

---

# A importância do sensor Tubo Pitot nas aeronaves: Um estudo de caso do voo AF 447 da Air France

Rafael Ávila Moraes<sup>1</sup>

1 Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará – FEE/UFPA.

---

## BIOGRAFIA:

Rafael Ávila Moraes é graduando de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará (FEE-UFPA) e graduando de Técnico em Eletrônica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

**RESUMO:** Manter uma aeronave no ar e garantir as condições favoráveis no percurso do voo envolve uma série de ações que independem dos comandantes. É uma cooperação mútua do piloto, centro de comando em terra e sensores distribuídos pela fuselagem do avião que possibilitam identificar, por exemplo, a pressão, o clima, a velocidade e a altitude. Um dos sensores que configuram este complexo arranjo mecânico e elétrico dos aviões é o Tubo Pitot. É um sensor que mede a pressão estática e total possibilitando assim, através de convenções físicas de proporcionalidade, também obter a velocidade e altura da aeronave. Neste caso, manter a eficiência e veracidade dos dados coletados pelo sensor é de extrema importância para a segurança do voo. No entanto, o acidente envolvendo o voo AF 447 da Air France evidenciou a importância do sensor que, nos relatórios finais, mostrou ter sido um dos fatores determinantes para a queda da aeronave. Neste estudo de caso foram analisadas as estruturas mecânicas, elétricas e funcionais do Tubo Pitot e quais as consequências do seu mau funcionamento em virtude do acúmulo de cristais de gelo no seu interior permitiram que o confronto dos dados coletados com a situação do voo resultasse no acidente do avião da companhia francesa. Tomar conhecimento do caso, constatar a importância dos sensores aeronáuticos e seu funcionamento promovendo a segurança faz-se necessário de forma que sejam encontradas alternativas que evitem acidentes futuros que, nesse caso, foram causados por fatores meteorológicos que diminuíram a precisão dos sensores, bem como, a eficiência do sistema de aquecimento interno do Tubo.

**Palavras Chave:** sensor, Tubo Pitot, acidente, Air France

## The importance of the Pitot Tube sensor in aircraft: A case study of the Air France Flight 447

**ABSTRACT:** Keeping an aircraft in the air and ensuring favorable conditions in the course of the flight involves a series of actions that are independent of the captains. It results from a mutual cooperation between the pilot, ground-based control centers, and sensors spread on the airplane fuselage that allow to identify, for example, the pressure, weather, speed and altitude. One of the sensors that compose this complex mechanical and electrical array in airplanes is the Pitot tube. It is a sensor that measures both the static and total pressures, thus allowing, by means of physical- proportionality conventions, the speed and height of the aircraft to be obtained. In the case of this flight, maintaining the efficiency and accuracy of the data collected by the sensor would be extremely important for the safety of the flight. However, the accident involving Air France Flight AF 447 showed the importance of the sensor, which, according to the final reports, turned to be one of the determining factors for the fall of the aircraft. In this case study, there was analysis of the mechanical, electrical, and functional structures of the Pitot Tube, in order to learn which consequences of the sensor malfunction after the accumulation of ice crystals allowed the mismatch of the data collected with the flight situation, leading to the accident of the French company's plane. Learn about the case, recognize the importance of aircraft sensors and their functioning in favor of safety are necessary steps to find alternatives to prevent future accidents, which, in this case, was caused by meteorological factors that reduced the accuracy of the sensors, and degraded the efficiency of the internal heating system of the Pitot tube.

**Keywords:** Sensor. Pitot tube. Accident. Air France.

**Citação:** Moraes, RA. (2018) A importância do sensor Tubo Pitot nas aeronaves: Um estudo de caso do voo AF 447 da Air France. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 2, pp. 73-81

## 1 INTRODUÇÃO

Acredita-se que o marco na revolução dos transportes se deu, inicialmente, com a criação das rodas que originaram meios de locomoção terrestres movidos por elas e que possibilitaram grandes viagens. Tempos depois, após o feito de Santos Dumont, uma nova era dos transportes estava por vir. O primeiro voo tripulado dava início a ideia de que as vias aéreas também poderiam ser utilizadas como rotas de viagens. O avanço da tecnologia permitiu que os aviões de outrora com apenas um ou dois tripulantes, hoje possam transportar centenas de pessoas. Desafiando a lei da gravidade, as aeronaves com toneladas de peso tornam-se leves ao ar com o objetivo de levar seus passageiros aos respectivos destinos com rapidez, conforto e, principalmente, segurança.

Diferentemente das vias terrestres onde existem placas de sinalização indicando a velocidade permitida, a direção a ser seguida e até mesmo uma advertência de perigo na estrada; as vias aéreas compõem-se apenas de ar, céu e nuvens. Ela faz parte

de uma rota imaginária traçada no ar que, mesmo que imperceptível pelo passageiro ao observar pela janela do avião, é milimetricamente analisada e direcionada não apenas pelos pilotos, mas por uma série de profissionais em terra que buscam garantir a segurança das rotas a serem seguidas e dos tripulantes observando-os através dos sofisticados instrumentos de monitoramento aéreo e sensores acoplados na fuselagem dos aviões.

A cooperação mútua dos aparelhos mecânicos e elétricos pertencentes a configuração das aeronaves origina informações técnicas das condições de voo que são atualizadas a todo momento e disponibilizadas na cabine. Os diversos botões, telas e luzes indicadoras são instrumentos fundamentais no conhecimento das variáveis que permitem aos comandantes exercerem as funções as quais são capacitados. Porém, sabe-se que existe uma dependência linear que norteia a segurança de um voo: são as coordenadas dos agentes da torre de comando, o profissionalismo e as habilidades dos pilotos e a tecnologia dos sensores da aeronave.

Os parâmetros de linearidade citados anteriormente que, em seu sentido inverso, foram protagonistas de um trágico acidente aéreo que vitimou centenas de pessoas. O caso ficou conhecido como “voo 447 da Air France” em que o mau funcionamento de um importante sensor dos aviões conhecido como Tubo Pitot, aliado a uma atitude imprudente do copiloto, bem como, uma parte da rota da viagem abranger uma área indetectável aos radares, resultou na queda da aeronave no oceano atlântico. Com base nos relatórios do acidente divulgados e nos parâmetros técnicos que envolvem o caso, investigou-se a importância do arranjo sensorial das aeronaves, com foco no Tubo Pitot, analisando o seu funcionamento perante as características físicas ante ao seu comportamento no momento do acidente.

## 2 TUBO PITOT

A velocidade é uma variável indispensável quando se trata dos aviões. O aviso dado pelos comandantes a tripulação de que a decolagem foi autorizada antecede os procedimentos que levam as turbinas as potências máximas afim de obter a velocidade necessária para a aeronave alçar voo. No entanto, existe um grande aparato técnico composto por sistemas mecânicos e elétricos que garantem as condições necessárias para o voo, sendo alguns destes sistemas dependentes de sensores específicos que através dos dados obtidos em suas medições são processados por um computador e utilizados para obter, por exemplo, a velocidade verdadeira (TAS) e a velocidade calibrada (CAS).

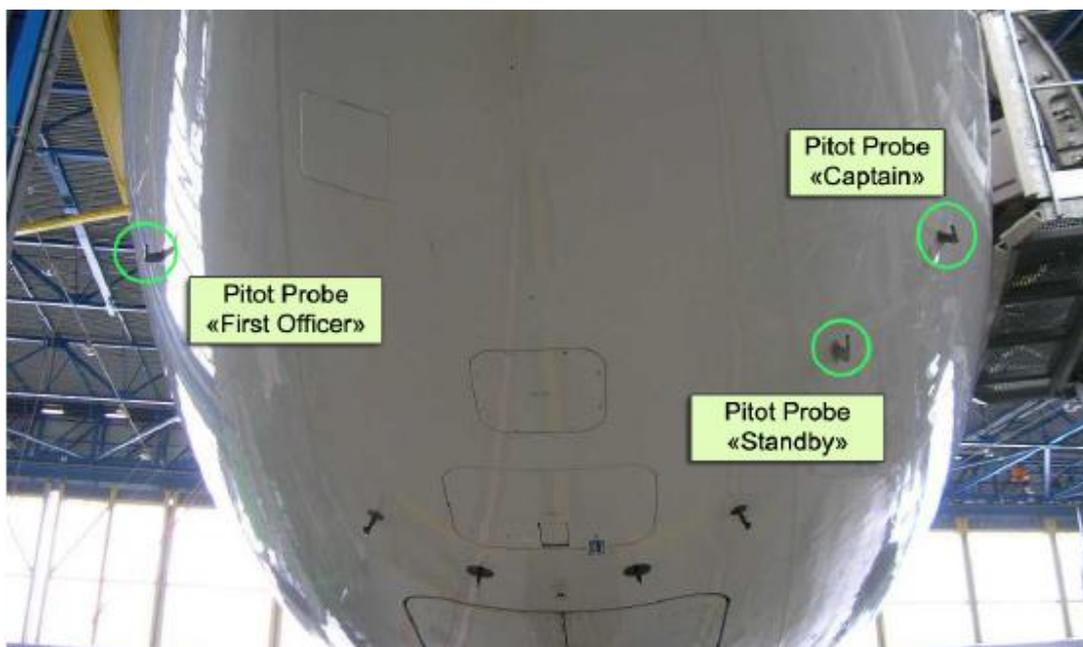
O instrumento utilizado na medição da pressão total contribuindo na obtenção da velocidade da aeronave é o Tubo Pitot (Fig. 1). Nome dado devido à relevância dos estudos de Henri Pitot, um importante físico francês que se dedicou em solucionar problemas envolvendo a mecânica dos fluidos criando um dispositivo capaz de medir a velocidade de escoamento de um fluido através da pressão promovida por esta ação no tubo.



**Figura 1** – Tubo Pitot com sua capa protetora.

**FONTE:** (BEA, 2012a, p. 32)

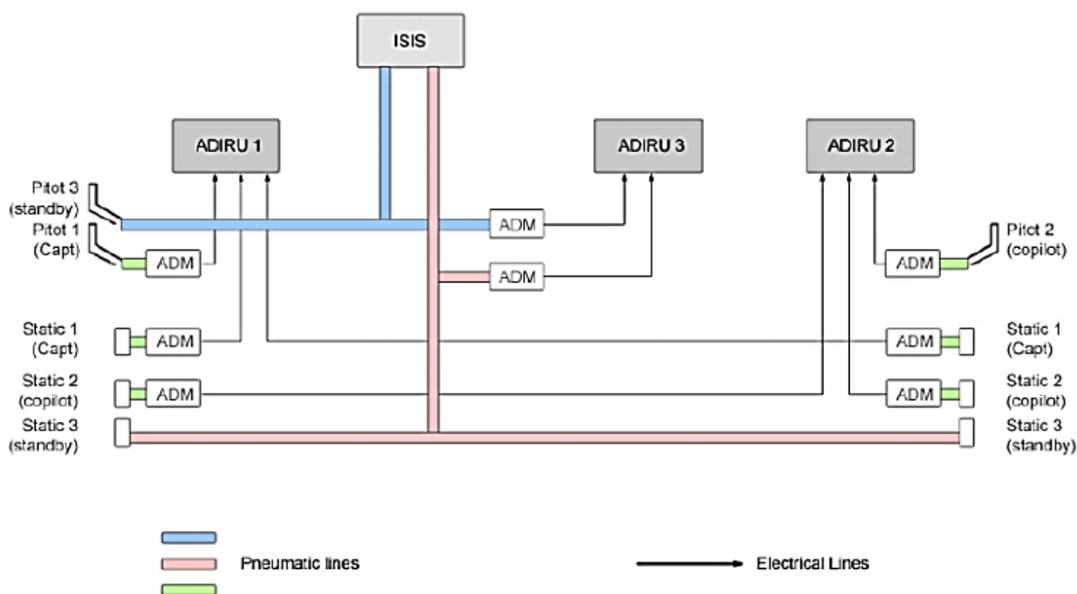
O Airbus A330 é composto por nove sensores de pressão: três Tubos Pitots classificados em Captain (responsável por definir a velocidade ao piloto), First Officer (responsável por definir a velocidade ao co-piloto) e Standby (reserva) (Fig. 2) os quais são responsáveis pela medição da pressão total, e outros seis sensores de pressão estática acoplados a fuselagem.



**Figura 2** – Posição dos Tubos Pitot em um Airbus A330  
**FONTE:** (BEA, 2012a, p. 32)

Localizados na parte frontal da aeronave, as Sondas Pitot ficam com o tubo voltado para frente permitindo o choque com o vento na direção contrária de acordo com a velocidade aerodinâmica provocando uma pressão dentro do tubo devido ao escoamento de ar no seu interior o qual através de um aparato pneumático é verificada essa pressão formada e convertida em sinais elétricos pelos transdutores eletrônicos diferenciais permitindo a indicação da velocidade no computador de bordo.

O esquemático da Fig. 3 mostra a arquitetura do sistema de medição de velocidade existente no A330. Nele vemos vários arranjos pneumáticos e elétricos que interligam os computadores aos Tubos Pitot e aos Medidores Estáticos de pressão. O Pitot (Captain) e o Pitot (First Officer [copilot]) são ligados a um sistema pneumático que segue para seus respectivos conversores em sinais elétricos que são processados pelos ADIRU 1 (Air Data Inertial Reference Unit) e ADIRU 2, que também recebem os sinais elétricos vindos dos conversores responsáveis pelos Medidores de Pressão Estática (Pilot e Copilot), possibilitando a leitura das velocidades no PFD (Primary Flight Display), respectivamente. O Pitot (Standby) e o Medidores de Pressão Estática (Standby) enviam sinais pneumáticos diretamente a ISIS (Integrated Standby Instrument System), os quais também são processados por conversores que levam seus dados na forma de sinais elétricos ao ADIRU 3. (BEA, 2012a, p. 33)



**Figura 3** – Diagrama da arquitetura do sistema de medição de velocidade  
**FONTE:** (BEA, 2012a, p. 33)

Para Brunetti (2008) a obtenção da vazão do fluido está na conversão de energia cinética para pressão em decorrência do choque contínuo das partículas que chegam na entrada do tubo, onde acarreta a variação de pressão para medição da velocidade.

Segundo Schneider (2000, p. 25) para entender a compressibilidade de escoamento de um fluido é necessário que se leve em conta a compressibilidade de um fluido quando sua massa específica ( $\rho$ ) apresenta variações em função da pressão ( $p$ ) imposta demonstrada na Eq. 1:

$$\frac{\partial \rho}{\partial p} \neq 0 \quad (1)$$

Tratando-se do fluxo de ar no Tubo Pitot, para fluidos gasosos toma-se como referência o número de Mach ( $Ma$ ) para classificar o tipo de escoamento para gases o qual White (2002) classificou de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1** - Tipos de escoamentos gasosos segundo o número de Mach.

**FONTE:** WHITE (2002)

$Ma > 0,3$	Incompressíveis
$0,3 < Ma < 0,8$	Escoamento subsônico, alteração da massa específica, porém sem ondas de choque.
$0,8 < Ma < 1,2$	Escoamento transônico, com aparecimento de ondas de choque, porém com regiões distintas e separadas de escoamento sub e supersônicos.
$1,2 < Ma < 4,0$	Escoamento supersônico
$Ma > 4,0$	Escoamento hipersônico

O BEA (2012a, p. 22) diz que o voo AF 447 dava-se em voo transônico com valor de Mach em dado momento registrado em 0,8. Matematicamente, a equação de Saint Venant (Eq. 2) é a melhor aplicada aos parâmetros de voo e escoamento definido, demonstrados por:

$$V_{TAS}^2 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{p_H}{\rho_H} \left[ \left( \frac{q_c}{p_H} + 1 \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right] \quad (2)$$

Onde:  $V_{TAS}$  é a velocidade verdadeira ("True Air Speed"),  $\gamma = 1,4$ ,  $q_c$  a pressão dinâmica obtida empregando o Pitot,  $p_H$  e  $\rho_H$  a pressão estática e densidade do ar na altitude ( $H$ ) de voo.

Dividindo a (Eq. 2) pela velocidade do som, na altitude de voo, teremos como resultado o número de Mach (Eq. 3).

$$Ma^2 = \frac{2}{\gamma - 1} \left[ \left( \frac{q_c}{p_H} + 1 \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right] \quad (3)$$

Garantir o bom funcionamento da Sonda envolve diversos cuidados que precisam ser tomados como referência, pois existem situações nas quais sua função principal pode ser comprometida como as relacionadas a obstrução do tubo.

Um acidente envolvendo o avião da empresa aérea turca Birgenair que decolou de Puerto Plata na República Dominicana, onde estava estacionado há 25 dias, com destino a Frankfurt na Alemanha, destacou a importância da proteção dos Tubos Pitot quando a aeronave permanece por muito tempo em inatividade. Usualmente é colocada uma capa protetora específica para a sonda a fim de protegê-lo, mas a medida de segurança não foi realizada na aeronave durante o tempo que esteve em solo.

Passado este período o voo 301 da Birgenair estava em execução quando uma série de problemas desestabilizou a aeronave em que os dados mostrados pelo velocímetro não condiziam com o real, desligando o piloto automático e desativando o sistema independente que controla a velocidade chamado auto-throttle. Tais consequências provocaram grandes erros de comando pelos pilotos que resultou na morte de 189 pessoas devido a queda da aeronave sobre o Mar do Caribe.

O relatório oficial emitido pela Junta Investigadora de Accidentes Aéreos - JIAA (1996, p. 20) determinou que uma das sondas pitot foi obstruída ocasionando os fatos anteriormente citados. Também diz que as causas dessa obstrução ainda não foram confirmadas, no entanto supõe-se que foi provocada por um ninho de vespa comum na região que foi feito durante o tempo em que esteve em solo.

### 3 VOO AF 447 DA AIR FRANCE

O Airbus A330 da companhia francesa Air France, sob o voo AF 447, iniciou sua rota prevista (Fig. 4) decolando do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão às 19h29min (Horário de Brasília) do dia 31 de maio de 2009 a destino do Aeroporto de Paris – Charles de Gaulle com chegada prevista às 06h03min (Horário de Brasília), totalizando 10h34min de voo. Estavam no voo, além de 12 tripulantes, 216 passageiros, incluindo um bebê e sete crianças. Dos passageiros adultos, 82 eram mulheres e 126 homens. (BEA, 2012a, p. 17).



**Figura 4** – Rota prevista para o voo 447 da Air France  
**FONTE:** G1

Durante o voo, o avião deveria passar pelo espaço aéreo controlado pelo Brasil, Senegal, Cabo Verde, Espanha (Ilhas Canárias), Marrocos, Espanha (Madrid) e França. Parte dos espaços controlados pelos centros oceânicos do Atlântico (Brasil) e de Dakar (Senegal) está fora do alcance de comunicações via rádio VHF. As comunicações com estes dois últimos centros são feitas principalmente através de rádio HF(3) que é o meio de comunicação primário. (BEA, 2012a, p. 19)

### 3.1 A perda de contato com a aeronave

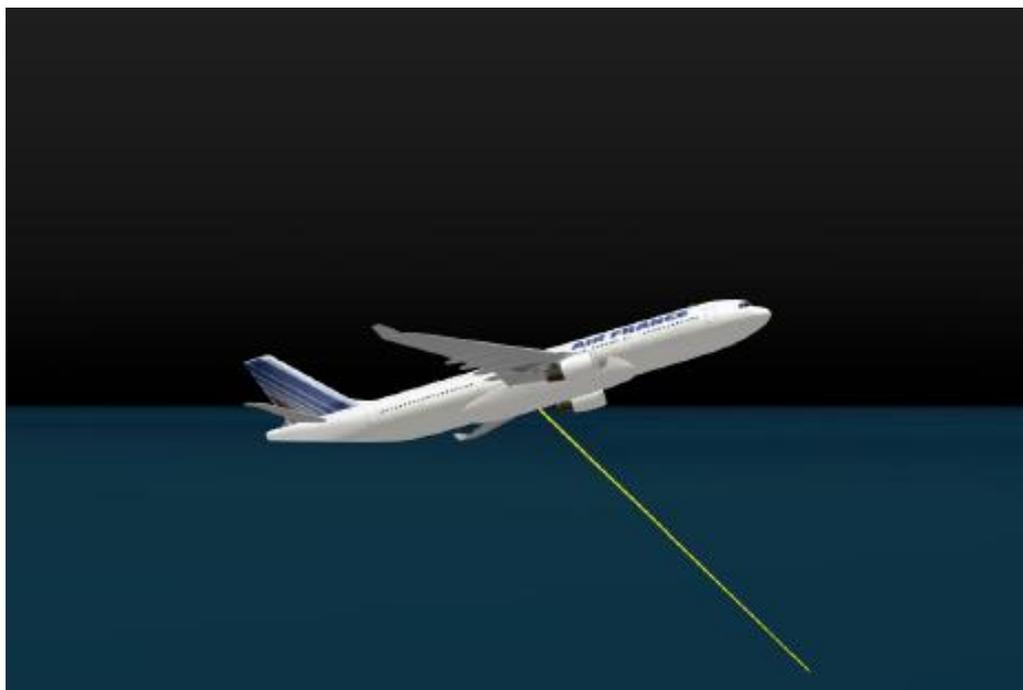
À 01h35min, a tripulação confirmou ao controlador do Centro de Controle de Área Atlântico o recebimento de uma mensagem, tendo sido este o último contato entre o controle de voo e a aeronave. A tripulação deveria contatar o controle de Dakar antes de entrar em seu espaço aéreo, previsto para o ponto TASIL às 02h20min. (BEA, 2012a, p. 21)

Os horários estão expressos em Tempo Universal Coordenado (UTC)

### 3.2 Registros do Acidente

A sequência dos fatos que levaram o avião da Air France colidir com as águas do Oceano Atlântico aconteceu em um intervalo de tempo de aproximadamente 3 minutos e 30 segundos.

Com base no segundo relatório do acidente divulgado pelo Escritório de Investigações e Análises da França (BEA) e os horários expressos em UTC temos que: às 02h10m05s o piloto automático e a auto impulsão são desativados. A perda de sustentação faz com que o alarme de estol seja ativado por duas vezes. Por volta das 02h10m50s o copiloto segue com a ordem de elevar o nariz do avião para ganhar altitude. O alarme de estol é novamente ativado. O copiloto tenta chamar o comandante de bordo de volta a cabine. Marcadas 02h11m40s as leituras de velocidade disponíveis se tornam inválidas e o comandante de bordo retorna a cabine tentando elevar o nariz da aeronave por 30 segundos. A última ação documentada deu-se às 02h13m32s em que o copiloto executa procedimentos para abaixar o nariz do avião com o objetivo de ganhar velocidade e manter a estabilidade. Os fatos se encerram às 02h14m28s em que a uma velocidade de 200km/h o avião da Air France se choca com o Oceano (Fig.5).



**Figura 5** – Posição de choque da aeronave com o Oceano Atlântico

**FONTE:** BEA

### 3.3 Causas da Queda

Inicialmente destaca-se a falha na detecção, pelos radares meteorológicos da aeronave, a grande tempestade que estava a frente, aliado a imprudência dos pilotos em decidir atravessar as nuvens sendo esta uma das causas do congelamento dos sensores Tubo Pitot que ocasionou a inconsistência dos dados de velocidade disponíveis na cabine desativando os sistemas automáticos entregando aos comandantes a responsabilidade de recuperar manualmente a estabilização da aeronave que, com ações tardias, leva o avião a queda.

## 4 RELATÓRIOS FINAIS DO ACIDENTE

O BEA emitiu relatórios finais que buscou explicar, detalhadamente, o fatídico acidente do voo AF 447 da Air France.

Sobre os cristais de gelo formados dentro do Tubo Pitot:

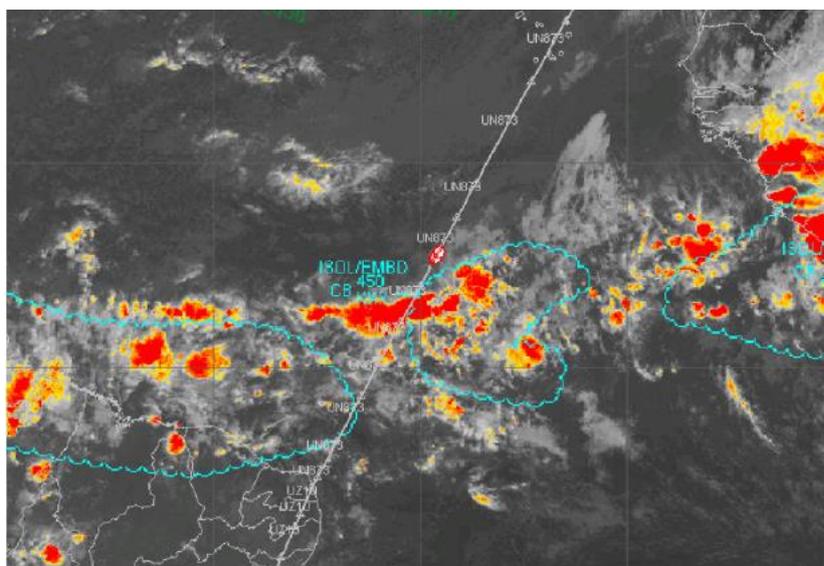
Na presença de cristais de gelo, não há acúmulo visível de gelo ou geada no exterior, nem no nariz da sonda, uma vez que os cristais não se formam nessas superfícies. No entanto, os cristais de gelo podem ser ingeridos pela entrada de ar da sonda. De acordo com as condições de voo (altitude, temperatura, Mach), se a concentração de cristais é maior do que a capacidade de degelo do elemento de aquecimento e evacuação pelos orifícios de purga, os cristais se acumulam em grande número no tubo da sonda. (BEA, 2012a, p. 40)

Os cristais de gelo formados dentro da sonda Pitot através do fenômeno de superfusão da água, permaneceram por um determinado tempo obstruindo a via de medição da pressão dinâmica. O sistema de aquecimento do tubo não foi suficiente para derreter os cristais evitando o mau funcionamento do sensor, no entanto, vale ressaltar, que fenômenos como estes são temporários e dependem das condições presentes no momento do voo, bem como, as habilidades de contornar problemas como tais.

Sobre as condições climáticas na rota do voo:

A análise das observações pelo instrumento TMI (TRMM microondas), a única operando na área de microondas, indica a presença de forte condensação em torno de 10.000 metros de altitude, menor que a altitude dos topos cumulonimbus. Esta forte condensação corresponderia a torres convectivas ativas nesta altitude, confirmando a forte probabilidade de turbulência notável dentro do aglomerado convectivo que foi atravessada pela trajetória de voo planeada do voo AF 447. (BEA, 2012a, p. 47)

Segundo relatórios do acidente os pilotos ao se depararem com as grandes nuvens de tempestade se desviaram da rota apenas 12° para a esquerda, quando outros voos que cumpriram trajetos semelhantes desviaram da rota de origem a fim de evitar tais condições climáticas (Fig. 6).



**Figura 6** – Mapeamento infravermelho das tempestades que cruzaram a rota do voo da Air France.

**FONTE:** BEA

Sobre a reação do comandante frente a ITCZ:

O capitão nem expressou nem explicou claramente sua posição. Parecia ter uma boa experiência da ITCZ, e não parecia pessoalmente preocupado (na pior das hipóteses ele esperava ser perturbado pela turbulência durante o seu descanso). Ele notou a turbulência e observou o fogo de Santelmo. Mas parecia que tendo visto as informações disponíveis no radar, ele considerou a aparência do cruzamento ITCZ para ser “normal”. (BEA, 2012a, p. 169)

A Zona de Convergência Intertropical Atlântica (ITCZ) consiste em uma banda linear de nebulosidade profunda na faixa equatorial do oceano Atlântico, que conecta as regiões de convecção na América do Sul/Central (a oeste) e na África (a leste) (Melo et al., 2009). Nesta zona há o encontro dos ventos vindos do hemisfério norte e sul. Uma aparente tranquilidade do capitão frente as informações ilustradas no radar pode ter sido consequência da não detecção das tempestades que estavam situadas naquela região.

## 5 RESGATE DOS DESTROÇOS E DAS VÍTIMAS

Os primeiros destroços da aeronave (Figura 7) foram encontrados em 2 de junho, e no dia 6 de junho foram encontrados os primeiros corpos, sendo que ao final da 1ª etapa de buscas, um total de 50 corpos foram resgatados e identificados, sendo 20 brasileiros (12 homens e 8 mulheres) e 30 estrangeiros (13 homens e 17 mulheres). (JÚNIOR, 2012, p. 8).



**Figura 7** – A equipe de buscas encontra o leme do avião da Air France

**FONTE:** LeParisien

Governo Francês deu prosseguimento às etapas de busca das vítimas e dos destroços, utilizando robôs submarinos de grande tecnologia, pois estes ao serem analisados poderiam responder questões referentes as causas do acidente.

Outras etapas de busca se seguiram, executadas principalmente pelo Governo da França, cujo objetivo principal era a recuperação das caixas pretas, o que aconteceu no dia 1 de maio de 2011, com a recuperação da caixa com o módulo de memória

de parâmetros (Flight Data Recorder – FDR), e no dia 2 de maio de 2011, com a recuperação da caixa contendo as gravações da cabine de comando da aeronave (Cockpit Voice Recorder – CVR). Nessas etapas subsequentes também foram recuperados outros corpos de vítimas, sendo que um total de 103 vítimas foram identificadas na França. (JUNIOR, 2012, p. 8).

Após o resgate das caixas pretas e de 154 vítimas, o governo francês determina o fim das buscas alegando que os 74 corpos que permanecem no fundo do mar estão em condições não favoráveis às buscas, causando indignação nos familiares das vítimas não resgatadas.

## 6 CONCLUSÃO

Há aproximadamente nove anos um Airbus A330 da Air France partindo do Brasil em direção a Paris não cumpriria por completo a sua trajetória de voo. O acidente protagonizado pelo voo AF 447 da companhia francesa teve como causas principais as condições climáticas, inconsistência de dados da velocidade real por falha do sensor de velocidade e atitudes inexperientes dos comandantes.

O BEA (2012b, p. 5), responsável por investigar a tragédia, através dos relatórios técnicos que, com base nas evidências encontradas, buscou explicar as causas do acidente e com eles algumas recomendações de segurança envolvendo a fabricante da aeronave e a companhia aérea responsável.

Sabendo que a formação de cristais de gelo dentro do Tubo Pitot, evidenciando a ineficiência do sistema de aquecimento do sensor, foi uma das causas iniciais que levaram o avião à queda; tal fato afetou diretamente a Airbus, empresa que construiu o avião, requerendo melhorias no jogo de resistências que fornecem a energia em forma de calor capaz de evitar o congelamento da sonda. A empresa se pronunciou prometendo empregar melhorias nos sistemas que garantem o bom funcionamento do Tubo Pitot.

Aprimorar a ergonomia da aeronave e a fidelidade dos simuladores capazes de detectar situações anormais no voo também fez parte das exigências propostas pelo BEA. Tais mudanças afetariam diretamente na autonomia dos pilotos frente aos instrumentos, bem como, a previsão de situações que podem comprometer o voo, como a não detecção pelos radares da tempestade maior disposta atrás da formação de nuvens menor indicada pelo radar, fato este ocorrido no avião da Air France.

Nas causas do acidente, além da falha ocorrida pelos instrumentos de voo, houve também indícios de uma má coordenação dos pilotos frente aos problemas ocorridos no momento em que a aeronave se desestabiliza no ar. Portanto, a agência de investigação francesa indicou que houvesse treinamentos mais rigorosos quanto aos procedimentos necessários envolvendo uma melhor coordenação da tripulação, habilidades de gerenciamento da aeronave frente a situações incomuns e fundamentação básica de técnicas de voo levando em conta que, no voo AF 447 os comandantes inicialmente efetuaram um procedimento diferente ao que era necessário para promover a sustentação da aeronave.

Uma corrida judicial foi iniciada após as divulgações dos relatórios finais do acidente. Inicialmente a Justiça Francesa indiciou a Airbus e a Air France por homicídio culposo, no entanto as investigações posteriores apontavam as falhas nos procedimentos da tripulação no comando manual como consequência do desligamento do piloto automático devido as falhas nos sensores Pitot como uma das causas principais da queda do avião e, assim, a perícia apontou os pilotos como causadores do acidente. Evidentemente a conclusão gerou revolta aos familiares que argumentavam a isenção da Airbus e da Air France pela Justiça desconsiderando a falha do Tubo Pitot e considerando apenas a posição dos pilotos nos minutos que antecediam a queda do avião.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e oportunidade que me deu de estar escrevendo este artigo pelo qual tanto me orgulho, a Universidade Federal do Pará pelo apoio institucional na construção deste artigo, ao professor Dr. Clerisson Monte do Nascimento pelas fundamentações científicas iniciais, bem como, pelo incentivo às pesquisas nas áreas as quais pretendo ser especializado e a minha família que acreditou em mim desde a escrita do resumo submetido neste Simpósio até a última palavra digitada neste trabalho. Da mesma forma agradeço aos organizadores e a banca de avaliação do 11º Simpósio de Segurança de Voo pela orientação, profissionalismo e confiança disponibilizada a mim durante todo o período de submissão possibilitando todo o processo referente a minha participação no evento.

## REFERÊNCIAS

- BEA - BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES POUR LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE, **Final Report - On the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203**, França: 2012a. 17-169p
- BEA - BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES POUR LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE, **Investigação de segurança sobre o acidente ocorrido em 01 de junho de 2009 - Resumo**, Le Bourget: 2012b, 5p
- BORGES, R. **Como funciona o Tubo de Pitot? (vídeo)**, 2015. Disponível em: <<http://www.norteverdadeiro.com/como-funciona-o-tubo-de-pitot-video/>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.
- BRUNETTI, Franco, **Mecânica dos Fluidos / 2ª Ed.**, São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2008, ISBN 9788576051824

- G1, **Queda do voo 447 da Air France foi provocada por três fatores, diz jornal**, 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Acidente-do-Voo-AF-447/noticia/2011/07/relatorio-apontara-erro-de-piloto-como-uma-das-causas-da-queda-do-voo-447-diz-jornal.html>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- JÚNIOR, A. A. M. S. **A formação de rede para o atendimento de desastres de massa – O caso do acidente aéreo do voo 447 da Air France**, Fundação Getulio Vargas – FGV, Rio de Janeiro: 2012, 8p
- JUNTA INVESTIGADORA DE ACCIDENTES AÉREOS – JIAA, **Final Aviation Accident Report – Birgenair Flight ALW-301**, Puerto Plata: 1996, 20p
- LANÇA, Rui Miguel Madeira. **Contribuição Para O Estudo De Cheias Recorrendo A Um Modelo Distribuído**, Faro, Universidade de Évora. 2000
- LE PARISIEN, **VIDEO. Rio-Paris : le scénario du crash enfin dévoilé**, 2011. Disponível em: <<http://www.leparisien.fr/crash-rio-paris/video-rio-paris-le-scenario-du-crash-enfin-devoile-27-05-2011-1469564.php>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- MARQUES, N. L. R.; ARAUJO, I. S. **Física Térmica**, v.20 n°5, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009, 67p
- MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (eds) **Tempo e Clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009, 25-41p.
- SCHNEIDER, Paulo, **Medição de Pressão em Fluidos**, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. 25p
- WHITE, F.M., **Fluid Mechanics**, Mc Graw Hill, 2002
- ....