

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
IG-016/CENIPA/2017

OCORRÊNCIA:	INCIDENTE GRAVE
AERONAVE:	PR-AZG
MODELO:	ERJ 190-100 IGW
DATA:	28JAN2017



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 incidente grave com a aeronave PR-AZG, modelo ERJ 190-100 IGW, ocorrido em 28JAN2017, classificado como “[SCF-NP] Falha ou mau funcionamento de sistema/componente | Descompressão não intencional/explosiva”.

Durante voo regular entre as cidades de Curitiba e Recife, com aproximadamente duas horas de voo, na fase de cruzeiro no FL370, houve a despressurização da aeronave devido à abertura da *Positive Relief Valve* por um período de dois minutos e três segundos.

A abertura da válvula ocorreu com um diferencial de pressão menor que o previsto, tendo sido ocasionada, possivelmente, pela formação de gelo no seu interior.

A altitude de cabine atingiu um valor máximo de 18.050 ft. Houve a mensagem de *High Cabin Alt* e ocorreu a queda automática das máscaras de oxigênio.

A tripulação realizou uma descida de emergência e alternou o destino para o Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA.

O pouso ocorreu sem intercorrências.

A aeronave não teve danos.

Todos os ocupantes da aeronave saíram ilesos.

Houve a designação de Representante Acreditado do *Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung* (BFU) - Alemanha, Estado de fabricação de componentes do sistema de pressurização e local de realização de exames.

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.....	7
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	7
1.6. Informações acerca da aeronave.....	7
1.7. Informações meteorológicas.....	10
1.8. Auxílios à navegação.....	10
1.9. Comunicações.....	10
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	10
1.11. Gravadores de voo.....	10
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	11
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	11
1.13.1. Aspectos médicos.....	11
1.13.2. Informações ergonômicas.....	11
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	11
1.14. Informações acerca de fogo.....	11
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	11
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	12
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	19
1.18. Informações operacionais.....	19
1.19. Informações adicionais.....	20
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	20
2. ANÁLISE.....	20
3. CONCLUSÕES.....	22
3.1. Fatos.....	22
3.2. Fatores contribuintes.....	22
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	23
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	23

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ADTS	<i>Air Data Test Set</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BFU	<i>Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CPCS	<i>Cabin Pressure Control-System</i> - sistema de controle de pressão de cabine
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DVDR	<i>Digital Voice and Data Recorder</i> - gravador digital de voz e dados
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
NVM	<i>Non-Volatile Memory</i> - memória não volátil
OFV	<i>Outflow Valve</i> - válvula de fluxo de saída
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
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PSO-BR	Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil
SBCT	Designativo de localidade - Aeródromo Afonso Pena, Curitiba, PR
SBRF	Designativo de localidade - Aeródromo Guararapes - Gilberto Freyre, Recife, PE
SBSV	Designativo de localidade - Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães, Salvador, BA
SIC	<i>Second in Command</i> - Segundo em Comando
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - Número de Série
SV	<i>Safety Valve</i> - válvula de segurança
TAT	<i>True Air Temperature or Total Air Temperature</i> - temperatura verdadeira do ar ou temperatura total do ar
TMA-SV	Área de Controle Terminal de Salvador
TPR	Categoria de Registro de Aeronave de Transporte Aéreo Público Regular
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VDC	<i>Voltage Direct Current</i> - Voltagem corrente contínua

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: ERJ 190-100 IGW Matrícula: PR-AZG Fabricante: EMBRAER	Operador: Azul Linhas Aéreas Brasileiras S.A.
Ocorrência	Data/hora: 28JAN2017 - 13:15 (UTC) Local: Área de Controle Terminal de Salvador (TMA-SV) Lat. 12°54'31"S Long. 038°19'21"W Município - UF: Salvador - BA	Tipo(s): [SCF-NP] Falha ou mau funcionamento de sistema/componente Subtipo(s): Descompressão não intencional/explosiva

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Afonso Pena (SBCT), Curitiba, PR, com destino ao Aeródromo Guararapes - Gilberto Freyre (SBRF), Recife, PE, por volta das 11h15min (UTC), a fim de transportar carga e pessoal, com cinco tripulantes e cento e quatro passageiros a bordo.

Com cerca de duas horas de voo, quando a aeronave estava no FL370, a altitude de cabine subiu do valor inicial de cerca de 8.000 ft até 18.050 ft em, aproximadamente, dois minutos. Houve a queda automática das máscaras de oxigênio.

Foi realizado um procedimento de descida em emergência e o voo prosseguiu para pouso no Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), o qual foi executado sem intercorrências.

A aeronave não teve danos.

Os cinco tripulantes e os cento e quatro passageiros saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	5	104	-

1.3. Danos à aeronave.

Não houve.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Discriminação	Horas Voadas	
	PIC	SIC
Totais	12.000:00	3.000:00
Totais, nos últimos 30 dias	76:00	65:00
Totais, nas últimas 24 horas	05:00	05:00
Neste tipo de aeronave	2.000:00	1.500:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	76:00	65:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	05:00	05:00

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros do operador da aeronave.

1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Santa Cruz do Sul, RS, em 1990.

O Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de PPR na EJ Escola de Aviação Civil em Itápolis, SP, em 2009.

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 E179 (que incluía o modelo ERJ 190-100 IGW) e Voo por Instrumentos - Avião (IFRA) válidas.

O SIC possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de aeronave tipo E179 e IFRA válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

Os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 19000329, foi fabricada pela EMBRAER, em 2009, e estava inscrita na Categoria de Registro de Transporte Aéreo Público Regular (TPR).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

Os registros técnicos de manutenção encontravam-se atualizados.

A última inspeção da aeronave, do tipo "*Heavy Check*", que consistia em uma série de inspeções e tarefas de manutenção, foi realizada entre os dias 11DEZ2016 e 19JAN2017, pela organização de manutenção TAP Manutenção e Engenharia Brasil S.A., em Porto Alegre, RS.

A aeronave PR-AZG estava com 22.783 horas voadas e 18.034 ciclos na data da inspeção. Após a ação de manutenção e até o voo da ocorrência, a aeronave voou 60 horas e realizou 51 ciclos.

Dentre as tarefas de manutenção cumpridas no "*Heavy Check*", foi realizado o teste funcional da *Positive Relief Valve*, utilizando um equipamento denominado *Air Data Test Set* (ADTS). Não foram encontradas discrepâncias nos testes realizados.

No sistema de registros de falhas da aeronave não havia qualquer lançamento relacionado ao sistema de pressurização.

Até o momento desta ocorrência, o avião possuía um total de 22.843 horas de voo e 18.085 ciclos.

A aeronave era equipada com um sistema de pressurização que permitia que o ar no interior da cabine permanecesse em condições adequadas para o transporte de passageiros durante a operação normal.

Essa operação era feita por meio do ar sangrado dos estágios de compressores dos dois motores sendo dirigido, em seguida, para o interior da cabine após passar pelos sistemas de ar-condicionado e ventilação, conforme mostrado na Figura 1.

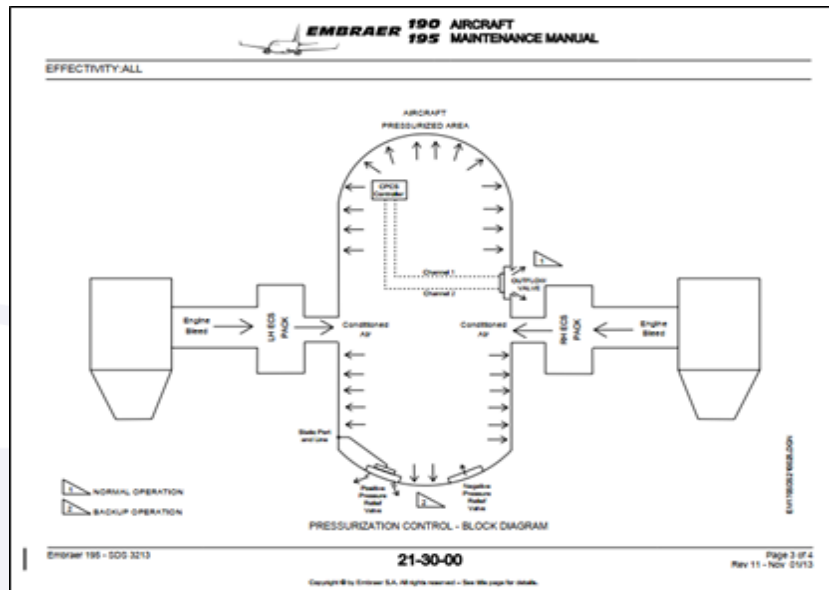


Figura 1 - Diagrama esquemático do sistema de pressurização da aeronave.
Fonte: EMBRAER 190/195 Aircraft Maintenance Manual.

O sistema de pressurização do PR-AZG era composto pelos subsistemas de controle e indicação de pressurização e de alívio da pressão de cabine.

O componente principal do subsistema de controle e indicação de pressurização era o *Cabin Pressure Control-System* (CPCS - sistema de controle de pressão de cabine). No seu modo normal, o CPCS controlava a pressão no interior da cabine de maneira totalmente automatizada, regulando a taxa de vazão de ar por meio da *Outflow Valve* (OFV - válvula de fluxo de saída). A tripulação podia ainda controlar o sistema de pressurização manualmente por meio do ajuste da posição da OFV.

O CPCS possuía dois canais independentes de controle que monitoravam a pressão no interior da cabine, fornecendo indicações em caso de falha para a tripulação.

O subsistema de alívio da pressão de cabine possuía a finalidade de proteger a estrutura da fuselagem da aeronave em casos de sobrepressão e diferencial de pressão negativo. Esse subsistema era composto pela *Positive Relief Valve*, também chamada de *Safety Valve* (SV - válvula de segurança), e pela *Negative Relief Valve* (Figura 2).

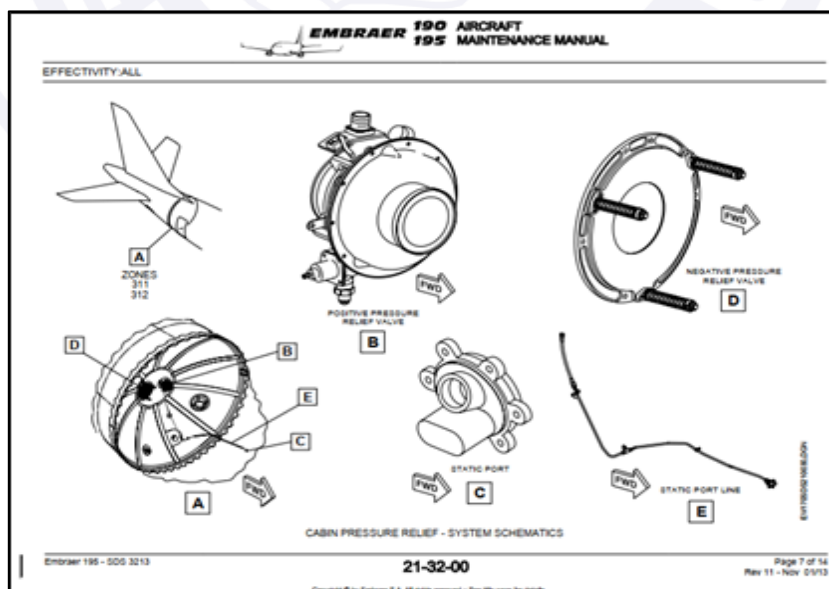


Figura 1 - Disposição dos componentes do subsistema de alívio de pressão.
Fonte: EMBRAER 190/195 Aircraft Maintenance Manual.

O subsistema de alívio de pressão operava pneumáticamente e independentemente de todo o restante do sistema de pressurização e não requeria qualquer ação da tripulação para a sua operação. A *Positive Relief Valve* permitia a passagem de ar do interior da aeronave para o exterior quando o diferencial de pressão atingia valores superiores a 8,66 psid (ou 597 hPa). Já a *Negative Relief Valve* permitia a passagem do ar externo para o interior da cabine quando o diferencial de pressão era de -0,15 psid (ou -10 hPa).

A aeronave possuía uma porta estática que fornecia a pressão do ambiente externo para a *Positive Relief Valve* por meio de uma tubulação de alumínio.

A porta estática possuía uma tela contra ingestão de objetos estranhos e sistema de aquecimento 28 VDC, proveniente do barramento essencial da aeronave, com a finalidade de evitar o bloqueio da entrada por formação de gelo.

A Figura 3 mostra o funcionamento esquemático da *Positive Relief Valve* e a Figura 4 mostra a Unidade Controladora da Válvula.

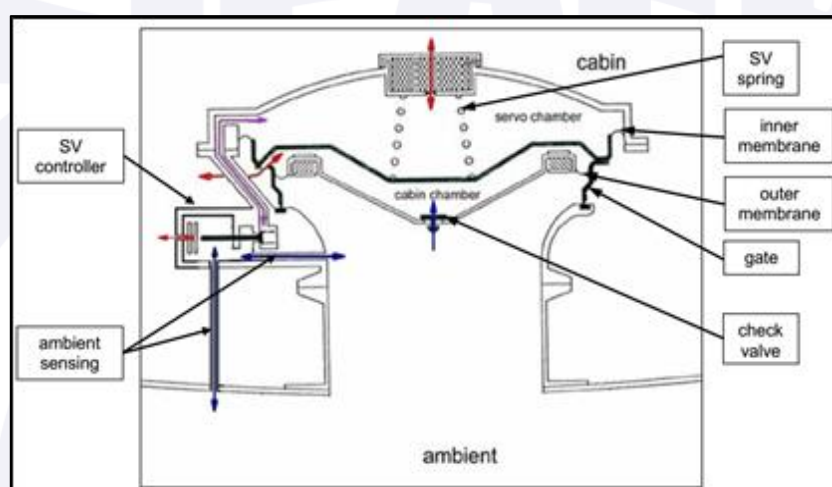


Figura 2 - Diagrama esquemático da *Positive Relief Valve*.

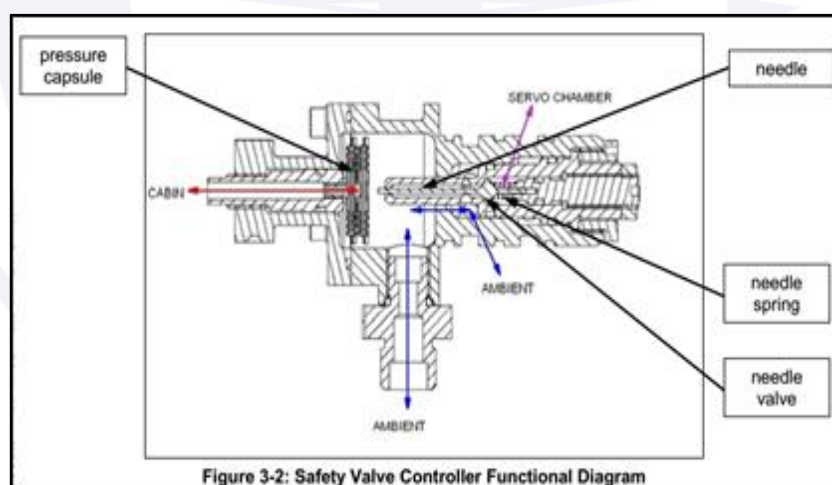


Figura 3 - Unidade controladora da *Positive Relief Valve* (*SV Controller*).

Em síntese, a *Positive Relief Valve* funcionava da seguinte forma: a câmara da cabine (*cabin chamber*) encontrava-se na mesma pressão que a cabine da aeronave. O diferencial de pressão era medido na Unidade Controladora da *Positive Relief Valve* (*SV Controller*). Quando esse valor era maior ou igual a 8,67 psid (597 hPa), a cápsula de pressão (*pressure capsule*) pressionava a agulha da unidade controladora (*needle*) possibilitando a passagem de ar da servo câmara (*servo chamber*) para o ambiente externo e, conseqüentemente, igualando o valor de pressão da câmara com a do ar externo.

A diferença de pressão entre as duas câmaras ocasionava o deslocamento da membrana da *Positive Relief Valve* vencendo a força da mola no interior da servo câmara. Esse deslocamento permitia a abertura da válvula por meio dos *gates* e a saída do ar do interior da cabine.

1.7. Informações meteorológicas.

As condições eram favoráveis à realização do voo.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

A tripulação declarou emergência e solicitou prioridade para o pouso em SBSV. Todas as comunicações ocorreram sem intercorrências.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

A aeronave estava equipada com um gravador de voz e dados de voo combinados, *Digital Voice and Data Recorder* (DVDR - gravador digital de voz e dados), *Part Number* (PN) 960-6025-001 e *Serial Number* (SN) 02551 da *Honeywell*.

Os dados dos gravadores foram extraídos nas instalações do Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA) no Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). A Figura 5, a seguir, apresenta os parâmetros do sistema de pressurização do voo.

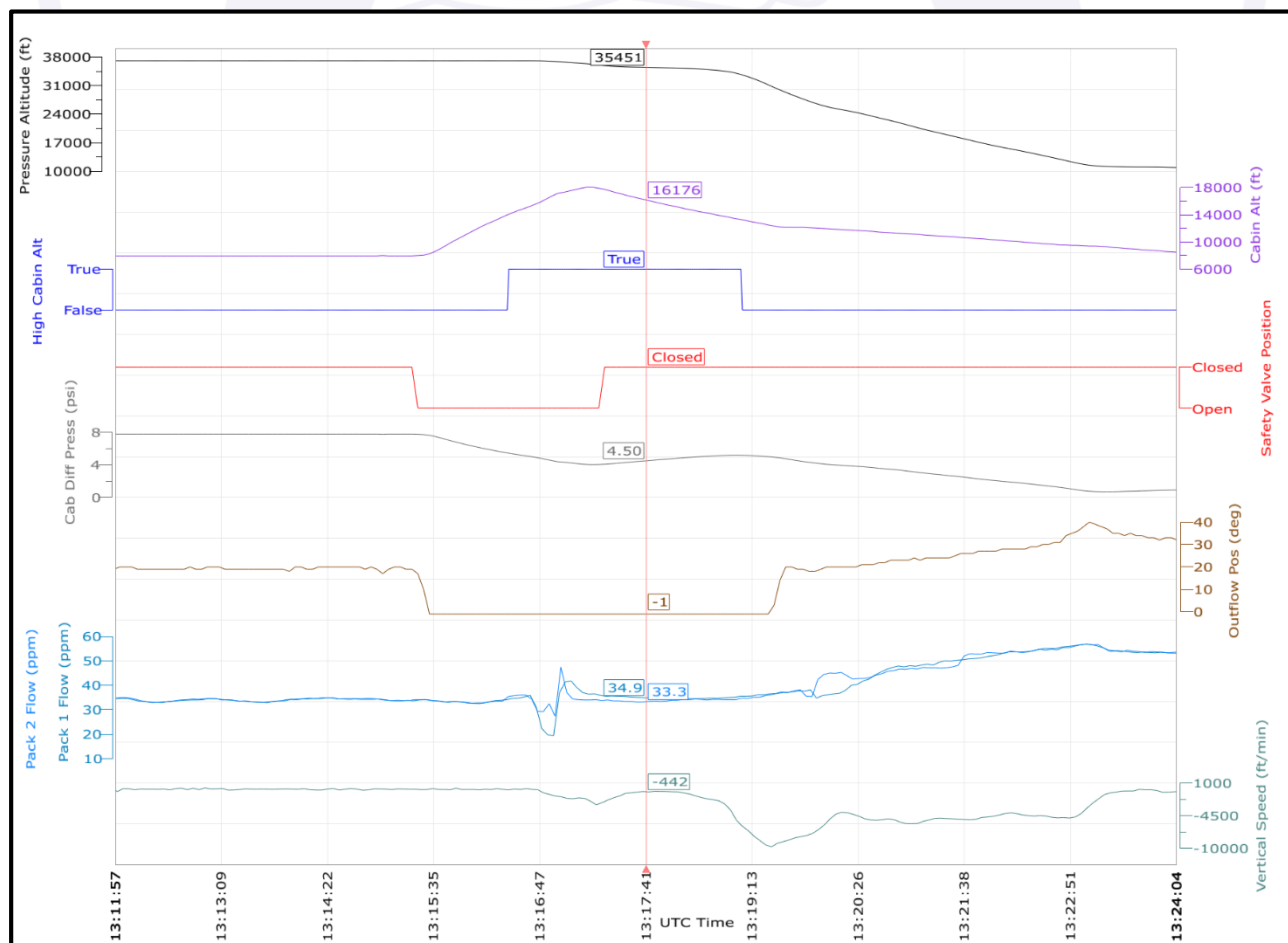


Figura 4 - Parâmetros de pressurização extraídos dos gravadores de voo.

Na Figura 5 é possível observar a mudança de posição da *Positive Relief Valve* (parâmetro *Safety Valve Position*, indicado pela linha vermelha) de fechada para aberta, às 13h15min25s (UTC), e o diferencial de pressão entre a cabine e o ambiente externo, que nesse momento era de 7,78 psid (536 hPa). A *Positive Relief Valve* permaneceu aberta por dois minutos e três segundos.

A partir da mudança de posição da *Positive Relief Valve*, é possível observar um aumento da altitude de cabine e, conseqüentemente, uma diminuição do diferencial de pressão da cabine e o ar externo.

Pela lógica do sistema de pressurização, a OFV foi para a posição fechada devido ao aumento da altitude de cabine.

Cerca de um minuto após a abertura da *Positive Relief Valve*, a cabine atingiu 14.000 ft. Houve a indicação de altitude de cabine alta (*High Cabin Alt*) e a queda automática das máscaras de oxigênio.

A tripulação realizou os procedimentos de emergência e iniciou a descida da aeronave logo após a mensagem *High Cabin Alt*. Ainda no intervalo de tempo em que a *Positive Relief Valve* estava na posição aberta, a altitude de cabine continuou subindo até atingir o valor máximo de 18.050 ft.

Após o fechamento da *Safety Valve*, a altitude de cabine começou a diminuir. A tripulação continuou com o procedimento de descida de emergência aumentando o valor da razão de descida atingindo, aproximadamente, 10.000 ft/min e, em seguida, variando em torno de 4.500 ft/min.

O pouso foi realizado no Aeródromo de SBSV sem maiores intercorrências.

Adicionalmente, foram extraídos dados da *Non-Volatile Memory* (NVM - memória não volátil) do CPCS que auxiliaram na realização dos exames, testes e pesquisas conduzidos. Os dados demonstraram que não houve falha interna do CPCS.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Nada a relatar.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Não houve evidência de que ponderações de ordem fisiológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Não houve evidência de que questões de ordem psicológica tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Todos os ocupantes desembarcaram ilesos da aeronave pelas portas principais.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Os seguintes itens foram submetidos a testes:

- CPCS / PN: 21609-04BA / SN: 0982775;
- OFV / PN: 21425-01 / SN: 09113088; e
- *Positive Relief Valve* / PN: 21615-02 / SN: 09112694.

Todos os componentes estavam instalados na aeronave desde o início de sua operação possuindo, portanto, 22.843 horas de voo e 18.085 ciclos cada um.

Foram realizados testes em bancada no CPCS. A resistência referente à cobertura do componente estava fora dos valores previstos. Contudo, não foram constatadas falhas nos testes lógicos realizados.



Figura 6 - CPCS removida da aeronave.

Foram realizados testes funcionais elétricos e de vazamento na OFV, além de inspeções visuais. Todos os testes estavam dentro dos parâmetros estabelecidos.



Figura 7 - Visão geral da *Outflow Valve*.

Inicialmente, foi realizada inspeção visual na *Positive Relief Valve*, conforme Figuras 8 e 9, a seguir:



Figura 8 - *Positive Relief Valve* vista no sentido da seção externa, não pressurizada, da aeronave.

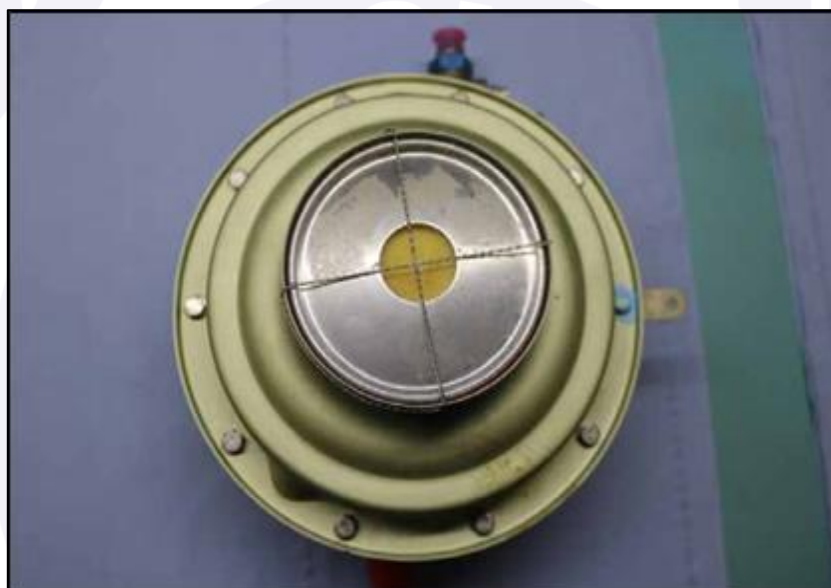


Figura 9 - *Positive Relief Valve* vista no sentido da seção interna, pressurizada, da aeronave.

Não foram encontradas discrepâncias na inspeção inicial.

Antes de efetuar a desmontagem da *Positive Relief Valve*, foi realizada uma tomografia computadorizada, a fim de verificar a existência de alguma condição interna que pudesse ter contribuído para a sua abertura.

As Figuras 10, 11 e 12, a seguir, mostram os resultados da tomografia computadorizada.

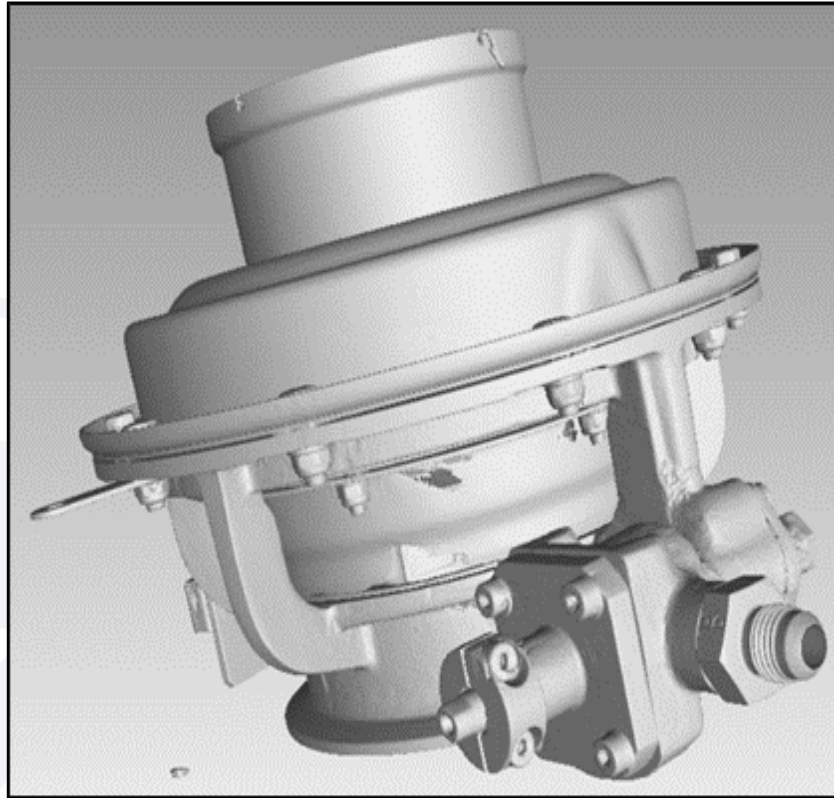


Figura 10 - Tomografia computadorizada da *Positive Relief Valve*. Vista em perspectiva.

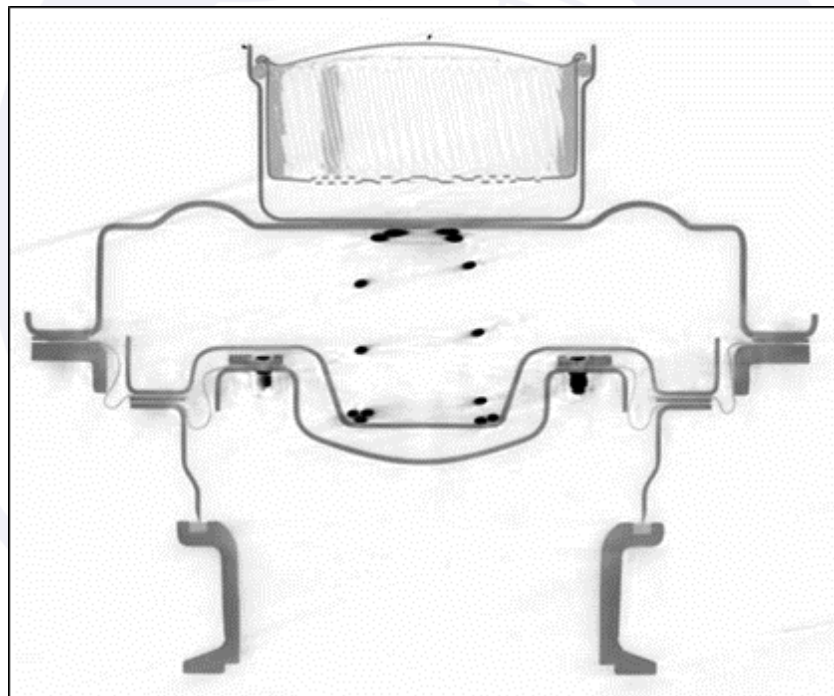


Figura 11 - Tomografia computadorizada da *Positive Relief Valve*. Vista da seção transversal.

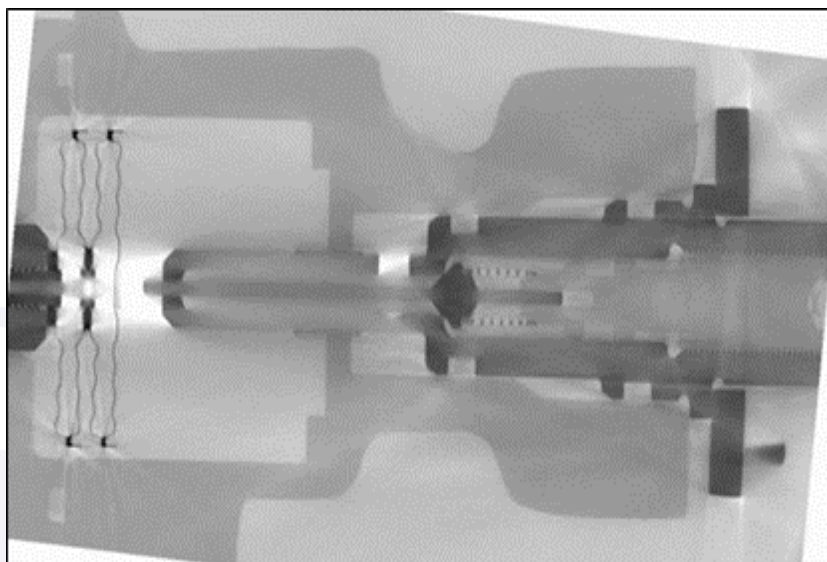


Figura 12 - Tomografia computadorizada da agulha da *Positive Relief Valve*.

A tomografia computadorizada não revelou qualquer objeto estranho ou condição que pudesse causar a abertura da válvula em voo.

Em seguida, foi realizado um teste funcional na *Positive Relief Valve*, que consistia em inspeção visual e testes elétricos, de pressurização e vedação.

Foram verificadas as seguintes condições na inspeção visual:

- condição geral: não aprovada no critério de corrosão;
- filtro de ar: não aprovada no critério de limpeza;
- portas de pressão da válvula de controle: não aprovada no critério de limpeza e quanto à presença de poeira; e
- anel de vedação: não aprovada no critério quanto à presença de poeira.

Não foram encontradas falhas nos testes de pressurização e de vedação.

Após os testes funcionais, a Unidade Controladora da *Positive Relief Valve* foi desmontada e inspecionada.

Os parâmetros da força de resistência da mola e de vazamento da agulha da Unidade Controladora estavam de acordo com os valores estabelecidos em manuais. Não foram encontrados defeitos ou irregularidades mecânicas no interior da unidade. Verificou-se, apenas, a presença de pequenos pontos de contaminação na região indicada nas Figuras 13 e 14, a seguir:



Figura 13 - Desmontagem da agulha da Unidade Controladora. Em destaque, local onde foram encontrados indícios de contaminação.



Figura 14 - Pequenos pontos de contaminação na parte interna da Unidade Controladora.

A cápsula de pressão da Unidade Controladora também foi desmontada e examinada. A parede no interior da cápsula estava contaminada por resíduos de material sólido, conforme mostrado nas Figuras 15, 16 e 17, a seguir:

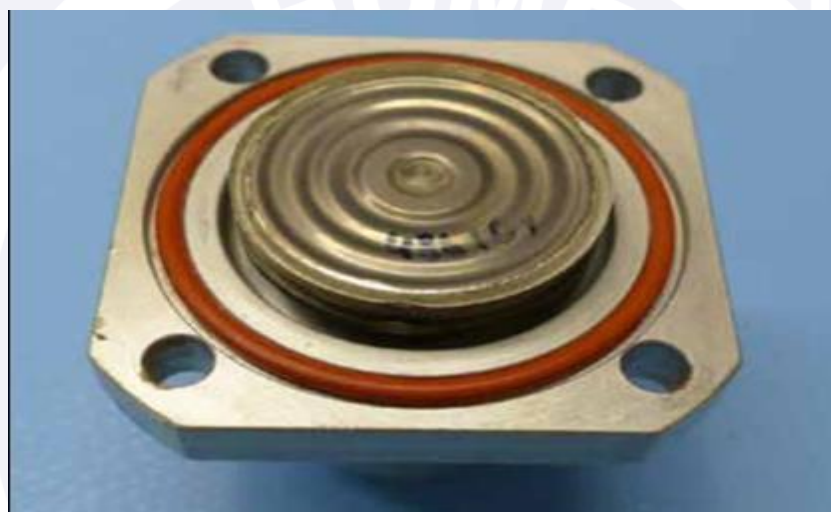


Figura 15 - Vista geral da cápsula de pressão.

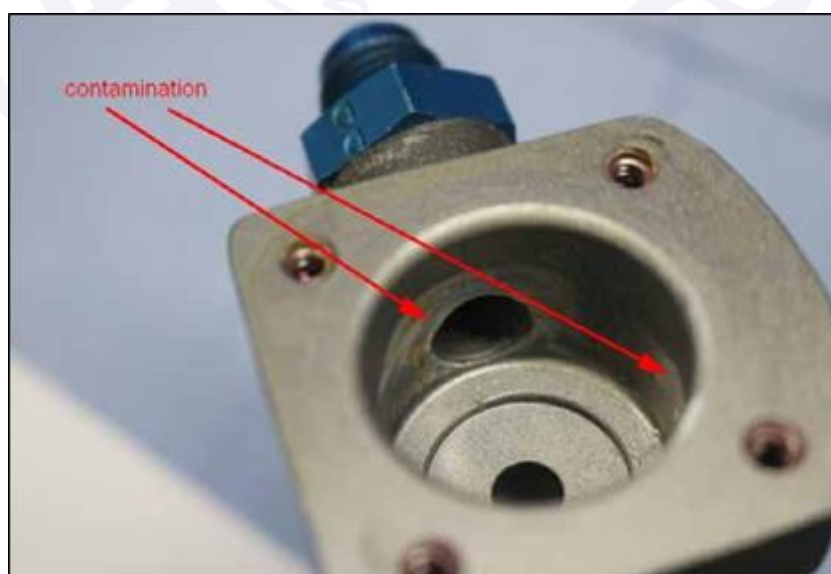


Figura 16 - Pontos de contaminação no interior da cápsula de pressão (Vista 1 de 2).

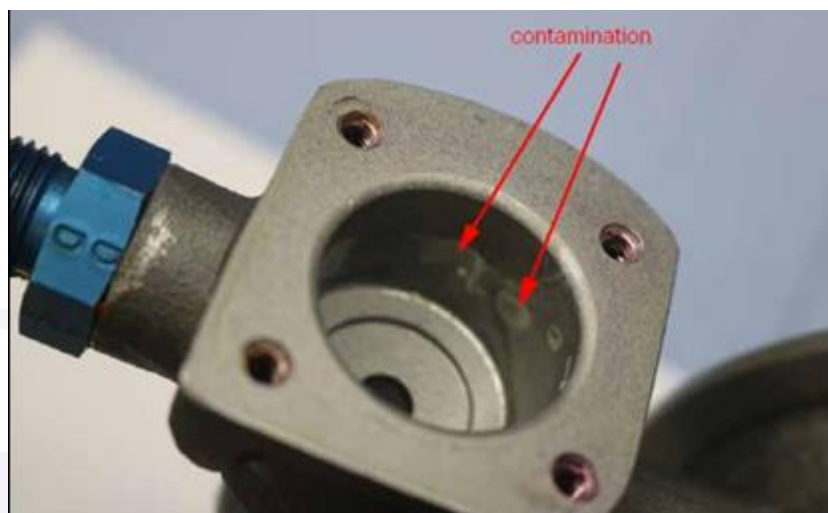


Figura 17 - Pontos de contaminação no interior da cápsula de pressão (Vista 2 de 2).

Por fim, foi realizada uma simulação da abertura da *Positive Relief Valve* nas condições de voo da ocorrência, segundo os parâmetros mostrados a seguir:

- área de vazamento da aeronave: $0,000918 \text{ m}^2$ (o fluxo cúbico de vazamento varia de acordo com o diferencial de pressão);
- fluxo de entrada configurado a 85%: 80 lb/min;
- condições iniciais estáveis de cruzeiro: 35.000 ft e altitude de cabine de 8.000 ft;
- simulação de abertura da válvula: entrada rampa de 3s; e
- área adicional de vazamento com a *Positive Relief Valve* totalmente aberta. $0,00568 \text{ m}^2$ (varia em função do diferencial de pressão).

O resultado da simulação é mostrado na Figura 18. A linha vermelha representa os dados extraídos na NVM da CPC e a linha azul os dados da simulação utilizando os parâmetros da simulação.

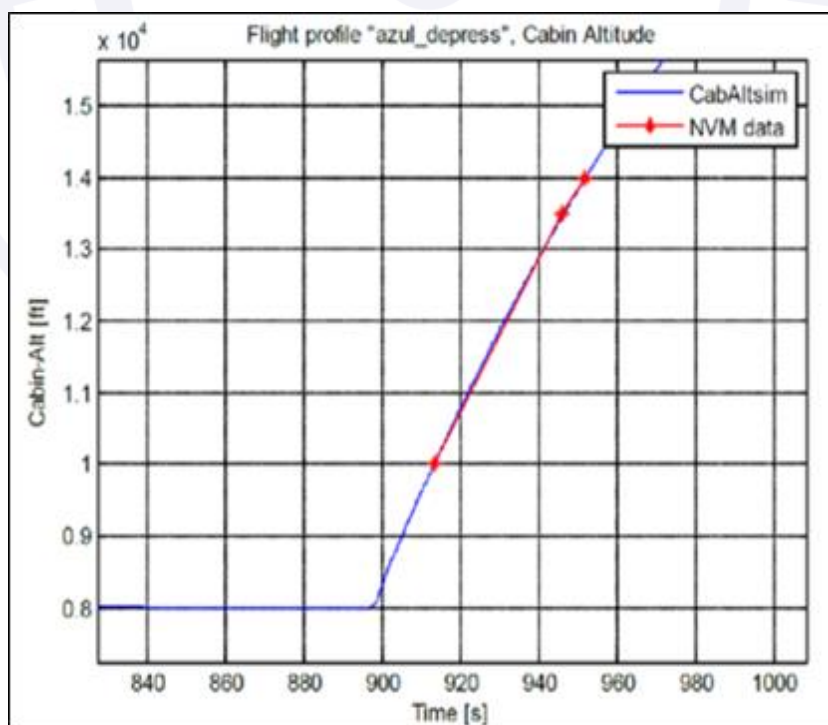


Figura 18 - Simulação da despressurização com a abertura da *Positive Relief Valve* realizada pelo fabricante do componente.

Adicionalmente, foi realizado um teste em outra aeronave para a medição da temperatura da *Positive Relief Valve* durante o voo.

Foram instalados, na válvula, um total de cinco medidores de temperatura denominados *I-buttons*, conforme mostrado na Figura 19.

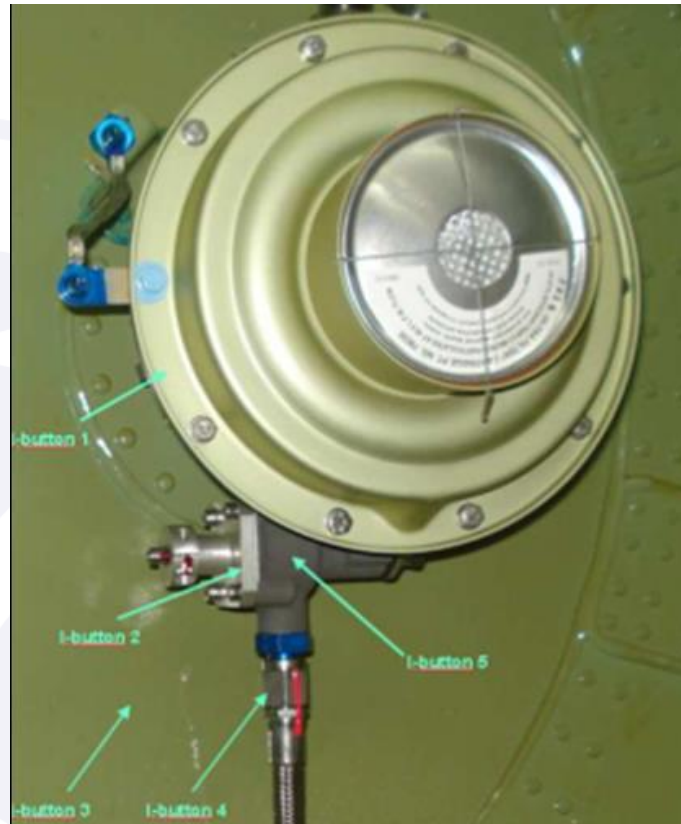


Figura 19 - Locais de instalação dos *I-buttons* em uma *Positive Relief Valve*.

Os testes em voo com os *I-buttons* instalados na *Positive Relief Valve* mostraram que valores abaixo de 0°C foram atingidos após uma hora de voo em temperaturas negativas medidas pelo sensor *Total Air Temperatura* (TAT - temperatura verdadeira).

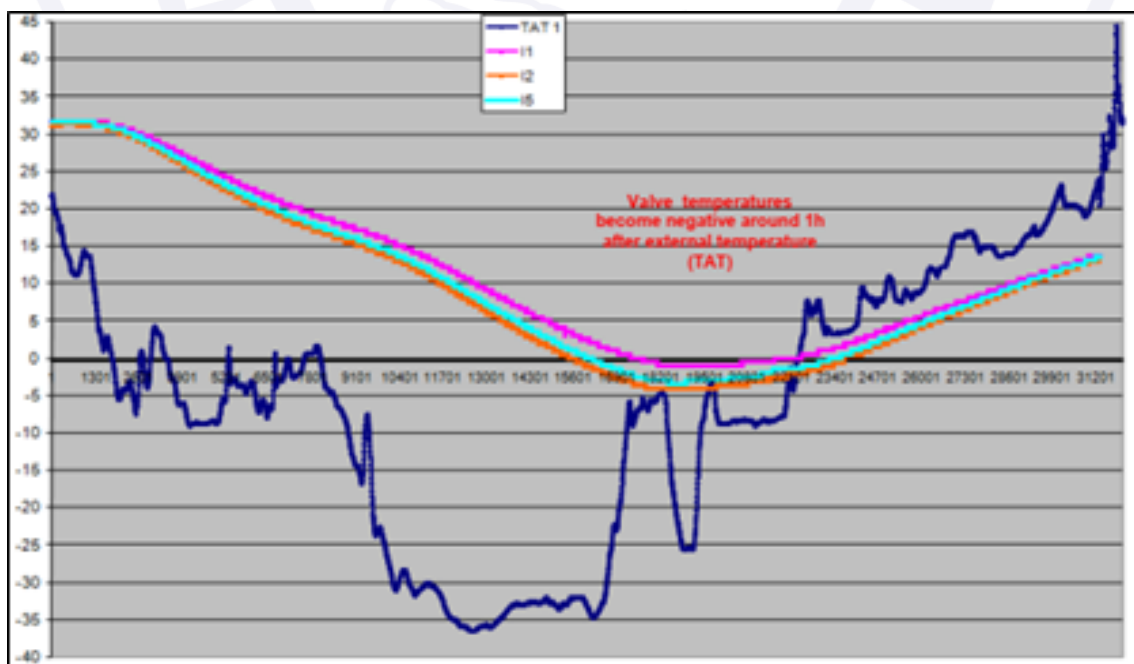


Figura 20 - Comparativo entre a medição dos sensores de temperatura da *Positive Relief Valve* e a temperatura externa.

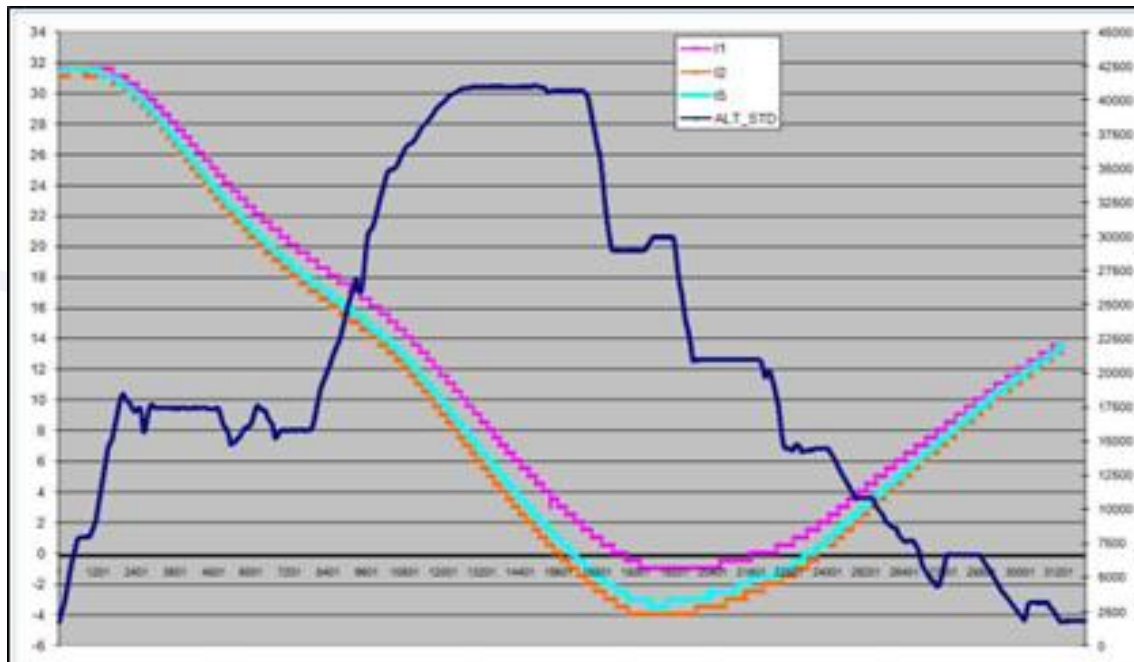



Figura 21 - Comparativo entre a medição dos sensores de temperatura da *Positive Relief Valve* e a altitude da aeronave.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Nada a relatar.

1.18. Informações operacionais.

A perda de pressurização da aeronave gerou a mensagem *Cabin Altitude Hi*. Para essa mensagem de falha era prevista a realização dos procedimentos mostrados na Figura 22.



EMERGENCY AND ABNORMAL PROCEDURES

AMS (PNEUMATIC/AIR COND/PRESSURIZATION)

CABIN ALTITUDE HI

EICAS Indication: Cabin Altitude indication in red.
Aural Warning: CABIN

Crew Oxygen Masks.....	DON, 100%
Crew Communication.....	ESTABLISH
Altitude.....	10000 ft or MEA, WHICH-EVER IS HIGHER
Thrust Levers.....	IDLE
Speed Brake.....	FULL OPEN
Airspeed.....	MAX/ APPROPRIATE
Transponder.....	7700
ATC.....	NOTIFY

Cabin Altitude..... MONITOR

CABIN ALTITUDE REACHES 14500 ft? No

↓ Yes

Passenger Oxygen Selector..... OVRD

↓

At 10000 ft:

Pressurization DUMP Button..... PUSH

IFE Rack button..... PUSH OUT

END

Figura 5 - Checklist relativo à falha *Cabin Altitude Hi*. Fonte: *Aircraft Flight Manual Revision 12*.

19 de 23

Os procedimentos foram executados pela tripulação e foi coordenado o pouso em SBSV sem maiores intercorrências.

1.19. Informações adicionais.

O fabricante da aeronave informou que constava em seus registros, além da ocorrência em tela, apenas mais um evento de abertura da *Positive Relief Valve* e despressurização da aeronave em voo.

Ainda, segundo informações do fabricante, a frota de aeronaves desse modelo acumulava mais de 32 milhões de horas de voo. Logo, a taxa de falha aferida seria de aproximadamente $6,2 \times 10^{-8}$ de ocorrências por hora de voo, menor que a taxa prevista para eventos dessa natureza cuja classificação de severidade seria *major*.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de transporte regular de passageiros entre SBCT e SBRF.

Após, aproximadamente, duas horas de voo, quando a aeronave estava em cruzeiro no FL370, a altitude de cabine passou de 8.000 ft para 18.050 ft em dois minutos e três segundos, período em que os dados dos gravadores de voo registraram a *Positive Relief Valve* na posição aberta.

A abertura da *Positive Relief Valve* ocasionou a saída do ar pressurizado da aeronave elevando, dessa forma, a altitude de cabine. O CPCS detectou esse incremento da altitude de cabine e comandou o fechamento total da OFV (válvula responsável pelas trocas de ar da cabine).

Apesar de a OFV estar totalmente fechada, a entrada de ar comprimido proveniente dos motores não foi capaz de suprir a perda de pressurização ocasionada pela abertura da *Positive Relief Valve*.

O comportamento lógico do CPCS permite afastar qualquer contribuição desse componente para a sequência de eventos da despressurização da aeronave, a despeito da resistência referente à cobertura do componente fora dos valores previstos encontrados nos testes de bancada.

Os exames realizados na OFV estavam dentro dos parâmetros estabelecidos, permitindo descartar, também, qualquer contribuição desse componente para a despressurização da aeronave.

A *Positive Relief Valve* possuía a função de proteger a estrutura da aeronave de diferencial de pressão acima dos valores calculados no projeto, que eram de 8,66 psid (597 hPa).

No momento da abertura da *Positive Relief Valve*, o diferencial de pressão entre a cabine e o ambiente externo era de 7,78 psid (536 hPa). Logo, houve uma abertura prematura da válvula.

Testes em voo realizados em outra aeronave, com sensores de temperatura instalados na *Positive Relief Valve*, mostraram que valores abaixo de 0°C foram atingidos após uma hora de voo em temperaturas de cruzeiro e atitudes típicas desse modelo de aeronave.

Dessa forma, é possível que as condições para condensação de umidade e formação de gelo no interior da válvula também estivessem presentes neste evento.

Os testes realizados na *Positive Relief Valve*, PN: 21615-02 e SN: 09112694, mostraram indícios de contaminação por resíduos de material sólido na cápsula de pressão da Unidade Controladora, sem a identificação de qualquer corpo estranho à válvula, corroborando com a hipótese de que houve formação de gelo em voo, quando as condições eram propícias e, no momento em que estas já não estavam mais presentes, houve o derretimento do gelo.

Com base nos indícios de material sólido encontrados na Unidade Controladora da *Positive Relief Valve*, foram identificados três modos de falha nos quais a formação de gelo resultaria em uma abertura com diferencial de pressão menor do que o previsto:

- formação de gelo no interior da câmara da válvula controladora causando deslocamento da cápsula de pressão;
- formação de gelo entre a cápsula de pressão e a agulha da Unidade Controladora, resultando na diminuição do espaço entre as duas peças; e
- formação de gelo no interior da cápsula de pressão, resultando em sua deformação.

Os modos de falha são mostrados em destaque na Figura 23 representados pelos códigos 02.02, 02.03 e 02.04, respectivamente.

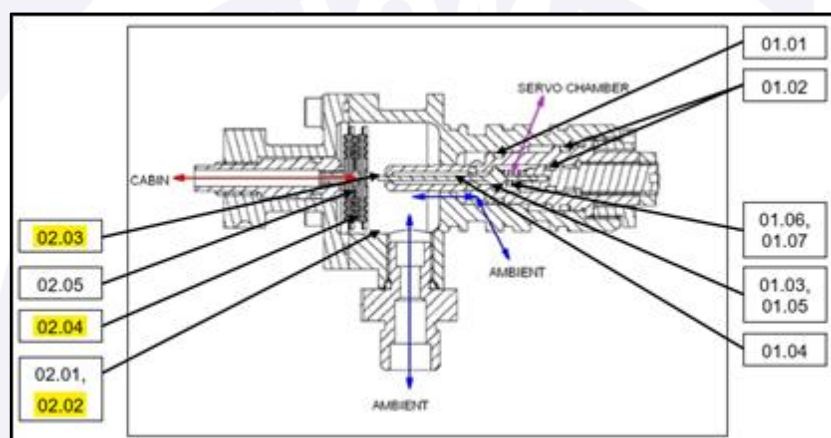


Figura 23 - Modos de falha na Unidade Controladora da *Positive Relief Valve* levantados pelo fabricante do componente.

Além desses três modos de falha mencionados, foram levantados outros nove relacionados à controladora da *Positive Relief Valve* e outros doze relacionados à servo câmara da válvula.

Dentre os três modos, os dois primeiros foram considerados mais prováveis e o terceiro foi considerado pouco provável devido à ausência de sinais de deformação na cápsula de pressão.

Em todas essas situações, haveria o deslocamento da agulha da Unidade Controladora, permitindo a passagem de ar entre o ambiente externo e a servo câmara e, conseqüentemente, a abertura prematura da *Positive Relief Valve*.

Não foi possível estabelecer a origem do acúmulo de água no interior da válvula que possibilitasse a formação de gelo para uma abertura da válvula em um diferencial de pressão abaixo do previsto.

Era possível a formação de gelo pelo processo de solidificação da umidade acumulada no seu interior. No entanto, em condições normais, o volume de água não era suficiente para causar a abertura da *Positive Relief Valve* em um diferencial abaixo do especificado. O acúmulo de água era drenado por tubulações da aeronave quando ela estava fora das condições de formação de gelo.

Não foram encontrados indícios de ações de manutenção que pudessem ter contribuído para o evento, tendo em vista que a aeronave voou 60 horas entre a inspeção “*Heavy Check*”, na qual foram realizados testes funcionais na válvula, e o voo da ocorrência.

Após a abertura da *Positive Relief Valve*, a ação cabível para a tripulação era a descida de emergência, a qual foi realizada assim que a mensagem *High Cabin Alt* foi exibida.

A tripulação declarou emergência e solicitou prioridade para pouso. A descida e o pouso no Aeródromo de SBSV ocorreram sem intercorrências.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos estavam com as habilitações de aeronave tipo E179 e IFRA válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) os registros técnicos de manutenção encontravam-se atualizados;
- g) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- h) houve a abertura da *Positive Relief Valve* com diferencial de pressão de 7,78 psid (536 hPa);
- i) a *Positive Relief Valve* permaneceu aberta por dois minutos e três segundos;
- j) a altitude de cabine atingiu 18.050 ft;
- k) houve a mensagem de altitude de cabine alta (*High Cabin Alt*);
- l) houve a queda automática das máscaras de oxigênio;
- m) foi realizada uma descida de emergência;
- n) a tripulação declarou emergência e solicitou prioridade para pouso;
- o) foi realizado o pouso em SBSV sem intercorrências;
- p) havia indícios de contaminação na Unidade Controladora da *Positive Relief Valve*;
- q) testes em voo em outra aeronave mostraram que valores abaixo de 0°C foram atingidos na *Positive Relief Valve* após uma hora de voo em temperaturas negativas;
- r) a aeronave não teve danos; e
- s) todos os ocupantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Projeto - indeterminado.**

Não foi possível determinar a origem do acúmulo de água no interior da válvula, o qual levaria a um processo de formação de gelo na *Positive Relief Valve*. Tal condição desencadearia a abertura da válvula com um diferencial de pressão menor do que o previsto com a consequente despressurização da aeronave.

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”.

Não há.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Nada a relatar.

Em, 27 de maio de 2022.

