



COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



ADVERTÊNCIA

O único objetivo das investigações realizadas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é a prevenção de futuros acidentes aeronáuticos. De acordo com o Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional (Convenção de Chicago) de 1944, da qual o Brasil é país signatário, não é propósito desta atividade determinar culpa ou responsabilidade. Este Relatório Final Simplificado, cuja conclusão baseia-se em fatos, hipóteses ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso deste Relatório Final Simplificado para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos à Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Este Relatório Final Simplificado é elaborado com base na coleta de dados, conforme previsto na NSCA 3-13 (Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro) e foi disponibilizado à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando à identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação

RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS

DADOS DA OCORRÊNCIA									
DATA - HORA		INVESTIGAÇÃO				SUMA N°			
07SET2019 - 20:02 (UTC)		SERIPA III				A-128/CENIPA/2019			
CLASSIFICAÇÃO		TIPO(S)							
ACIDENTE		[SCF-PP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR							
LOCALIDADE		MUNICÍPIO		UF		COORDENADAS			
TREVO DE PIRACEMA		ITAGUARA		MG		20°25'58"S		044°33'09"W	

DADOS DA AERONAVE		
MATRÍCULA	FABRICANTE	MODELO
PP-CHB	CESSNA AIRCRAFT	152
OPERADOR	REGISTRO	OPERAÇÃO
CHB ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTD.	PRI	INSTRUÇÃO

PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE								
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE	
		Illeso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido		
Tripulantes	2	2	-	-	-	-		Nenhum
Passageiros	-	-	-	-	-	-		Leve
Total	2	2	-	-	-	-	X	Substancial
								Destruída
Terceiros	-	-	-	-	-	-		Desconhecido

1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou do Aeródromo Brigadeiro Antônio Cabral (SNDV), Divinópolis, MG, com destino ao Aeródromo das Bandeirinhas (SNKF), Conselheiro Lafaiete, MG, por volta das 19h40min (UTC), a fim de realizar voo de instrução, com dois pilotos a bordo.

Com cerca de vinte minutos de voo, a aeronave apresentou oscilação no funcionamento do motor. Os pilotos iniciaram os procedimentos de *checklist* e realizaram um pouso forçado às margens de uma rodovia, no trecho de Piracema, no município de Itaguara, MG.

A aeronave teve danos substanciais. Os dois pilotos saíram ilesos.



Figura 1 - Vista da aeronave no local do acidente.

2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

O Piloto em Comando (PIC), que atuava como Instrutor (IN), possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) vigente. Porém, a sua habilitação de Instrutor de Voo - Avião (INVA) estava fora da vigência desde junho de 2019. Ele contava com cerca de 300 horas totais de voo e, aproximadamente, 200 horas de voo no modelo acidentado. O IN estava atuando como *Pilot Flying* (PF) no momento do acidente.

O piloto em instrução possuía a licença de Piloto Privado - Avião (PPR) e estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) vigente. Ele tinha por volta de 120 horas de voo, todas no mesmo modelo da aeronave envolvida no acidente.

Os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) de ambos os pilotos estavam vigentes.

A aeronave, modelo Cessna 152, monomotora e asa alta, número de série 15280540, foi fabricada pela Cessna Aircraft, em 1977, e estava inscrita na Categoria de Registro Privada - Instrução (PRI). A sua Inspeção Anual de Manutenção (IAM) estava válida e operava dentro dos limites de peso e balanceamento.

As condições meteorológicas estavam acima das mínimas para a realização do voo.

Na verificação visual externa depois do acidente, o motor *Lycoming*, modelo O-235-L2C, número de série L-16985-15, que equipava o PP-CHB, não se encontrava com avarias severas decorrentes do pouso forçado.

Nas verificações realizadas no sistema de ignição do motor, os magnetos e as velas não apresentaram evidências de mau funcionamento.

Constatou-se, porém, que o carburador instalado, modelo MA-3PA, *Part Number* (PN - número de parte) 10-5257, não correspondia ao aprovado para o motor *Lycoming* que equipava a aeronave (Figuras 2, 3 e 4).



Figura 2 - Carburador e plaqueta de identificação.

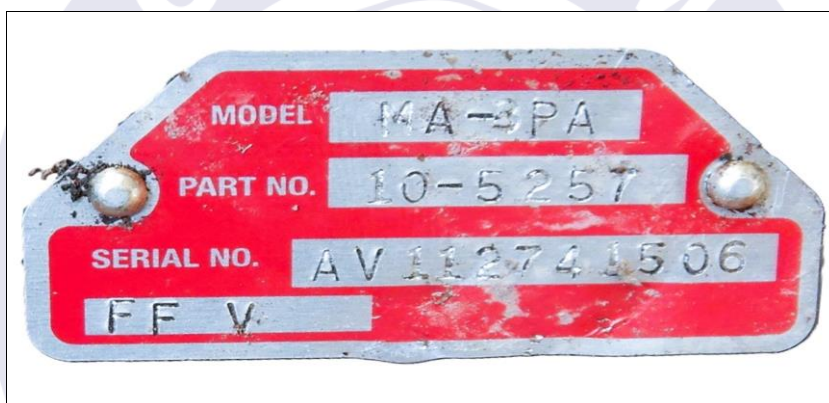


Figura 3 - Dados do carburador na plaqueta de identificação.

FUEL DISTRIBUTION						
FIGURE 26 - CARBURETOR ASSEMBLY						
Figure Item	Code	Part Number	Description	Units per Assembly		
				L2A	L2C	
1		60592	GASKET, Carburetor	1	1	
2	V	61A26383	CARBURETOR, MA-3PA V AV 10-5220	1	1	
	V	LW-15496	CARBURETOR, MA-3PA V 10-5199		1	
	V	61A26385	CARBURETOR, MA-3PA V AV 105267		1	
3		STD-8	WASHER, 1/4 plain	4	4	
4		STD-160	WASHER, 1/4 lock, internal teeth	4	4	
5		STD-1411	NUT, 1/4-20 plain	4	4	
V Vendor Prime Manufacturer part						

Figura 4 - Descrição e PN de carburador.
Fonte: catálogo de peças da aeronave.

Esse PN de carburador era previsto para o motor de modelo O-235-H2C, de mesmo fabricante, para o qual a *Type Certificate Data Sheet* (TCDS - ficha de dados de certificação de tipo), nº E-223, da *Federal Aviation Administration* (FAA) apresentava a potência máxima contínua de 108 hp; enquanto para o modelo de motor que equipava o PP-CHB, esse parâmetro era de 115 hp.

O mapa informativo de controle de componentes da aeronave, datado de 01AGO2019 e emitido pela CHB Escola de Aviação Civil Ltd., contemplava a instalação desse PN em 17MAR2016, com *Serial Number* (SN - número de série) AV112741506. Contudo, não foram identificados dados técnicos aprovados para a realização da instalação do carburador PN 10-5257 no avião, nas respectivas cadernetas de célula e de motor apresentadas.

É possível concluir, portanto, que a instalação, em 2016, de um carburador não previsto, aplicável a um motor com regime de potência menor que o do PP-CHB, tenha afetado a capacidade do projeto aprovado.

Sobre a realização de alterações na célula, motor, hélice, acessório, componente ou suas partes, o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 43, emenda nº03, de 14MAR2019, vigente à época do acidente, estabelecia o seguinte:

A43.1 Grandes alterações, grandes reparos e manutenção preventiva

(a) Grandes alterações

[...] (1) (xii) **alterações no projeto básico dos sistemas** elétrico, aviônico, hidráulico, **de combustível**, de óleo, de refrigeração, de aquecimento, de pressurização, de degelo ou de exaustão; [...] **(grifo nosso)**

43.7 Pessoas autorizadas a aprovar o retorno ao serviço de um artigo após manutenção, manutenção preventiva, reconstrução e alteração

[...] (i)-I Uma pessoa somente pode aprovar o retorno ao serviço de um artigo que tenha sido submetido a grande reparo ou **grande alteração** se ela for autorizada conforme esta seção e **se estes serviços foram executados com base em dados técnicos aprovados**, exceto como previsto no parágrafo 43.1(d). [...] **(grifo nosso)**

A verificação visual interna, por sua vez, também revelou que o eixo da borboleta do carburador se encontrava com folga excessiva (Figura 5).

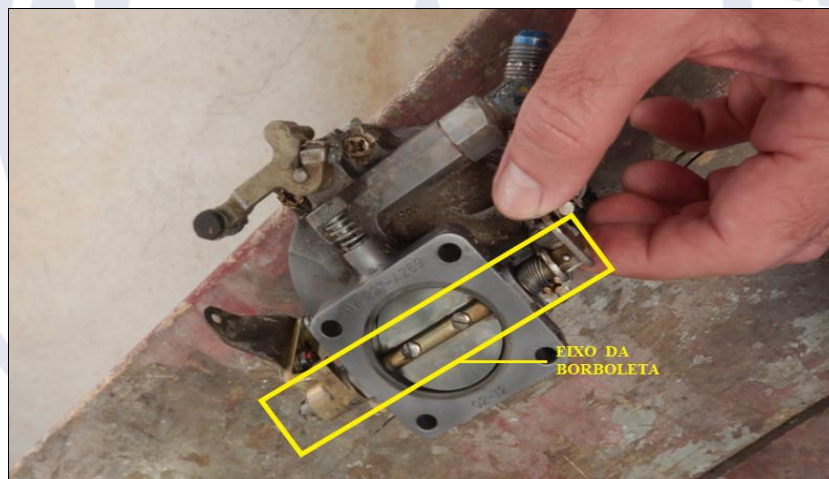


Figura 5 - Detalhe da borboleta do carburador.

No entanto, não foi encontrado o lançamento dessa situação técnica sobre o carburador instalado, nem ação de manutenção corretiva associada, tanto nas cadernetas de célula, quanto de motor da aeronave.

No que se refere à realização de adequada manutenção na aeronave, o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 91, emenda 91-12 e alterações aprovadas até 07AGO2019, vigente à época do acidente, estabelecia o seguinte em sua seção 91.405:

91.405 Manutenção requerida

Cada proprietário ou operador de uma aeronave:

(a) deve ter essa aeronave inspecionada como estabelecido na subparte E deste regulamento e deve, entre inspeções obrigatórias, exceto como previsto no parágrafo (c) desta seção, **reparar discrepâncias que eventualmente apareçam, conforme previsto no RBHA 43;**

(b) **deve assegurar-se que o pessoal de manutenção fez as anotações apropriadas nos registros de manutenção de aeronave, indicando que a mesma foi aprovada para retorno ao serviço;**

[...] (grifo nosso)

O exame do motor incluiu, por sua vez, a realização de rotação manual do seu eixo de manivelas, na qual observou-se que o cilindro nº 1 estava sem compressão.

Com a desmontagem da válvula de escape, ficou evidenciado que havia terra no duto de escape e na sede da válvula, o que impedia o seu fechamento completo e permitia vazamento no processo de compressão da mistura ar-combustível e do gás resultante da queima dessa mistura, sem produzir trabalho (Figuras 6 e 7).

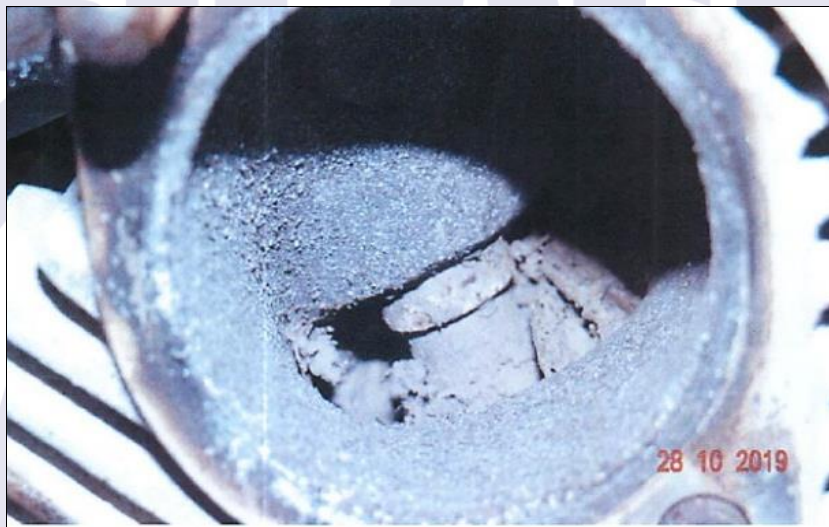


Figura 6 - Válvula de escape do cilindro nº 1 do motor, destaque para presença de terra.

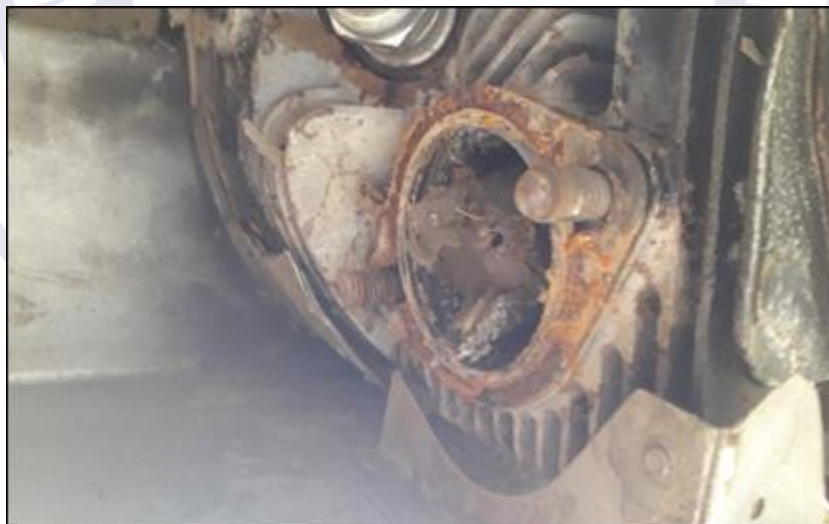


Figura 7 - Duto de escape do cilindro nº 1 do motor.

Depois da limpeza do duto de escape e da válvula, bem como da reinstalação, o motor foi submetido a teste funcional, tendo então apresentado compressão nos quatro cilindros e funcionamento com desenvolvimento de potência nos regimes ao qual foi submetido.

Diante dessas constatações, a Comissão de Investigação passou, portanto, a considerar a hipótese de formação de gelo no carburador durante o voo da ocorrência.

No dia do acidente, as condições meteorológicas se encontravam com vento leve, sem chuva e não indicavam restrições à visibilidade.

A partir de dados climatológicos de quatro estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) captados no dia, horário e no entorno do local do acidente, inferiu-se a temperatura do ponto de orvalho e a temperatura atmosférica na altitude da ocorrência, ou seja, aproximadamente 6.000 ft.

Para tanto, considerou-se decréscimo médio da temperatura com a altitude, de 6,5°C a cada 1.000 m, na atmosfera padrão, conforme mencionado no tópico 5.8 do *Aviation Weather Handbook* (Manual sobre Meteorologia para Aviação) nº FAA - H - 8083 - 28A, de 2024, proporcionando então a obtenção dos valores a seguir:

- para a estação automática do INMET em Divinópolis, MG, a cerca de 24 NM a noroeste do local da ocorrência, a temperatura do ar (bulbo seco) foi estimada em 21,7°C e a temperatura do ponto de orvalho em 6,2°C;
- para a estação automática Florestal do INMET em Pará de Minas, MG, a cerca de 33 NM ao norte do local da ocorrência, a temperatura do ar (bulbo seco) foi estimada em 21,2°C e a temperatura do ponto de orvalho em 5,4°C;
- para a estação automática do INMET em Ibirité, MG, a cerca de 39 NM a nordeste do local da ocorrência, a temperatura do ar (bulbo seco) foi estimada em 22,7°C e a temperatura do ponto de orvalho em 7,7°C; e
- para a estação automática do INMET em Oliveira, MG, a cerca de 24 NM a sudoeste do local da ocorrência, a temperatura do ar (bulbo seco) foi estimada em 18,3°C e a temperatura do ponto de orvalho em 6,6°C.

Conforme a plotagem dos pontos 1 a 4 apresentada na Figura 8, a partir do gráfico constante no tópico 9.6.10.2.1, do Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6 - Manual de Investigação do SIPAER, de 2017, é possível perceber que, a 6.000 ft, as condições de temperatura e de umidade eram favoráveis à formação de gelo no carburador, considerando a correção de temperatura pela altitude citada acima e utilizando quaisquer estações do INMET como referência.

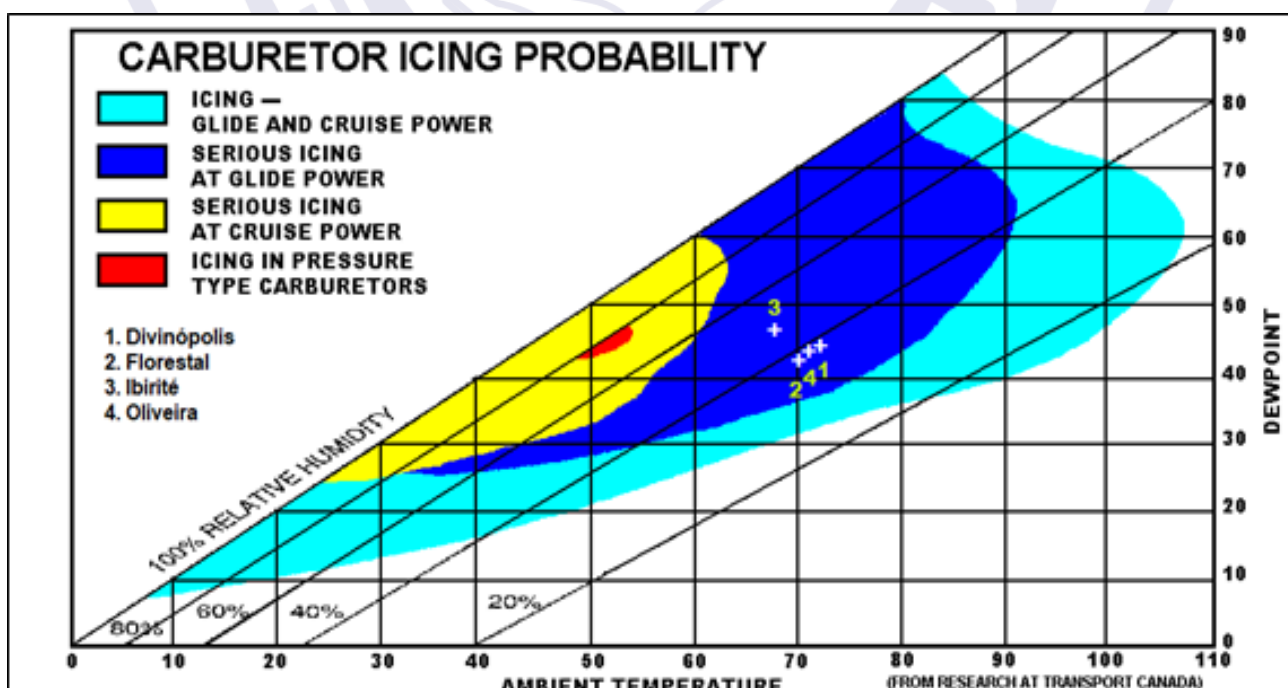


Figura 8 - Gráfico da probabilidade de congelamento do carburador.
Fonte: adaptado do MCA 3-6 SIPAER (2017).

Sobre isso, a FAA mencionava no *Special Airworthiness Information Bulletin* (Boletim Especial de Informação de Aeronavegabilidade) nº CE-09-35, de 30JUN2009, que muitos acidentes ocorreram devido à presença de gelo no carburador; e que o uso adequado do aquecimento do componente preveniria tal formação.

Com relação a essa condição na operação de motores *Lycoming*, a Instrução de Serviço do fabricante nº 1148C, de 12OUT2007, esclarecia que devido à alta velocidade do ar através do *venturi* do carburador e à absorção de calor pela vaporização do combustível, o resfriamento do ar poderia causar a formação de gelo em certas condições atmosféricas de umidade, em temperaturas que poderiam atingir 30°C. A referida instrução de serviço informava, ainda, que a formação de gelo poderia iniciar-se nas vizinhanças da borboleta desse componente e acumular-se de maneira a resultar na perda de potência, condição que poderia causar a parada completa do motor caso não fosse corrigida.

Corroborando com o tema, foram definidos padrões de aeronavegabilidade pela FAA, os quais contemplaram requisitos para aprovação de projeto, aplicáveis ao motor *Lycoming O-235-L2C*, que equipava o PP-CHB, na subparte B dos *Civil Air Regulations Part 13* (CAR - regulamentos civis do ar parte 13), emenda de 15JUN1956.

Segundo requisitos dessa subparte, as passagens de admissão do motor deveriam ser projetadas e construídas de modo a minimizar o perigo de formação de gelo, assim como utilizar-se de meios de prevenção da formação de gelo.

CAR Part 13, As Amended to June 15, 1956

SUBPART B - RECIPROCATING ENGINES

DESIGN AND CONSTRUCTION

13.110 Fuel and Induction System

(b) The intake passages of the engine through which air or fuel in combination with air passes for combustion purposes shall be designed and constructed to minimize the danger of ice accretion in such passages. The engine shall be designed and constructed to permit the use of a means for ice prevention.

O fabricante da aeronave, por sua vez, também informava no *Cessna 152 Pilot's Operating Handbook* (POH - manual de operação do piloto), seção 3 - "Procedimentos de Emergência" (Figura 9), que uma gradual perda de RPM e um eventual funcionamento áspero do motor poderiam ser consequência da presença de gelo no carburador; e que o punho de acionamento do aquecimento desse componente (*carb heat*) deveria ser puxado totalmente para remover o gelo, até que o motor funcionasse suavemente.

ROUGH ENGINE OPERATION OR LOSS OF POWER

CARBURETOR ICING

A gradual loss of RPM and eventual engine roughness may result from the formation of carburetor ice.

To clear the ice, apply full throttle and pull the carburetor heat knob full out until the engine runs smoothly; then remove carburetor heat and readjust the throttle. If conditions require the continued use of carburetor heat in cruise flight, use the minimum amount of heat necessary to prevent ice from forming and lean the mixture slightly for smoothest engine operation.

Figura 9 - Uso do aquecimento do carburador (*carb heat*).
Fonte: POH do Cessna 152.

O problema de formação de gelo em situações de voo foi abordado pela ANAC, em julho de 2020, com a publicação da "Análise Qualitativa dos Relatórios Finais das

Ocorrências com Aeronaves de Matrícula Brasileira nos Últimos 10 Anos (2010-2019) classificadas como Falha de Motor em Voo (SCF-PP)", a qual apresentava a seguinte observação:

O desconhecimento quanto ao problema de formação de gelo no carburador pode estar associado à pouca abordagem desse tema na formação prática do piloto, fundamentada na cultura equivocada de que o fenômeno é incomum dadas às condições climáticas brasileiras.

Muitos aviadores acreditam que a formação de gelo no carburador somente ocorre em atmosfera com temperatura próxima de 0°C, quando na verdade o problema pode ocorrer até mesmo a 35°C, sendo bastante provável em temperaturas abaixo de 17°C com média/alta umidade, o que não é uma condição incomum no Brasil.

Nesse contexto, é importante que o piloto, desde sua formação, seja doutrinado quanto à relevância desse fenômeno, identificando sua probabilidade previamente ao voo, tomando medidas preventivas durante o voo conforme probabilidade diagnosticada e sendo capaz de identificar problemas associados ao fenômeno.

Sugere-se, assim, ações de promoção pela ANAC, sobre formação de gelo no carburador, com a publicação de cartilhas (e.g. o trabalho *Piston Engine Icing* publicado em 2013 pela ECAST), e que a carta de probabilidade de formação de gelo no carburador (exemplo: *Carburettor icing-probability chart*) tenha seu uso incorporado durante a instrução prática, devendo ser consultada e debatida no *briefing* previamente à realização de cada voo.

Considerando a experiência e a possibilidade de ter sido submetido a formação prática com abordagem insuficiente sobre as ameaças relacionadas à formação de gelo, é provável que o PIC não tenha observado os meios de prevenir a presença de gelo no carburador da aeronave durante o voo, nas condições meteorológicas encontradas. Corrobora com a análise, o fato de a Comissão de Investigação ter encontrado o punho do *carb heat* na posição fechada (Figura 10).



Figura 10 - Posição off do carb heat.

Nesse cenário, portanto, as condições climáticas na área da ocorrência e a não utilização dos meios de aquecimento desse componente, podem ter levado ao acúmulo de gelo no carburador, ocasionando a perda de potência enfrentada pelos pilotos no dia acidente.

3. CONCLUSÕES

3.1. Fatos

- os pilotos estavam com os CMA em vigor;
- o IN estava com a habilitação MNTE em vigor e a INVA fora do período de vigência desde junho de 2019;

- c) o piloto em instrução estava com a habilitação MNTE em vigor;
- d) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- e) a IAM da aeronave estava válida;
- f) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) as escriturações das cadernetas de célula e motor não estavam atualizadas;
- h) as condições meteorológicas estavam acima das mínimas para a realização do voo;
- i) as verificações realizadas após a ocorrência constataram que o PN do carburador instalado não correspondia ao aprovado para o motor que equipava a aeronave;
- j) essas verificações revelaram que o eixo da borboleta do carburador instalado se encontrava com folga excessiva;
- k) o motor apresentou desenvolvimento de potência no teste funcional realizado depois do acidente;
- l) as condições meteorológicas eram favoráveis à formação de gelo no carburador;
- m) o punho do *carb heat* do carburador não estava acionado;
- n) com cerca de vinte minutos de voo, a aeronave apresentou oscilação no funcionamento do motor;
- o) a aeronave realizou um pouso de emergência às margens de uma rodovia;
- p) a aeronave teve danos substanciais; e
- q) os pilotos saíram ilesos.

3.2 Fatores Contribuintes

- Atitude - indeterminado;
- Condições meteorológicas adversas - indeterminado;
- Instrução - indeterminado; e
- Manutenção da aeronave - indeterminado.

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 acidentes aeronáuticos 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-128/CENIPA/2019 - 01

Emitida em: 22/04/2025

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação à CHB Escola de Aviação Civil Ltda., a fim de que o treinamento de pilotos assegure apropriada identificação da probabilidade da formação de gelo no carburador e riscos decorrentes, assim como a tomada de medidas preventivas durante o voo preconizadas no manual de voo aprovado

da aeronave, conforme probabilidade diagnosticada, objetivando elevar a segurança operacional das suas operações aéreas.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Nada a relatar.

Em 22 de abril de 2025.

