro de 2016 nas estações climáticas do outono, inverno e primavera.

O diferencial do Boletim do Aeroporto Bacacheri dos demais boletins das estações instaladas em Curitiba foi a inserção dos dados de pousos e decolagens nos dias de monitoramento dos poluentes atmosféricos.

De acordo com Lisboa e Kawano (2007), *apud* Kiely (1996), o valor do índice é calculado pela seguinte equação:

$$Índice = Índice_{inicial} + \left( \frac{Índice_{final} - Índice_{inicial}}{Conc._{final} - Conc._{inicial}} \right) \times (Conc._{medida} - Conc._{inicial})$$

Em que:

Índice – índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida – concentração medida;



Conc. *inicial* – concentração inicial da faixa onde se encontra a concentração medida;

Conc. *final* – concentração final da faixa onde se encontra a concentração medida;

Índice *inicial* – valor do índice correspondente à Conc. *final*

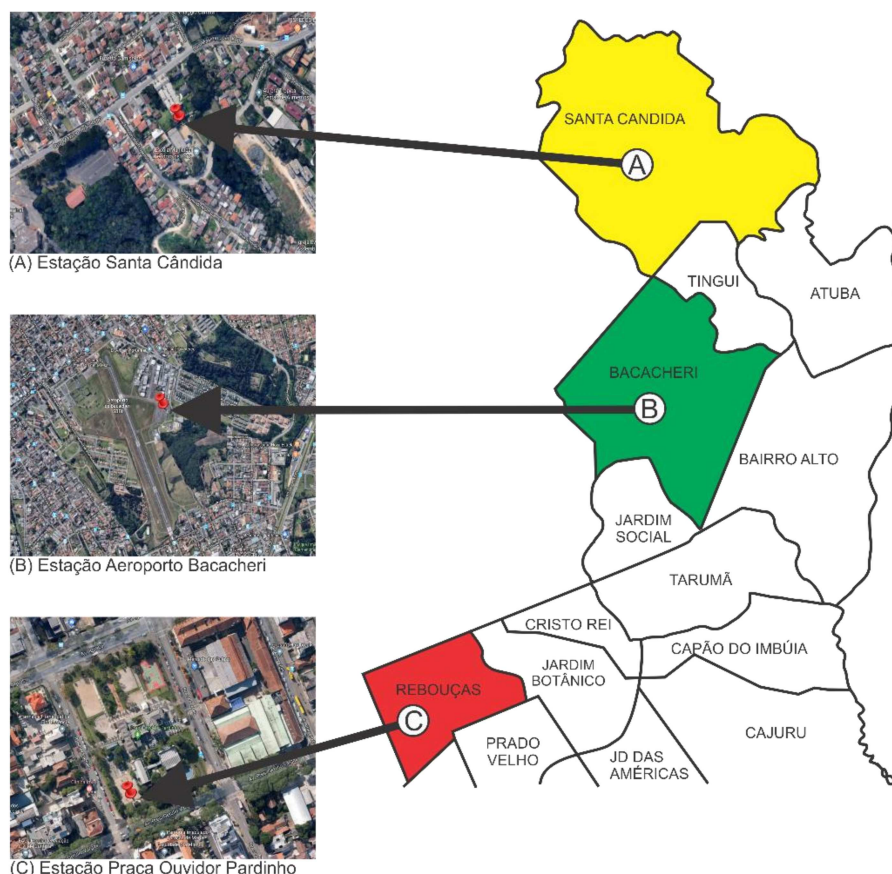
Índice *final* - valor do índice correspondente à Conc. *inicial*

Depois de calculado o valor do índice, o ar recebe uma qualificação sendo enquadrado em determinada categoria, consequentemente resultando em um impacto para a saúde pública, conforme a Tabela 6.

QUALIDADE DO AR	CATEGORIA	IMPACTO
IQA até 50	<b>BOA</b>	Nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	<b>REGULAR</b>	Apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 100 e 150	<b>INADEQUADA</b>	Em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	<b>INADEQUADA</b>	Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	<b>MÁ</b>	Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
IQA acima de 300	<b>PÉSSIMA OU CRÍTICA</b>	Na população em geral

**Tabela 6** - Classificação do índice da qualidade do ar. (Fonte: Adaptado de IAP,2016).

Os dados do Boletim Aeroporto Bacacheri foram comparados com os dados das estações (A) e (C). A distância das estações (B) para (A) é de 5 km, e (B) para (C), 7 km.



**Figura 4:** Localização das estações de monitoramento. (Fonte: Adaptado de Google Earth).

## 2.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Segundo Valderrama L. *et al.* (2016, p. 245), a Análise de Componentes Principais (PCA) é um método de reconhecimento de padrões capaz de transformar uma tabela de dados experimentais em gráficos informativos acerca da similaridade entre as amostras e as respectivas variáveis responsáveis por isso. Foi utilizado o software estatística versão 10.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2016 foram realizados 11.184 pousos e 11.124 decolagens, o horário de funcionamento do Aeroporto Bacacheri é das 07:00h às 22:00h, todos os dias da semana. Na Tabela 7, os valores são relativos à exata medição dos poluentes atmosféricos da

respectiva hora, observa-se a concentração e dispersão dos poluentes no momento de operação do aeroporto e após o horário de funcionamento.

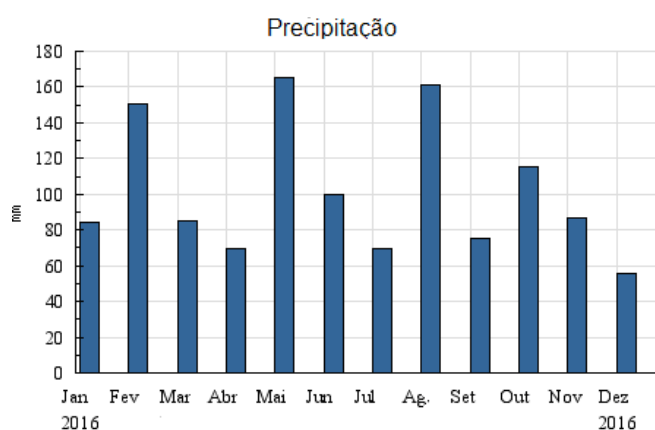
*28 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/ m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	CO µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
18:00	18,6	920,9	66,7	0,53	578,58	3,00	86,38	2,05
19:00	17,1	921,2	68,5	1,74	679,11	1,07	96,10	2,26
20:00	16,6	921,4	68,3	0,27	614,95	0	101,82	2,46
21:00	14,9	921,7	72	2,54	607,96	0,42	126,13	2,26
22:00	14,1	922,0	73,7	3,08	548,32	0,64	139,29	2,26
HORÁRIO DE FECHAMENTO DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO								
23:00	13,6	922,5	74,1	3,62	477,2	1,29	149,6	2,05
*29 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/ m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	CO µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
00:00	13,1	922,8	75,8	3,21	430,03	1,50	155,88	1,85
01:00	12,6	921,8	76,5	2,95	379,13	1,07	155,88	2,23
02:00	12,0	922,1	76,8	2,55	335,12	1,07	157,60	2,05
03:00	11,1	924,4	77,1	2,14	244,7	0,85	155,89	2,26
04:00	11,3	921,0	77,8	1,47	247,3	0,21	151,30	2,05
05:00	10,9	920,5	77,8	1,47	213,2	1,07	147,59	2,05
06:00	10,7	920,8	78,2	0,54	185,06	0,21	142,4	2,05
HORÁRIO DE ABERTURA DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO								
07:00	10,1	920,8	78,9	0,54	182,70	0,43	140,70	2,05
12:00	17,8	921,7	73,9	0	81,20	0	186,78	3,49
15:00	20,1	919,3	67,5	0	65,14	5,03	166,75	2,67
18:00	19,2	919,3	66,4	0	85,41	1,27	134,43	1,67
22:00	19,5	922,5	72,8	3,21	332,74	0,64	90,67	1,86

**Tabela 7** - Medições em 28 e 29 jun/16, horários de operação e fechamento do aeroporto. \*Os dias 28 e 29 de junho de 2016, não apresentaram precipitações na localidade conforme consulta de dados meteorológicos no site [www.simepar/defesacivil/consulta](http://www.simepar/defesacivil/consulta) e dados enviados do ICEA.

Foi evidenciado nos dados mensurados que, nos períodos em que não havia movimentação aeroviária, após as 22:00h, as concentrações de CO apresentaram dispersão muito lentas das mensuradas no horário de funcionamento do aeroporto, e os valores mensurados de SO<sub>2</sub> foram aumentando conforme transcorria o tempo, sugerindo que as emissões da movimentação das aeronaves não seriam as únicas responsáveis pela degradação da qualidade do ar. Em comparação com o resultado das estações do bairro Santa Cândida e da Praça Ouvidor Pardino, o SO<sub>2</sub> se apresentou significativamente somente no sítio aeroportuário, principalmente em 28 e 29 de junho de 2016, alterando a qualidade do ar nesses dias para regular. Conforme o banco de dados climatológicos do Instituto de Controle do Espaço Aéreo, ICEA e do Sistema Meteorológico do Paraná, Simepar, não houve precipitações nestes dois dias na localidade, e o mês de junho apresentou a média mensal de temperatura mais baixa do ano, conforme o Gráfico 2.

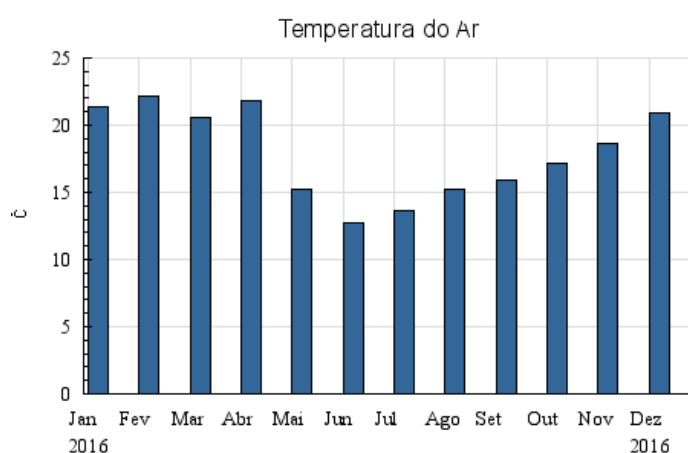
Pela análise, sugere-se que a localidade recebe imissões de outras fontes móveis, seja da circulação de veículos dentro do sítio aeroportuário e vias de grande movimentação no entorno, dentre elas, a Avenida Erasto Gaertner, seja de fontes estacionárias como empresas da região metropolitana. Outra evidência é a influência da temperatura na dissipação: quanto mais baixa, os valores mensurados apresentaram redução mais lenta assim que transcorria o tempo, conforme a Tabela 6. Durante os meses de monitoramento de poluentes atmosféricos (junho, julho e outubro 2016), as médias de precipitações foram de 100 mm, 70 mm e 110 mm, índices pluviométricos apresentados no Gráfico 1.





**Gráfico 1** - Média mensal de precipitação no Aeroporto Bacacheri.  
(Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017).

Quanto à temperatura, o mês de junho 2016 apresentou a média de 13°C, conforme o Gráfico 2.



**Gráfico 2:** Média mensal de temperatura, no Aeroporto Bacacheri.  
Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

### 3.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DAS ESTAÇÕES SANTA CÂNDIDA, PRAÇA OUIDOR PARDINHO E AEROPORTO BACACHERI

A Tabela 8 demonstra os Índices de Qualidade do Ar dos meses monitorados. No mês de junho, a maior degradação amostrada considerou a qualidade do ar como regular nas Estações Ouvidor Pardinho e Aeroporto Bacacheri, sendo que, somente neste, o SO<sub>2</sub> se fez presente.

Data	Estação	Poluente/IQA	Qualidade do Ar
28 Jun 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 41	BOA
29 Jun 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 41	BOA
28 Jun 16	Ouvidor Pardinho	NO <sub>2</sub> 114	REGULAR
<b>28 Jun 16</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 53</b>	REGULAR
<b>29 Jun 16</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 62</b>	REGULAR
24 Jul 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
01 Jul 16	Ouvidor Pardinho	NO <sub>2</sub> 59	REGULAR
29 Jul 16	Ouvidor Pardinho	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
<b>01 Julho</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 32</b>	BOA
20 Out.16	Ouvidor Pardinho	O <sub>3</sub> 51	REGULAR
16 Out. 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
17 Out. 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 58	REGULAR
08 Out 16	Aeroporto	O <sub>3</sub> 7	BOA

**Tabela 8** - Comparação entre dados das estações, Junho, Julho e Outubro 2016.

A medição de 93,6 µg/m<sup>3</sup> a qual resultou o IQA 53 de SO<sub>2</sub> em 28 de junho e 140,6 µg/m<sup>3</sup>, 62 de IQA em 29 de junho, não extrapolaram o nível máximo tolerável de concentração de poluentes, conforme a Resolução Conama 03/90 discrimina como padrão primário, que é 365 µg/m<sup>3</sup>. Porém, 140,6 µg/m<sup>3</sup> classifica o IQA na categoria regular. Com a qualidade do ar considerada regular, pessoas com alta sensibilidade poderão apresentar reações alérgicas e outros efeitos relacionados na literatura quanto ao

contato com o poluente. A única estação que apresentou o SO<sub>2</sub> com o IQA regular foi a do Aeroporto Bacacheri. Uma vez lançado na atmosfera, o SO<sub>2</sub> é oxidado dentre outras reações, formando também o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Essa transformação depende do tempo de permanência no ar, da presença de luz solar, temperatura, umidade e adsorção do gás na superfície das partículas. A permanência no ar por um período grande de tempo faz com que o SO<sub>2</sub> e seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para regiões distantes das fontes primárias de emissão, aumentando a área de atuação desses poluentes (CANÇADO *et al.* 2006b, p S7).

### 3.2 CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS NA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

As variáveis utilizadas para a análise, médias de 24 horas das medições de NO, CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, Temperatura, Umidade e número de pousos e decolagens diário, foram correlacionadas gerando a Tabela 9 com dados reduzidos e, posteriormente, gráfico informativo.

Data	NO (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temp. °C	Umidade (g/m <sup>3</sup> )	Pousos n°	Decolagens n°
1-jun-16	0,00	56,20	0,90	9,64	2,24	19,00	84,20	19	20
2-jun-16	0,00	42,00	2,30	3,64	2,23	15,80	82,90	47	43
3-jun-16	0,00	85,70	3,70	1,54	2,35	15,30	82,30	39	38
4-jun-16	0,00	27,60	1,90	0,00	2,78	14,70	85,80	20	24
10-jun-16	0,00	93,10	0,02	0,00	6,60	11,90	52,60	73	77
11-jun-16	0,00	60,80	1,53	0,70	3,30	6,80	59,20	38	40
12-jun-16	0,10	89,90	2,75	1,24	2,80	6,80	57,60	27	27
13-jun-16	0,70	128,80	2,42	4,15	2,80	6,80	68,60	38	27
14-jun-16	0,00	42,20	3,60	3,70	2,50	11,40	74,90	82	75
15-jun-16	0,00	112,80	3,90	4,90	2,60	13,50	74,40	44	54
16-jun-16	0,00	116,00	2,90	9,28	2,80	16,30	72,20	50	52
17-jun-16	0,00	77,70	3,90	4,90	2,30	17,40	74,80	36	40
18-jun-16	0,00	49,30	2,30	0,20	2,40	13,20	87,80	7	5
19-jun-16	0,00	38,70	2,10	1,20	2,30	13,40	91,10	18	19
20-jun-16	0,00	29,90	3,00	0,10	2,10	9,40	91,10	14	12
21-jun-16	0,00	23,40	5,80	0,00	2,20	8,30	92,10	15	17
22-jun-16	0,00	46,80	3,70	0,10	2,60	10,10	93,40	19	18
23-jun-16	0,00	63,70	2,40	2,50	2,50	11,60	90,00	47	40
24-jun-16	0,00	34,30	3,80	2,60	2,30	11,70	88,40	33	39
25-jun-16	0,00	27,60	4,90	2,80	2,10	12,80	86,40	49	44
26-jun-16	0,00	37,70	6,40	0,01	2,10	12,70	89,20	11	11
27-jun-16	2,00	191,20	1,06	38,40	2,20	18,50	72,10	38	37
28-jun-16	2,90	484,90	0,60	93,60	2,20	15,20	71,90	45	46
29-jun-16	1,40	229,30	0,70	140,60	2,50	14,90	74,00	61	59
30-jun-16	1,60	226,20	0,50	73,10	2,50	15,30	77,00	58	65
1-jul-16	1,40	198,10	0,80	50,50	2,30	15,30	75,00	36	36
2-jul-16	0,60	164,10	0,50	43,50	2,10	15,50	72,80	39	40
3-jul-16	0,10	164,30	0,80	39,50	2,10	16,50	70,50	37	39
4-jul-16	0,20	140,50	0,90	16,90	2,10	13,60	74,00	42	38
5-jul-16	0,00	109,30	3,00	14,60	1,40	17,20	75,00	39	40
6-jul-16	0,00	49,70	4,40	7,40	1,50	15,90	77,20	19	19
7-jul-16	0,00	82,60	3,70	6,70	1,70	12,20	68,10	41	40
8-jul-16	0,00	97,60	2,60	5,80	2,10	11,50	70,40	47	45
9-jul-16	0,00	56,30	3,20	8,10	1,90	13,70	68,50	37	37
10-jul-16	0,00	144,00	3,90	9,50	1,90	17,40	68,60	28	33
11-jul-16	0,00	114,00	2,80	7,60	2,00	14,80	78,00	29	28
7-out-16	0,00	1,40	2,10	0,10	2,10	16,00	66,50	15	19
8-out-16	0,00	6,60	3,90	0,10	1,90	18,70	66,20	29	27

9-out-16	0,00	0,50	3,50	0,00	1,90	15,90	68,20	26	25
10-out-16	0,00	0,00	3,70	0,00	2,00	15,00	69,10	36	29
11-out-16	0,00	0,90	2,50	0,30	2,60	14,80	70,20	19	24
12-out-16	0,00	0,00	3,80	0,00	1,90	18,90	70,30	18	19
13-out-16	0,00	0,10	3,60	0,20	2,10	16,80	81,30	14	15
14-out-16	0,00	14,60	1,80	0,60	2,20	16,40	86,00	30	27

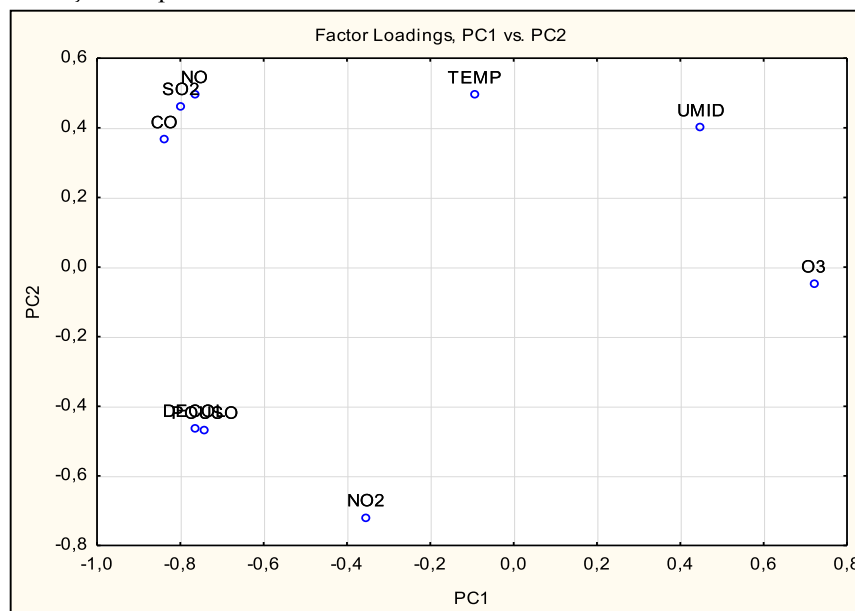
**Tabelas 9** - Médias diárias no período de 44 dias da estação Aeroporto Bacacheri.

Os valores apresentados na Tabela 10 mostram a correlação entre as variáveis, os valores em vermelho são os que têm maiores correlações, seja direta ou inversa. Quanto mais próximo de 1, maior é a correlação.

	Médias	Desv. P.	NO	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	TEMP	UMID	POUSO	DECOL
NO	0,250	0,630	1,000	0,860	-0,515	0,810	-0,007	0,142	-0,128	0,281	0,287
CO	85,464	88,123	0,860	1,000	-0,540	0,799	0,047	0,087	-0,215	0,409	0,439
O <sub>3</sub>	2,695	1,460	-0,515	-0,540	1,000	-0,539	-0,372	-0,142	0,314	-0,348	-0,366
SO <sub>2</sub>	13,870	28,131	0,810	0,799	-0,539	1,000	-0,045	0,203	-0,115	0,383	0,406
NO <sub>2</sub>	2,343	0,748	-0,007	0,047	-0,372	-0,045	1,000	-0,330	-0,339	0,405	0,450
TEMP	14,066	3,189	0,142	0,087	-0,142	0,203	-0,330	1,000	-0,031	-0,077	-0,018
UMID	76,134	9,722	-0,128	-0,215	0,314	-0,115	-0,339	-0,031	1,000	-0,375	-0,407
POUSO	34,295	16,143	0,281	0,409	-0,348	0,383	0,405	-0,077	-0,375	1,000	0,969
DECOL	34,295	15,992	0,287	0,439	-0,366	0,406	0,450	-0,018	-0,407	0,969	1,000

**Tabela 10** - Variáveis correlacionadas. (Fonte: Software estatística, PCA).

Ao gerar o Gráfico 3, fica evidente a similaridade entre alguns poluentes atmosféricos, observa-se a concentração de NO, SO<sub>2</sub> e CO de maneira direta, O<sub>3</sub> se apresenta de forma anômala, e NO<sub>2</sub> uma correlação maior com a decolagem. A proximidade do número de pousos e decolagens faz com que apareçam sobrepostos no gráfico. O pouso e a decolagem são as fases mais críticas do voo, sendo que, na decolagem, a exigência dos motores é superior às demais fases, havendo, desta forma, um consumo importante de combustível, resultando em determinada quantidade de emissão de poluentes atmosféricos, por isso a evidência da maior concentração e correlação dos poluentes nesta fase.



**Gráfico 3** - Similaridade entre poluentes atmosféricos.

#### 4 CONCLUSÃO

A quantificação dos poluentes legislados O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, além de NO, com o posterior tratamento dessas informações em consonância com os preceitos da legislação vigente, foram ações importantes para traçar um panorama da qualidade do ar, correlacionando essas informações com números de voos ocorridos exatamente nas datas de monitoramento. Com as informações, foi possível calcular o Índice da Qualidade do Ar e elaborar o Boletim da Qualidade do Ar da Estação Aeroporto Bacacheri nos meses de junho, julho e outubro de 2016. O monitoramento da qualidade do ar do Aeroporto Bacacheri, com a

utilização de uma estação de monitoramento de poluentes atmosféricos, mostrou-se eficiente. A amostragem realizada em 24 horas, a cada quinze minutos, propiciou uma mensuração com quantidade de dados suficiente para a análise.

Desta forma, foi possível correlacionar os dados posos/decolagens/poluentes atmosféricos com a legislação e chegar à conclusão de que as concentrações de poluentes atmosféricos no Aeroporto Bacacheri não se mostraram elevadas no período avaliado, uma hipótese a ser considerada é a construção do aeroporto que, apesar de estar localizado em um bairro populoso de Curitiba, proporciona uma boa dispersão, porém, em dois dias, deu-se concentração suficiente do poluente atmosférico SO<sub>2</sub> com a medição de 93,6 µg/m<sup>3</sup>, a qual resultou o IQA 53 e 140,6 µg/m<sup>3</sup>, 62 de IQA, alterando a qualidade do ar para regular. Outro fato evidenciado foi que quanto mais baixa a temperatura maior é a concentração de poluentes, sendo a dispersão mais lenta.

A Análise de Componentes Principais proporcionou uma visão mais didática, reduzindo os dados, gerando gráfico de maneira a deixar evidente quais os poluentes apresentaram similaridade, e que a fase de decolagem é a mais crítica quanto à emissão de poluentes atmosféricos.

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, V. **Inserção Curricular da Educação Ambiental**. Curitiba, IESDE Brasil S.A. 2009, 08 p.
- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Portaria n 533/ SIA** de 9 de março de 2016, publicada no Diário Oficial da União de 10 de março de 2016, seção 1, pág. 7.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016a.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016b
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016c
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016d
- AQMesh Operating Manual**. Disponível em: <<http://www.aqmesh.com>>. Acesso em 01 mar. 2017.
- BRAGA, A.; PEREIRA L.A.A.; BOHM, G.M.; SALDIVA P. São Paulo- SP- n 51 set/ nov. 2001 p. 66. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br>>. Acesso em: 10 jun 2017.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal:Centro Gráfico, 1988.
- CANÇADO, J. E. D.; BRAGA A.; PEREIRA,L.A.A.; ARBEX,M.A.; SALDIVA, P.H.N;SANTOS, U.DE P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.32, n.Supl 1, p.S 7, 2006.
- CANÇADO, J. E. D.; BRAGA A.; PEREIRA,L.A.A.; ARBEX,M.A.; SALDIVA, P.H.N;SANTOS, U.DE P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.32, n.Supl 1, p.S 7, 2006b.
- CASAGRANDE V.**Os Desafios dos Biocombustíveis**. Revista Aeromagazine. n 252 Mai 15. Disponível em: <<http://www.aeromagazine.uol/revista/252>> Acesso em 09 nov 2017.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 15937-15939, 22 ago. 1990. Seção 1. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2016.
- DAPPER, S. ; SPOHR C. ; ZANINI R.R. **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo**. Estudos av. vol. 30 n 86, São Paulo. Jan/Apr.2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 04 out. 2017.
- IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Indicadores da Qualidade do Ar**. Disponível em: < <http://www.iap.pr.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2017.
- ICEA. Instituto de Controle do Espaço Aéreo.**Climatologia Aeronáutica**. Disponível em: <<http://www.pesquisa.icea.gov.br/climatologia>> Acesso em: 09 nov. 2017.
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Programa de Gerenciamento de Emissões Atmosféricas**. Disponível em: <[http://www.infraero.gov.br/images/stories/infraero/meioambiente/2016/programa\\_gerenciamento\\_de\\_emissoes\\_atmosfericas.pdf](http://www.infraero.gov.br/images/stories/infraero/meioambiente/2016/programa_gerenciamento_de_emissoes_atmosfericas.pdf)>. Acesso em: 06 jul.2016a.
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária **Aeroporto Bacacheri**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/aeroportos/parana/aeroporto-de-bacacheri.html>>. Acesso em: 01 mai. 2016b.
- KIELY, G. Environmental Engineering. Berkshire England. McGraw- Hill. 1996.
- LISBOA, H. M.; KAWANO, M. **Monitoramento de Poluentes Atmosféricos**. In.: UFSC- Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental. (Org). Controle da Poluição Atmosférica. 01 ed: E-BOOK, 2007 p 8.
- MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9ª Ed. p – 278. Porto Alegre. Bookman, 2013.

- Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório do Balanço Energético Nacional 2016**. Disponível em: <<http://www.ben.epe.gov.br>>. Acesso em 22 jun 2017.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. **OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto na saúde**. Disponível em <http://www.paho.org>>. Acesso em: 24 jul 2017.
- PARANÁ. **Decreto Estadual nº 9411 de 20 de novembro de 2013**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 20 nov. 2013, Edição 9089 p. 23-24, 2013.
- REALPE, C.K.T. **Prospecção Tecnológica de Combustível Renovável para Aviação: Estudo de Caso do Diesel Verde**. Dissertação de Mestrado. PPTPQB, UFRJ, 2016.
- Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 03/2017 de 19 de junho de 2017**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 21 jun 2017, Edição 9969 p. 107-108, 2017.
- SÃO PAULO. **Decreto Nº 59.113 de 23 de abril de 2013**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 24 abr 2013. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/legislação/decreto2013>>. Acesso em 07 mar 2017.
- SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, **Resolução nº 16/2014**. Disponível em <<http://www.legislação.pr.gov.br/legislação>>. Acesso em: 17 mai 2016.
- SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em <<http://www.simepar.br>>. Acesso em 04 out 2016.
- SIMILAR. **Tecnologia e Automação**. Disponível em <<http://www.similar.ind.br>>. Acesso em 26 out 2016.
- VALDERRAMA L.; PAIVA V.B.; MARÇO P.H.; VALDERRAMA P. **Proposta Experimental Didática para o Ensino de Análise de Componentes Principais**. Química Nova, vol. 39, nº 2, São Paulo, fev. p. 245, 2016.