

**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE**  
**ACIDENTES AERONÁUTICOS**



**RELATÓRIO FINAL**  
**A-117/CENIPA/2016**

<b>OCORRÊNCIA:</b>	<b>ACIDENTE</b>
<b>AERONAVE:</b>	<b>PT-MMP</b>
<b>MODELO:</b>	<b>EMB-500</b>
<b>DATA:</b>	<b>10SET2016</b>



## ADVERTÊNCIA

*Em consonância com a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, Artigo 86, compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - SIPAER - planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos.*

*A elaboração deste Relatório Final, lastreada na Convenção sobre Aviação Civil Internacional, foi conduzida com base em fatores contribuintes e hipóteses levantadas, sendo um documento técnico que reflete o resultado obtido pelo SIPAER em relação às circunstâncias que contribuíram ou que podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.*

*Não é foco do mesmo quantificar o grau de contribuição dos fatores contribuintes, incluindo as variáveis que condicionam o desempenho humano, sejam elas individuais, psicossociais ou organizacionais, e que possam ter interagido, propiciando o cenário favorável ao acidente.*

*O objetivo único deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência e ao seu acatamento será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou correspondente ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual são dirigidos.*

*Este Relatório Final foi disponibilizado à ANAC e ao DECEA para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando a identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).*

*Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.*

*Outrossim, deve-se salientar a importância de resguardar as pessoas responsáveis pelo fornecimento de informações relativas à ocorrência de um acidente aeronáutico, tendo em vista que toda colaboração decorre da voluntariedade e é baseada no princípio da confiança. Por essa razão, a utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, além de macular o princípio da "não autoincriminação" deduzido do "direito ao silêncio", albergado pela Constituição Federal, pode desencadear o esvaziamento das contribuições voluntárias, fonte de informação imprescindível para o SIPAER.*

*Consequentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.*

## SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-MMP, modelo EMB-500, ocorrido em 10SET2016, classificado como “[RE] Excursão de Pista | Pouso Longo”.

A aeronave decolou do Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (SBBH), Belo Horizonte, MG, às 13h30min (UTC), com destino ao Aeródromo de Angra dos Reis (SDAG), RJ, para a realização de um voo privado, com um piloto e um passageiro a bordo.

A decolagem e o voo em rota ocorreram sem anormalidades. O pouso foi realizado dentro da marca de 1.000 pés, no entanto, a aeronave percorreu toda a extensão da pista e ultrapassou os seus limites, ocorrendo uma excursão de pista.

Constatou-se que a distância necessária para a parada da aeronave era superior à disponível devido a fatores operacionais, como rampa baixa e velocidade acima da prevista durante o pouso.

A aeronave teve danos substanciais.

O piloto e o passageiro saíram ilesos.

Não houve a designação de Representante Acreditado.

## ÍNDICE

<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....</b>	<b>7</b>
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave. ....	7
1.4. Outros danos.....	8
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	8
1.5.2. Formação.....	8
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	8
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	8
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	8
1.6. Informações acerca da aeronave.....	8
1.7. Informações meteorológicas.....	9
1.8. Auxílios à navegação.....	10
1.9. Comunicações.....	10
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	10
1.11. Gravadores de voo.....	11
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	12
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	12
1.13.1. Aspectos médicos.....	12
1.13.2. Informações ergonômicas.....	12
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	12
1.14. Informações acerca de fogo.....	12
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	12
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	12
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	15
1.18. Informações operacionais.....	15
1.19. Informações adicionais.....	20
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	20
<b>2. ANÁLISE.....</b>	<b>20</b>
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>22</b>
3.1. Fatos.....	22
3.2. Fatores contribuintes.....	23
<b>4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA .....</b>	<b>24</b>
<b>5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....</b>	<b>24</b>

**GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

AC	<i>Advisory Circular</i> - Circular informativa (FAA)
ACC-CW	Centro de Controle de Área de Curitiba
AFM	<i>Aircraft Flight Manual</i> - manual de voo de aeronave
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP-RJ	Controle de Aproximação do Rio de Janeiro
BCS	<i>Brake Control System</i> - sistema de controle de freio
BCU	<i>Brake Control Unit</i> - unidade de controle de freio
BCV	<i>Brake Control Valve</i> - válvula de controle de freio
BIT	<i>Built in Test</i> - teste integrado
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CAS	<i>Crew Alerting System</i> - sistema de alerta da tripulação
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CG	Centro de Gravidade
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CVDR	<i>Cockpit Voice and Data Recorder</i> - gravador de dados e de voz da cabine
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EFIS	<i>Electronic Flight Instrument System</i> - sistema eletrônico de instrumentos de voo
EPHN	Habilitação de tipo aeronave EMB-500
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FCA	Frequência de Coordenação entre Aeronaves
FOL	<i>Flight Operations Letter</i> - carta de operações de voo
GS	<i>Ground Speed</i> - velocidade no solo
HGS	<i>Head Up Guidance System</i> - sistema de guiagem ao nível dos olhos
IAS	<i>Indicated Airspeed</i> - velocidade indicada
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - regras de voo por instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
ISA	<i>International Standard Atmosphere</i> - atmosfera padrão internacional
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
LGCL	<i>Landing Gear Control Lever</i> - alavanca de controle do trem de pouso
LRU	<i>Line Replaceable Unit</i> - unidade substituível de linha
LVDT	<i>Linear Variable Differential Transducer</i> - transdutor diferencial linear variável
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião

PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PN	<i>Part Number</i> - Número de Peça
POH	<i>Pilot's Operating Handbook</i> - manual de operação do piloto
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PPT	<i>Pedal Position Transducer</i> - transdutor de posição de pedal
PSO-BR	Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil
PT	<i>Pressure Transducer</i> - transdutor de pressão
QNH	Pressão reduzida ao nível do mar pelo gradiente vertical da atmosfera padrão
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i> - detecção e telemetria por rádio
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
SBBH	Designativo de Localidade - Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade, Belo Horizonte, MG
SBRJ	Designativo de Localidade - Aeródromo Santos Dumont, Rio de Janeiro, RJ
SBSC	Designativo de Localidade - Aeródromo Campo Nero Moura, Rio de Janeiro, RJ
SDAG	Designativo de Localidade - Aeródromo de Angra dos Reis, RJ
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - Número de Série
SOV	<i>Shutoff Valve</i> - válvula de corte
TPP	Categoria de Registro de Aeronave de Serviços Aéreos Privados
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i> - condições de voo visual
VOR - SCR	<i>VHF Omnidirectional Radio Range</i> - Auxílio à navegação baseado em VHF de Santa cruz, RJ
V <sub>REF</sub>	<i>Minimum Final Approach Speed</i> - velocidade de cruzamento da cabeceira
WOW	<i>Weight On Wheels</i> - peso sobre as rodas
WS	<i>Wheel Speed</i> - velocidade das rodas
WST	<i>Wheel Speed Transducer</i> - transdutor de velocidade das rodas

## 1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

<b>Aeronave</b>	<b>Modelo:</b> EMB-500 <b>Matrícula:</b> PT-MMP <b>Fabricante:</b> EMBRAER	<b>Operador:</b> Particular
<b>Ocorrência</b>	<b>Data/hora:</b> 10SET2016 - 14:12 (UTC) <b>Local:</b> Aeródromo de Angra dos Reis (SDAG) <b>Lat.</b> 22°58'27"S <b>Long.</b> 044°18'07"W <b>Município - UF:</b> Angra dos Reis - RJ	<b>Tipo(s):</b> [RE] Excursão de Pista  <b>Subtipo(s):</b> Pouso Longo

### 1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo da Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (SBBH), Belo Horizonte, MG, às 13h30min (UTC), sob Regras de Voo por Instrumentos (IFR), com destino ao Aeródromo de Angra dos Reis (SDAG), RJ, para a realização de um voo privado, com um piloto e um passageiro a bordo.

A decolagem e o voo em rota ocorreram sem anormalidades. O pouso foi realizado na pista 10 de SDAG, dentro da marca de 1.000 ft, no entanto, a aeronave percorreu toda a extensão da pista e ultrapassou seus limites, ocorrendo a excursão.

A, aproximadamente, 70 m após a cabeceira, houve o impacto da aeronave contra uma cerca com mourões de concreto e base de pedras, que delimitava a área do aeródromo.

A aeronave teve danos substanciais.

O piloto e o passageiro saíram ilesos.



Figura 1 - Aeronave após a parada.

### 1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	1	1	-

### 1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais no radome, no trem de pouso dianteiro e na sua estrutura de fixação, além de danos leves nos sistemas elétrico e hidráulico.

#### 1.4. Outros danos.

Houve danos na cerca do aeródromo.

#### 1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

##### 1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	PIC
Totais	17.200:00
Totais, nos últimos 30 dias	15:00
Totais, nas últimas 24 horas	00:45
Neste tipo de aeronave	1.000:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	15:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:45

**Obs.:** os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de informações prestadas pelo piloto.

##### 1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Cachoeira do Sul, RS, em 1981.

##### 1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.

O PIC possuía a licença de Piloto de Linha Aérea - Avião (PLA) e estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN (EMB-500) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

No assento da direita havia um piloto que possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) sem função a bordo que estava realizando a familiarização com a aeronave para entrar em treinamento e obter a habilitação de tipo EPHN.

##### 1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O PIC realizou o treinamento em simulador de voo para a aeronave EMB-500 no CAE *Flight Training* em Guarulhos/SP, concluindo-o, em outubro de 2015.

O PIC estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo.

##### 1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido.

#### 1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 50000264, foi fabricada pela EMBRAER, em 2011, e estava inscrita na Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados (TPP).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula e motores estavam com as escriturações atualizadas.

A última inspeção da aeronave, do tipo "600 horas/12 meses", foi realizada em 05NOV2015 pela Organização de Manutenção EMBRAER, em Sorocaba, SP, estando com 186 horas voadas após a inspeção.

O sistema de freios da aeronave era eletrônico, utilizando o conceito *brake by wire*, dependendo de sensores para que fosse habilitada a frenagem.

Um dos sensores primordiais que habilitava a frenagem do EMB-500 era o *Weight on Wheels* (WOW - peso sobre as rodas). Eles eram ativados com a compressão dos amortecedores no momento do pouso, sendo que sem a ação deles, mesmo que a rodas

da aeronave estivessem em contato com o solo e os pilotos pressionassem os freios com força máxima, a pressão hidráulica não seria liberada para o sistema de freio.

Isso ocorria devido ao *Touch Down Protection*, que permitia que as rodas girassem mesmo quando o piloto pousasse pressionando os freios, para evitar o estouro de pneus.

### 1.7. Informações meteorológicas.

As condições de teto e visibilidade eram favoráveis ao tipo de operação, não havendo nebulosidade e estando a visibilidade maior que 10 quilômetros.

Os pilotos verificaram apenas a meteorologia da rota visto que, que na data da ocorrência, não havia serviço de informações meteorológicas para SDAG.

O aeródromo mais próximo em que existia o serviço em operação era o Aeródromo Campo Nero Moura (SBSC), Rio de Janeiro, RJ, localizado a, aproximadamente, 32,6 NM do local da ocorrência. Porém, devido à distância e às características montanhosas do relevo nos arredores de SDAG, não foi possível estimar o vento presente e o teto daquela localidade.

De acordo com as imagens satélite da região, obtidas por meio da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), não havia formações significativas na região, conforme Figura 2.

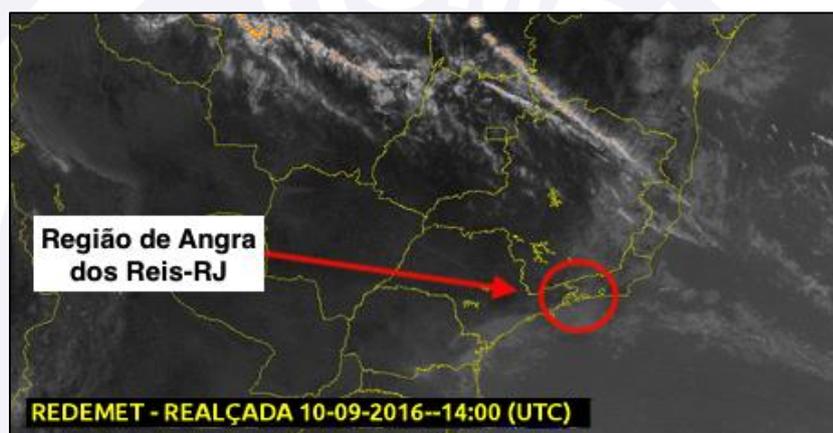


Figura 2 - Imagem Satélite Realçada de 10SET2016, às 14h00min (UTC).

As informações relacionadas às formações e à precipitação, observadas através dos radares meteorológicos, também foram pesquisadas durante a investigação, sendo que no dia e horário da ocorrência, o potencial de precipitação era muito fraco (cor azul clara), conforme Figura 3.

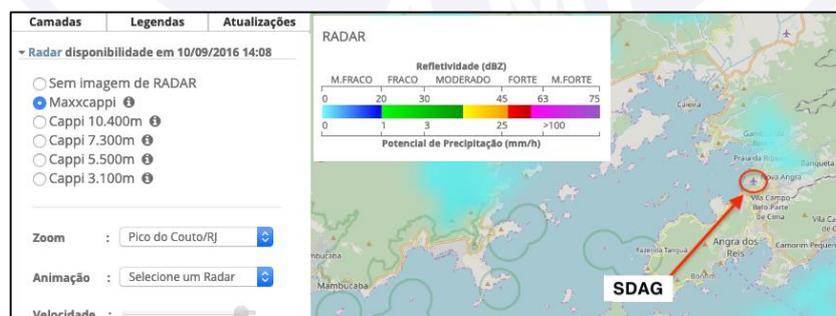


Figura 3 - Imagem RADAR MAXXCAPPI, de 10SET2016, às 14h08min (UTC).

Foi relatado pelo piloto, na curta final, um possível *windshear* de leve intensidade e, segundo informações obtidas durante a investigação, a direção do vento teria sido alterada, obtendo-se componente de cauda.

O fenômeno de *windshear* ocorre devido ao cisalhamento do vento e é normalmente encontrado nas proximidades de montanhas, em tempestades ou associado às brisas marítimas, entre outros fatores, resultando em uma rápida variação de direção e intensidade do vento, acima de 15 kt de forma súbita.

Conforme a análise de dados de voo, não houve variação súbita de velocidade do vento, nem de razão de descida da aeronave na final.

### **1.8. Auxílios à navegação.**

Nada a relatar.

### **1.9. Comunicações.**

De acordo com as gravações dos áudios de comunicação entre o PT-MMP e os órgãos de controle, obtidas pelo *Cockpit Voice and Data Recorder* (CVDR - gravador de dados e de voz da cabine), verificou-se que, no voo em cruzeiro, foi mantido contato rádio com o Centro de Controle de Área de Curitiba (ACC-CW), na frequência 125,35 MHz, alternando com a 128,25 MHz, e que não houve anormalidade técnica de equipamentos de comunicação durante o voo.

Naquela oportunidade, a aeronave mantinha a proa do fixo TOKIM, no FL 280 e estimou SDAG, às 14h15min (UTC), corrigindo posteriormente para 14h10min (UTC).

No último contato com o ACC-CW, foi solicitada e autorizada a descida para o FL 200, sendo orientado por aquele Centro a seguir inicialmente via Chegada EVRIR 1A, da pista 20, do Aeródromo Santos Dumont (SBRJ), Rio de Janeiro, RJ, e chamar o Controle de Aproximação do Rio de Janeiro (APP-RJ), na frequência 129,80 MHz, além de acionar o código 2443 no transponder.

No contato com o APP-RJ, foi autorizada a descida do PT-MMP para o FL 100 e o voo direto para o VOR SCR (Santa Cruz).

Após isso, o PIC do PT-MMP solicitou ao APP-RJ para prosseguir em condições visuais na proa de Angra dos Reis, tendo o Controle solicitado à aeronave para reportar pronto para o cancelamento do plano sob Regras de Voo por Instrumentos.

A mudança de regra e o cancelamento do plano de voo IFR se deu às 14h01min (UTC) prosseguindo, a partir desse momento, sob Regras de Voo Visual (VFR) para SDAG, com ajuste QNH 1024 hPa.

Na sequência, o APP-RJ autorizou a frequência livre e solicitou a confirmação da estimada de pouso, sendo informado 14h12min (UTC).

O PT-MMP informou na Frequência de Coordenação entre Aeronaves (FCA) que era procedente de Belo Horizonte, estava na proa magnética 258º e cruzando o FL 080 em descida para a altitude de tráfego de SDAG.

Em nova coordenação na FCA, o PIC informou que estava na perna do vento pela direita, da pista 10, cruzando 4.000 ft.

Nas últimas mensagens, antes do pouso, foi informado girando base, final longa e final curta para a cabeceira 10 de SDAG.

### **1.10. Informações acerca do aeródromo.**

O aeródromo era público, administrado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, e operava VFR, em período diurno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 10/28, dimensões de 913 x 30 m, com elevação de 10 ft.

No momento da ocorrência, a pista encontrava-se seca e desobstruída.

A faixa preparada da pista possuía um comprimento, aproximado, de 70 m, condizente com o código de referência do aeródromo, contudo, apresentava uma depressão no terreno gramado, logo após o término do revestimento asfáltico da pista e centralizada a esta, junto à cabeceira 28, além de uma elevação no mesmo terreno, localizada à direita do centro do prolongamento da pista.

Essa elevação foi atingida pelo trem de pouso principal direito da aeronave, durante a excursão da pista.

Durante a investigação, foi observado que as condições da *stopway* da cabeceira 28 poderiam agravar danos às aeronaves que saíssem acidentalmente da pista, conforme Figura 4.



Figura 4 - Buraco próximo à cabeceira 28 de SDAG.

De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154 em vigência à época do acidente, existia um padrão para as faixas de pista de pouso e decolagem, incluindo seu prolongamento, a fim de não agravar uma excursão de pista, conforme seção 154.207 (e)(2)(3):

154.207(e)(2) A porção da faixa de pista de uma pista para operação visual deve ser uma área nivelada, de acordo com as aeronaves para as quais a pista é destinada, para proteger uma aeronave que saia acidentalmente da pista...

154.207(e)(3) A superfície da porção de uma faixa de pista que fizer contato com uma pista de pouso e decolagem, acostamento ou zona de parada (*stopway*) deve ser nivelada com essas superfícies.

### 1.11. Gravadores de voo.

A aeronave estava equipada com um CVDR, modelo FA2100, *Part Number* (PN) 2100-3083-50 e *Serial Number* (SN) 000698323, fabricado pela L-3 Aviation Recorders.

O CVDR foi enviado para as instalações do Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), para a realização das leituras das comunicações mantidas na cabine de comando.

Além disso, em coordenação com a EMBRAER, foram extraídos e disponibilizados os dados de voo, utilizados para gerarem uma animação, na qual foram apresentadas tanto a trajetória da aeronave, quanto as informações dos instrumentos de voo e dos sistemas do PT-MMP, as referências visuais e os elementos do ambiente.

## **1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.**

Durante o pouso no sentido da pista 10 de SDAG, a aeronave percorreu toda a sua extensão e ultrapassou o limite da cabeceira oposta (28), percorrendo toda a *stopway* à direita do centro desta, vindo a colidir contra uma cerca com mourões de pedra que delimitava a área patrimonial do aeródromo, não havendo qualquer evidência de impacto anterior.

O impacto ocorreu em atitude nivelada e perpendicular à cerca, provocando a colisão do radome contra a estrutura de pedra.

O trem de pouso, do tipo retrátil, encontrava-se na posição baixado e travado. Os flapes também se encontravam baixados na posição *Full* (36°). Os compensadores de *Yaw*, *Pitch* e *Roll* estavam simétricos e na posição neutra.

Após o impacto, a aeronave teve danos substanciais no radome, no trem de pouso dianteiro e na sua estrutura de fixação, além de danos leves nos sistemas elétrico e hidráulico.

## **1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.**

### **1.13.1. Aspectos médicos.**

Nada a relatar.

### **1.13.2. Informações ergonômicas.**

Nada a relatar.

### **1.13.3. Aspectos Psicológicos.**

Nada a relatar.

## **1.14. Informações acerca de fogo.**

Não houve fogo.

## **1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.**

Após a colisão, o PIC cortou os motores, desligou o sistema elétrico e solicitou ao piloto que ocupava o assento da direita a abertura da porta para a evacuação, não havendo qualquer obstrução a esse procedimento.

## **1.16. Exames, testes e pesquisas.**

A função do *Brake Control System* (BCS - sistema de controle do freio) era controlar a pressão hidráulica dos freios em função do deslocamento proporcional do pedal do freio e fornecer proteção antiderrapante para evitar que os pneus principais travassem durante a frenagem, minimizando a distância de parada.

Assim, quando o sistema detectava que a pressão aplicada nos pedais iria causar derrapagem, ocorria o alívio da pressão para um nível que evitaria o travamento das rodas.

Durante a investigação, foram removidos itens desse sistema a fim de verificar a existência de falhas e coletar dados dos sensores.

Foram removidos os seguintes itens do sistema de controle de freio da aeronave para serem testado:

- os *Wheel Speed Transducer* (WST - transdutores de velocidade) das rodas esquerda e direita do trem de pouso principal;
- os sensores de *Weight on Wheel* (WOW - peso sobre as rodas) instalados nos amortecedores do trem de pouso principal esquerdo e direito;

- os *Pressure Transducer* (PT- transdutor de pressão) hidráulicos dos freios esquerdo e direito;
- as *Brake Control Valve* (BCV - válvula de controle de freio) dos freios esquerdo e direito; e
- a *Brake Control Unit* (BCU - unidade de controle de freio).

Os dados foram compilados na EMBRAER, com o recurso do programa *Flyback*, o que gerou uma animação do voo, além de possibilitar a verificação quanto ao funcionamento dos componentes do sistema de controle do freio durante o pouso da aeronave até a sua parada.

A informação da velocidade das rodas foi obtida pelos WST montados nos eixos. Cada um deles era acionado pela calota associada, que era parte integrante do conjunto da roda. Os dados obtidos dos WST eram enviados para a BCU que controlava eletronicamente a pressão hidráulica enviada para a BCV por meio da *Shutoff Valve* (SOV - válvula de corte).

Essa SOV fornecia pressão somente quando ocorriam simultaneamente as seguintes condições:

- os pedais eram pressionados; e
- a aeronave estava no solo.

O PT era um dispositivo hidráulico que fornecia informações de pressão de freio na forma de um sinal elétrico para a BCU.

Durante a investigação, foi verificado que havia pressão hidráulica disponível para o sistema de freio principal e que todos os componentes estavam funcionando adequadamente.

Cada pedal de freio da estação do piloto era conectado a um *Pedal Position Transducer* (PPT - transdutor de posição de pedal), sendo um para o pedal de freio esquerdo e outro para o pedal de freio direito. Os pedais de freio do assento da direita eram mecanicamente ligados aos pedais de freio da estação do PIC (assento da esquerda).

Os dois transdutores de posição do pedal possuíam bobinas duplas *Linear Variable Differential Transducer* (LVDT - transdutor diferencial linear variável) que forneciam informações de deslocamento do pedal de freio esquerdo e direito para a BCU, que produzia uma saída elétrica proporcional à posição do pedal correspondente. Cada PPT produzia duas saídas independentes, para fins de redundância.

Na análise dos dados obtidos, foi observado que ambos os PPT funcionaram adequadamente.

O sistema Ar/Solo (*Air/Ground*) da aeronave *Phenom 100*, operava com informações fornecidas pelos WOW localizados nos amortecedores principais dos trens de pouso esquerdo e direito, que determinavam quando a aeronave estava no solo ou em voo.

O sistema Ar/Solo enviava sinais para a BCU, fazendo interface com o sistema de controle de freio.

Com a aeronave em voo, o amortecedor se estendia e a BCU não permitia que fosse possível acionar os freios da aeronave. Quando o avião estava no solo e o amortecedor era comprimido, o sistema de controle de freio era habilitado pela BCU devido à informação do sensor WOW.

A BCU era o dispositivo responsável por comandar a SOV e as BCV com base nas informações recebidas dos PPT, PT, WST, WOW, Sistema Hidráulico e a *Landing Gear Control Lever* (LGCL - alavanca de controle do trem de pouso).

Foi verificado que o sistema e seus componentes apresentaram desempenho normal. Além disso, uma discrepância entre os sinais direito e esquerdo dos sensores WOW, por mais de 3 segundos, ativaria o *Crew Alerting System* (CAS - sistema de alerta da tripulação) com a mensagem “LG WOW SYS FAIL”, o que não ocorreu.

Durante a realização do *Built in Test* (BIT - teste integrado) da BCU - que fornecia o monitoramento de falhas, as consequências funcionais, as indicações de falhas e indicações de status para cada *Line Replaceable Unit* (LRU - unidade substituível de linha) do sistema de controle do freio quanto ao isolamento de falhas - e analisando os últimos ciclos de energização da aeronave, bem como os registros de falhas, não foram constatadas falhas nos diversos componentes do BCS que tenham contribuído para o acidente, indicando o funcionamento normal do sistema.

Adicionalmente, cabe ressaltar que, em caso de perda do sistema hidráulico, a mensagem “HYD LO PRESS” apareceria no CAS e poderia ser usado o freio de emergência, que possuía energia hidráulica para pelo menos seis frenagens através de seu acumulador. O freio de emergência também poderia ser usado no caso de uma falha que levasse a uma perda de freio.

Não obstante, durante uma falha dos freios a mensagem “BRK FAIL” apareceria no CAS. Não foram detectados vazamentos hidráulicos e/ou falhas no BCS.

Foi observado o momento em que as rodas da aeronave tocaram no solo, por meio do parâmetro de *Wheel Speed* (WS - velocidade da roda), e o momento em que os sinais de WOW foram gerados, podendo ser observado um intervalo aproximado de 5 segundos entre uma condição e outra, conforme Figura 5.

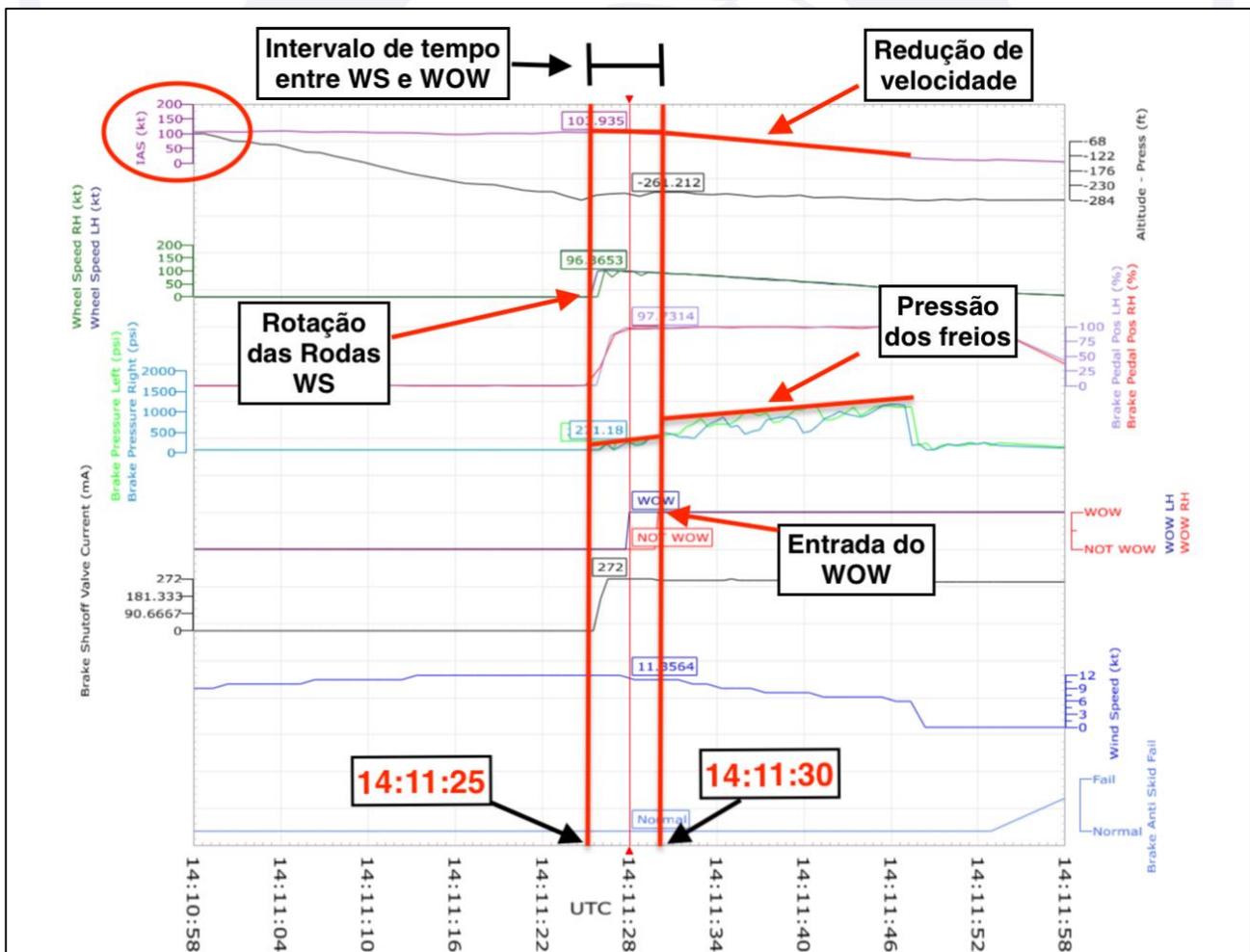


Figura 5 - Dados dos sensores da aeronave, durante o pouso.

De acordo com os dados do gráfico, o primeiro sinal de WOW foi do trem de pouso principal esquerdo (WOW LH MLG SNSR 1 e 2), contudo, o acionamento de um único sensor do Sistema *Air/Ground* era insuficiente para o acionamento da BCU e, conseqüentemente, do BCS. O sinal do WOW direito (WOW RH MLG SNSR 1 e 2) ocorreu apenas às 14h11min30seg (UTC), momento no qual o sistema de controle do freio foi disponibilizado eletronicamente para a frenagem da aeronave.

Durante a análise dos componentes do sistema de freio, verificou-se que houve o funcionamento normal dos itens, não existindo evidências de falha, bem como não foi utilizado o freio de emergência.

Além disso, o gráfico da Figura 5 indicou um funcionamento normal do sistema de freios, onde os sensores indicaram que havia pressão nos freios.

A aeronave não possuía reversores de empuxo dos motores nem *spoilers* sobre as asas, que atuariam como *ground spoiler* e *speed brake*.

### **1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.**

A empresa Patrus Transportes Urgentes Ltda., operadora da aeronave acidentada, iniciou suas atividades no ano de 1973, contudo, sua natureza jurídica como fundação pública de direito privado estadual em Minas Gerais foi registrada em 04DEZ2003, estando localizada em Contagem, MG.

O PIC da aeronave possuía cinco anos de vínculo empregatício com a empresa e não exercia funções administrativas, ou seja, desempenhava exclusivamente a função de piloto.

O piloto sentado no assento da direita também possuía vínculo empregatício com a empresa, porém era recém-contratado e não exercia funções administrativas. Possuía a habilitação de tipo C525 e vinha se familiarizando em rota com a aeronave para obtenção da habilitação de tipo EPHN.

O PIC realizava, em média, dezessete horas de voo mensais, conforme a necessidade da empresa. Os voos eram exclusivamente para o transporte de funcionários.

De acordo com o seu relato, a empresa lhe propiciava autonomia para a organização do voo e o uso de *checklist* era mandatório, sendo prevista sua utilização em todas as operações. Os voos eram realizados sob demanda, sendo mais comum os acionamentos no período diurno.

No que tangia aos processos organizacionais, a empresa seguia os pré-requisitos estabelecidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) na contratação de novos tripulantes. O PIC se mantinha proficiente no modelo de aeronave por meio de capacitação realizada no Centro de Treinamento CAE *Flight Training*, em Guarulhos, SP, sendo este certificado pela ANAC, bem como o piloto que acompanhava o voo havia agendado para o mês subsequente ao acidente, no mesmo Centro, a realização do treinamento para a obtenção de habilitação de tipo do EMB-500 (EPHN).

### **1.18. Informações operacionais.**

O reabastecimento de combustível foi realizado no dia 10SET2016, por volta das 13h00min (UTC). Verificou-se que a aeronave foi abastecida com 570 litros de JET A1, ficando com 1.050 kg indicados no *Electronic Flight Instrument System* (EFIS - sistema eletrônico de instrumentos de voo).

O voo tinha por objetivo decolar de SBBH com destino a SDAG, a fim de realizar translado e, na rota inversa, transportar passageiros.

A região era conhecida pelo PIC, sendo rotineira a realização desse tipo de voo.

De acordo com a especificação da aeronave, a tripulação mínima prevista para operar o equipamento era de um piloto.

O avião estava dentro dos limites de peso e do Centro de Gravidade (CG) especificados pelo fabricante, sendo que os cálculos indicaram um total de combustível compatível com o destino pretendido.

O voo iniciou-se sob regras IFR, porém, às 14h01min (UTC) e sob *Visual Meteorological Conditions* (VMC - condições de voo visual), o PIC decidiu cancelar o plano IFR e seguir VFR.

Foi realizada uma aproximação, com base pela direita, para a pista 10 de SDAG.

Devido às características de relevo da região (montanhas próximas ao prolongamento da cabeceira 28), não era comum que aeronaves a reação efetuassem pousos na pista 28.

Durante a final longa, os instrumentos da aeronave indicavam vento de través direito com intensidade, aproximada, de 10 kt.

Em 2015, a EMBRAER emitiu uma *Flight Operations Letter* (FOL - PHE500-002/2015), baseada na AC91-79A da *Federal Aviation Administration* (FAA), para o modelo EMB-500, tratando sobre boas práticas e recomendações nos procedimentos de pouso.

Essa FOL destacava alguns aspectos importantes do documento da FAA, adicionando informações pertinentes às características do *Phenom*.

De acordo com o contido na AC91-79A, esse documento foi criado com o propósito de prover maneiras para que os pilotos e operadores pudessem identificar, compreender e mitigar o risco de uma *runway overrun*.

Esse documento da FAA abordava que os fatores que influenciavam na distância de pouso eram cumulativos, aumentando a distância total necessária para a parada da aeronave, existindo, naquela AC, uma tabela explicativa orientando sobre o cálculo de distância de pouso, considerando a influência de vários fatores.

A FOL PHE500-002/2015 discorria sobre pontos-chaves que contribuíam para o sucesso do pouso, como o comportamento esperado dos freios, o pouso em pistas molhadas/contaminadas e outros fatores que afetavam o seu sucesso.

Na Nota 1, dessa carta operacional, destacava-se o procedimento de que a velocidade de cruzamento da cabeceira era a Velocidade de Referência ( $V_{REF}$ ) e ainda citava que a velocidade esperada durante o toque fosse menor que a  $V_{REF}$ .

O fabricante da aeronave definia as distâncias para pouso em uma tabela “não fatorada”, na qual eram consideradas as condições atmosféricas padrão (ISA), velocidade de cruzamento da cabeceira da pista igual a  $V_{REF}$  a 50 ft, pista seca e rampa ideal de 3°, além de outros detalhes.

As condições no momento da ocorrência eram de 25°C de temperatura, peso 4.100 kg, flapes totalmente estendidos (36°) e velocidade de cruzamento da cabaceira de, aproximadamente, 104 kt de *Indicated Airspeed* (IAS - velocidade indicada).

A reconstituição do voo, feita por meio do *Software Flyback*, com os dados obtidos do CVDR, mostraram que, quando a aeronave abaixou de 150 ft, a *Ground Speed* (GS - velocidade no solo) passou a ser mais alta do que a IAS, essa diferença chegou, por vezes, até 9 kt, possivelmente havendo componente de vento de cauda.

**UNFACTORED LANDING DISTANCE (m)  
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF  
FLAP FULL – ISA CONDITIONS  
PW617F-E ENGINES**

Weight (kg)	ALTITUDE							
	-1000 ft				0 ft			
	WIND							
	-10 kt	0 kt	10 kt	20 kt	-10 kt	0 kt	10 kt	20 kt
3200	881	732	685	639	897	748	700	653
3300	872	724	678	632	888	739	692	646
3400	863	717	671	625	879	732	685	640
3500	856	711	665	620	871	726	679	634
3600	849	705	659	614	864	720	673	628
3700	849	705	660	615	865	720	674	629
3800	864	720	674	629	880	735	688	643
3900	878	733	686	641	894	748	701	656
4000	892	746	699	654	908	761	714	668
4100	906	759	712	666	923	775	728	681
4200	920	772	725	679	938	789	741	695
4300	935	786	739	692	953	803	755	708
4400	951	802	754	707	970	819	770	723
4500	966	815	767	720	985	833	784	737
4600	981	830	781	734	1000	847	798	751
4700	997	844	795	747	1016	862	813	765
4800	1012	859	809	761	1032	877	827	779

Figura 6 - Tabela de distância de pouso. Fonte: *Airplane Flight Manual*, página 20, seção 5 (AFM 2655, REV 18).

A distância de pouso determinada durante a certificação é chamada de distância de aterrissagem “não fatorada” ou certificada.

A distância “não fatorada” não considera quaisquer aditivos para margens de segurança. Assim, a distância de pouso “não fatorada” pode ser diferente da distância real de pouso porque nem todos os fatores que afetam a distância de aterrissagem foram contabilizados na certificação.

As distâncias de pouso “não fatoradas” são baseadas em uma pista seca e nivelada (inclinação zero) em temperatura padrão (ISA) e normalmente não levam em consideração o uso de freios automáticos, sistemas de marcas automáticas, *Head Up Guidance System* (HGS - sistema de guiagem ao nível dos olhos) ou reversores.

Sendo assim, para se obter a distância real de pouso devem ser considerados outros fatores como, por exemplo, a temperatura.

No *Pilot's Operating Handbook* (POH-2761-01, REV 9) da EMBRAER, referente à aeronave EMB-500, constava a informação para a correção das distâncias de pouso, considerando a temperatura, conforme página 2, seção 3-45-40, como mostra a tabela abaixo.

PHENOM 100 Pilot's Operating Handbook			
Performance			
TEMPERATURE FACTOR FOR LANDING DISTANCE			
ISA DEVIATION	TEMPERATURE FACTOR		
-50	0.91		
-45	0.92		
-40	0.93		
-35	0.94		
-30	0.95		
-25	0.95		
-20	0.96		
-15	0.97		
-10	0.98		
-5	0.99		
0	1.00		
5	1.02		
10	1.03		
15	1.05		
20	1.06		
25	1.07		
30	1.09		
35	1.11		

Figura 7 - Tabela de fator da temperatura para correção de distância de pouso.

Considerando a distância não fatorada da Figura 6 e corrigindo de acordo com a temperatura local, que era de 25°, obteve-se uma variação de 10° da ISA, dessa forma, dever-se-ia multiplicar por 1,03 a distância não fatorada.

Após a correção de temperatura para uma condição com vento zero, a distância de pouso seria de 798 m e para uma condição com 10 kt de vento de cauda, a distância seria de 951 m.

Além da temperatura, uma rampa de pouso mais baixa e uma velocidade acima da  $V_{REF}$ , na aproximação final, também aumentariam a distância de pouso.

De acordo com os dados obtidos pelo CVDR, foi possível observar velocidades e alturas, com seus horários (UTC), além de outros dados, nos diversos pontos da aproximação final e pouso, conforme Figura 8.

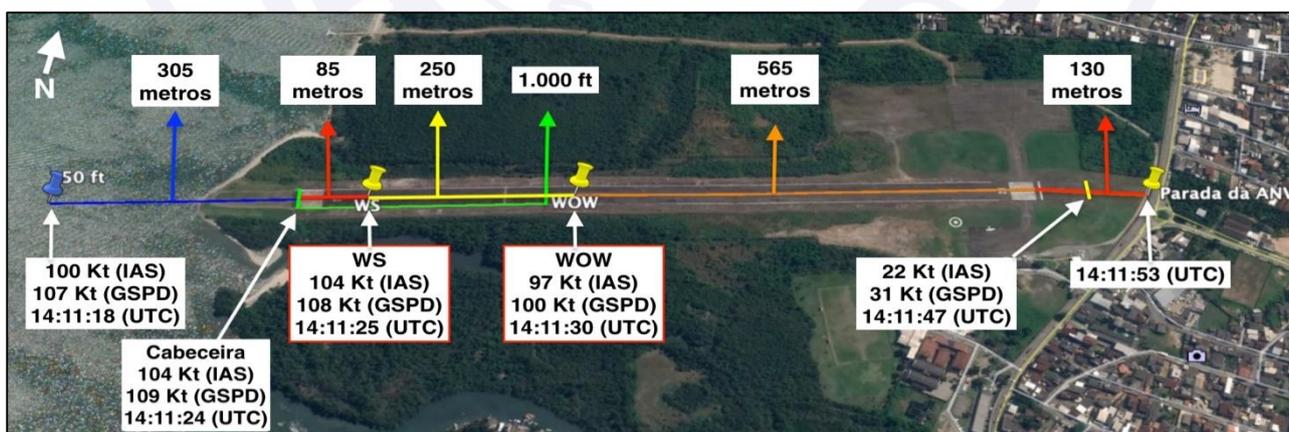


Figura 8 - Diagrama de aproximação do PT-MMP.

Na ocorrência em questão, a  $V_{REF}$  prevista para a configuração da aeronave era de 97 kt, porém o cruzamento da cabeceira deu-se com uma velocidade de 104 kt de IAS, 7kt acima da  $V_{REF}$  para aquela determinada condição e a velocidade do toque na pista também foi acima da  $V_{REF}$ , permanecendo com 104 kt de IAS.

Não obstante, considerando-se os valores de GS e IAS, durante a curta final, existe a possibilidade de que essa parte da aproximação tenha ocorrido com componente de vento de cauda.

De acordo com o documento da FAA, citado anteriormente, para cada 10% de aumento na velocidade de pouso, a distância de pouso era aumentada em 20%.

Considerando que a velocidade no cruzamento da cabeceira era de 104 kt de IAS, pode ser estimado que, nesse momento, havia um aumento, aproximado, de 7% na velocidade de pouso, pois a  $V_{REF}$  prevista era de 97 kt.

Aplicando-se a distância com a correção da temperatura, considerando 0 kt de vento (aprox. 798 m) e somando-se 14% (aprox. 112 m) devido à  $V_{REF}$  acima da prevista, calcula-se uma distância requerida de pouso de, aproximadamente, 910 m para a parada da aeronave.

Utilizando a mesma metodologia de cálculo de distância de pouso acima da  $V_{REF}$  em uma condição de aproximação final com 10 kt de vento de cauda (aprox. 951 m), somada à correção de 14% (aprox. 133 m), obtém-se o valor de 1.084 m de distância de pouso.

Aliado à condição de sobrevelocidade da  $V_{REF}$ , observou-se que durante a aproximação final, a altura de 50 ft foi atingida a, aproximadamente, 305 m de distância horizontal antes da cabeceira da pista e a 390 m de distância do ponto de toque. Além disso, foi observado que o cruzamento da cabeceira ocorreu a cerca de 10 ft de altura.

Somado a esses dados, a própria visualização da rampa da aeronave na reconstituição do voo, através do *Software Flyback*, indicava uma rampa abaixo do padrão de 3°.

De acordo com o cálculo realizado com os dados da aproximação final, 50 ft (15,24 m) de altura e a distância até o toque de 390 m, foi estimado que a aeronave estava com uma rampa aproximada de 2,2°, tendo um desvio negativo de 0,8° para baixo.

Segundo o fabricante da aeronave, realizar uma aproximação estabilizada era o elemento fundamental para garantir que as distâncias de parada do equipamento seriam conforme descritas no *Aircraft Flight Manual* (AFM - manual de voo de aeronave), sendo que, durante uma aproximação estabilizada, a velocidade e a rampa corretas deveriam ser mantidas, utilizando-se pequenas variações de potência e arfagem (FOL - PHE500-002/2015).

O manual de voo da aeronave descrevia a técnica de pouso considerando uma rampa de 3°, com a  $V_{REF}$  e pouso por atitude, como mostra a Figura 9.

## LANDING DATA

### LANDING TECHNIQUE

The landing performance data in this manual is based on the following conditions:

- Steady three degree angle approach at  $V_{REF}$  in landing configuration;
- $V_{REF}$  airspeed maintained at runway threshold;
- Idle thrust established at runway threshold;
- Attitude maintained until MLG touchdown;
- Maximum brake applied immediately after MLG touchdown;
- Antiskid system operative.

If these performance techniques are not strictly used for a typical landing made during normal operations, the distances may be longer.

Figura 9 - Técnica de pouso do EMB-500, conforme item 5-25, página 1 do AFM 2655.

O fabricante da aeronave orientava que, se a técnica de pouso não fosse seguida estritamente, as distâncias de pouso poderiam ser maiores do que as descritas no manual de voo.

Foi observado que o toque da aeronave ocorreu 7 kt acima da velocidade e com pouca razão de descida.

Corroborando a técnica de pouso prevista para o EMB-500, a AC91-79A da FAA orientava qual era a técnica correta de *touchdown* para se reduzir a distância de parada, devendo-se realizar um *touchdown* firme, seguido da utilização dos sistemas disponíveis como *spoilers*, reversores e adequada aplicação dos freios.

O PT-MMP não possuía *spoilers* ou reversores sendo utilizado somente o sistema de freio para a parada da aeronave.

### **1.19. Informações adicionais.**

Nada a relatar.

### **1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.**

Não houve.

## **2. ANÁLISE.**

A aeronave decolou de SBBH com destino a SDAG, a fim de realizar traslado e, na rota inversa, iria fazer o transporte de passageiros.

Antes da decolagem, foi verificada apenas a meteorologia da rota, visto que SDAG não possuía informações meteorológicas na data da ocorrência, sendo assim, as condições do campo eram desconhecidas, em especial, a direção e intensidade do vento.

Durante a final longa, os instrumentos da aeronave indicavam vento de través direito com intensidade, aproximada, de 10 kt.

Foi relatado pelo PIC, na curta final, um possível *windshear* de leve intensidade, e segundo informações obtidas durante a investigação, a direção do vento se alterou, resultando em uma componente de cauda.

A localidade de SDAG fica posicionada próximo às montanhas e ao mar, sendo passível de sofrer a influência de brisas marítimas e das correntes de ar provenientes das montanhas, porém, conforme a análise de dados de voo, não houve variação súbita de velocidade do vento, nem de razão de descida da aeronave na final que indicasse um *windshear*.

Conforme a análise dos dados do CVDR, observou-se que, enquanto a aeronave cruzava 130 ft de altura, a Velocidade no Solo (GS) ultrapassou a Velocidade Indicada (IAS) e manteve-se acima dela a partir desse momento até a saída da pista.

Tal fato pode indicar que houve uma mudança de direção e intensidade do vento, durante a curta final, contudo de forma gradual, levando a aeronave a aproximar com componente de vento de cauda, o que aumentaria a distância de pista necessária para a parada da aeronave.

A AC91-79A da FAA, estabelecia maneiras para que os pilotos e operadores pudessem identificar, compreender e mitigar o risco de uma *runway overrun*. Ela descrevia que os fatores que influenciavam na distância de pouso eram cumulativos, aumentando a distância total necessária para a parada da aeronave, existindo, naquela AC, uma tabela explicativa orientando sobre o cálculo de distância de pouso, considerando a influência de vários fatores.

A FOL PHE500-002/2015 da EMBRAER, que foi baseada na AC91-79A, discorria sobre pontos-chaves que contribuíam para o sucesso do pouso, como o comportamento esperado dos freios, o pouso em pistas molhadas/contaminadas e outros fatores que afetavam o seu sucesso.

Na Nota 1, dessa carta operacional, destacava-se o procedimento de que a velocidade de cruzamento da cabeceira era a  $V_{REF}$  e ainda citava que a velocidade esperada durante o toque fosse menor que a  $V_{REF}$ .

Na ocorrência em questão, a  $V_{REF}$  da aeronave era de 97 kt, porém o cruzamento da cabeceira deu-se com uma velocidade de 104 kt de IAS, 7 kt acima da  $V_{REF}$  para aquela determinada condição, e a velocidade do toque na pista também foi acima da  $V_{REF}$ , permanecendo com 104 kt de IAS.

Conforme os cálculos realizados, utilizando-se as informações do documento da FAA e as cartas da aeronave (sem considerar a condição de vento de cauda), chegou-se a uma distância requerida de pouso de, aproximadamente, 910 m para a parada da aeronave.

Mesmo sem considerar a componente de vento de cauda, levando em consideração apenas os fatores de temperatura e velocidade de pouso, a distância para a parada da aeronave já seria crítica para operação em SDAG, devido à sua pista possuir 913 m.

Ao aplicar os cálculos conforme previa a AC91-79A da FAA, para uma aproximação com vento de cauda, a distância requerida de pouso passaria para 1.084 m, valor maior que o comprimento de pista disponível de SDAG.

Aliada à condição de sobrevelocidade da  $V_{REF}$ , observou-se que, durante a aproximação final, a altura de 50 ft foi atingida a 305 m de distância horizontal antes da cabeceira da pista e a 390 m de distância do ponto de toque. Além disso, foi observado que o cruzamento da cabeceira ocorreu a cerca de 10 ft de altura.

Conforme cálculo realizado com os dados da aproximação final, foi estimado que a aeronave estava com uma rampa de, aproximadamente,  $2,2^\circ$ , tendo um desvio negativo de  $0,8^\circ$  para baixo, o que pode ter contribuído para aumentar a distância de pouso, devido ao retardo de ativação do WOW.

O manual de voo da aeronave descrevia a técnica de pouso que considerava uma rampa de  $3^\circ$ , na  $V_{REF}$  e pouso por atitude, e o fabricante da aeronave orientava que, se a técnica de pouso não fosse seguida estritamente, as distâncias de pouso poderiam ser maiores do que as descritas.

Foi observado que o toque da aeronave ocorreu com 104 kt de IAS (ou 108 kt de GS) e com pouca razão de descida, sendo tal condição, possivelmente, o resultado de uma aproximação não estabilizada com componente de vento de cauda.

Dessa forma, os dados de voo demonstram que não foi realizado um pouso por atitude, mas sim um pouso suave e veloz, interferindo no funcionamento do WOW.

Corroborando a técnica de pouso prevista para o EMB-500, a AC91-79A da FAA orientava qual era a técnica correta de *touchdown* para se reduzir a distância de parada, devendo-se realizar um *touchdown* firme, seguido da utilização dos sistemas disponíveis como *spoilers*, reversores e adequada aplicação dos freios.

O PT-MMP não possuía *spoilers* ou reversores, sendo utilizado somente o sistema de freio para a parada da aeronave.

O contato das rodas do PT-MMP com a pista ocorreu às 14h11min25s (UTC), conforme dados provenientes dos sensores de rotação das rodas (WS). Porém, somente às 14h11min30s (UTC), com 97 kt de IAS, os sensores WOW foram ativados para que a frenagem fosse permitida.

Nesse intervalo de cerca de 5 segundos, a aeronave percorreu 250 m de pista, antes de os freios estarem efetivos, embora o piloto já estivesse com os pedais de freio pressionados.

Conforme verificação dos componentes do sistema de freio da aeronave, não foram encontradas discrepâncias ou mau funcionamento nos sensores. A ausência de mensagens no sistema de alerta da tripulação, também indicava que não existiam falhas que pudessem comprometer a frenagem da aeronave.

Considerando que o WOW necessitava que houvesse peso nos amortecedores para sua ativação, inferiu-se que o tipo de pouso realizado (velocidade alta e rampa baixa), manteve uma certa sustentação após o toque, fazendo com que a compressão dos amortecedores e a conseqüentemente habilitação dos freios fosse retardada.

De acordo com os dados do *Software Flyback*, que mediam a distância de parada após a habilitação do WOW; quando ele foi habilitado, já não havia mais pista suficiente para a parada da aeronave.

A operação do EMB-500 em SDAG era compatível sob certas condições específicas de peso, temperatura, direção e intensidade de vento e condições da pista (seca, molhada ou contaminada).

O fato de o comprimento da pista ser limitado a certas condições de operação do EMB-500, pode ter feito o PIC se preocupar demasiadamente em efetuar o toque o mais próximo possível da cabeceira, realizando uma rampa baixa.

Desse modo, verificou-se que a utilização de parâmetros inadequados, como a  $V_{REF}$  acima da ideal, vento de cauda e ângulo de rampa baixo, dificultou a percepção do PIC em operar em uma pista crítica, tendo optado por prosseguir no pouso, em vez de efetuar uma arremetida no ar.

Sendo assim, supõe-se que a não valorização desses aspectos e informações relevantes, levou a um julgamento inadequado do PIC, contribuindo para uma operação insegura.

Tendo em vista que o pouso em SDAG foi planejado para a pista 10, e a distância de pouso “não fatorada” dava pouca margem para erros, inferiu-se que durante o planejamento, não foram considerados os diversos fatores que poderiam contribuir para o aumento da distância de pouso, como a possível presença de chuva ou até mesmo uma condição de vento de cauda, por exemplo.

A pista de SDAG apresentava uma depressão no terreno gramado, logo após o término do revestimento asfáltico da pista e centralizada a esta, junto à cabeceira 28, além de uma elevação no mesmo terreno, localizada à direita do centro do prolongamento da pista.

Essa elevação foi atingida pelo trem de pouso principal direito da aeronave e pode ter colaborado para os danos na estrutura de fixação e no trem de pouso do nariz.

### **3. CONCLUSÕES.**

#### **3.1. Fatos.**

- a) o PIC estava com as habilitações de aeronave tipo EPHN e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas;
- b) o piloto, ocupando o assento da direita, estava realizando familiarização na aeronave;
- c) o PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;

- d) o PIC estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- e) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- f) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- h) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- i) a aeronave realizou a rota SBBH - SDAG;
- j) foi realizada uma aproximação com rampa baixa e velocidade acima da  $V_{REF}$  para a pista 10 de SDAG;
- k) no pouso, a aeronave não parou dentro dos limites da pista;
- l) ocorreu uma excursão de pista;
- m) a aeronave colidiu contra uma cerca com mourões de pedra que delimitava a área patrimonial do aeródromo;
- n) foi descartada qualquer falha dos equipamentos ou sistemas da aeronave;
- o) a aeronave teve danos substanciais; e
- p) o piloto e o passageiro saíram ilesos.

### 3.2. Fatores contribuintes.

#### - **Aplicação dos comandos - contribuiu.**

A aproximação em uma rampa abaixo dos 3 graus, seguida do pouso com velocidade acima da prevista e a utilização de uma técnica de pouso suave contribuiu para a não parada dentro dos limites da pista.

#### - **Infraestrutura aeroportuária - indeterminado.**

Quando houve a excursão de pista, a aeronave atingiu uma deformidade no terreno. Essa deformidade foi atingida pelo trem de pouso principal direito da aeronave e pode ter colaborado para os danos na estrutura de fixação e no trem de pouso do nariz.

#### - **Julgamento de pilotagem - contribuiu.**

Houve uma avaliação incompleta dos fatores que poderiam aumentar a distância de pouso, não levando em consideração alguns parâmetros-chaves como rampa, velocidade e vento de cauda.

#### - **Processo Decisório - contribuiu.**

O fato de a pista possuir limitações de comprimento, sob certas condições operacionais do EMB-500, somado a uma aproximação com rampa baixa e velocidade maior do que a prevista, demonstrou um processo decisório equivocado ao não se optar por uma arremetida, em vez de prosseguir para o pouso.

#### - **Planejamento de voo - contribuiu.**

Tendo em vista que o pouso em SDAG foi planejado para a pista 10, e a distância de pouso “não fatorada” dava pouca margem para erros, inferiu-se que, durante o planejamento, não foram considerados os diversos condicionantes que poderiam contribuir para o aumento da distância de pouso, como a possível presença de chuva ou até mesmo uma condição de vento de cauda, por exemplo.

#### 4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

*Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade.*

*Em consonância com a Lei nº 7.565/1986, as recomendações são emitidas unicamente em proveito da segurança de voo. Estas devem ser tratadas conforme estabelecido na NSCA 3-13 “Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro”.*

**À Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), recomenda-se:**

**A-117/CENIPA/2016 - 01**

**Emitida em: 03/11/2022**

Atuar junto ao operador do Aeródromo de Angra dos Reis (SDAG), RJ, a fim de verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos no RBAC 154, no que diz respeito à eliminação de buracos e mudanças abruptas de declividade no terreno, no intuito de minimizar danos às aeronaves que porventura saiam da pista.

#### 5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

A EMBRAER adotou as seguintes ações corretivas:

- em 25JUN2021, a EMBRAER publicou um guia informativo no canal Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=oxEdsg9YWjw&t=343s>) para treinamento de tripulações que operam as aeronaves modelo *Phenom*; e
- em 30MAR2022, a FOL PHE500-002/2015 foi cancelada e no seu lugar foi publicada, pela EMBRAER, a GP-8143 - *Landing Procedure Best Practices and Recommendations*, com informações atualizadas e mais completas.

Em, 3 de novembro de 2022.