



**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 Civil (PSO-BR).

**RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO**

**1. INFORMAÇÕES FACTUAIS**

DADOS DA OCORRÊNCIA								
DATA - HORA		INVESTIGAÇÃO		SUMA N°				
27MAR2022 - 13:00 (UTC)		SERIPA IV		A-039/CENIPA/2022				
CLASSIFICAÇÃO		TIPO(S)						
ACIDENTE		[SCF-PP] FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR [RE] EXCURSÃO DE PISTA						
LOCALIDADE		MUNICÍPIO	UF	COORDENADAS				
FAZENDA BOA SORTE - USINA ALCOESTE		GUARANI D'OESTE	SP	20°06'25"S	050°22'27"W			
DADOS DA AERONAVE								
MATRÍCULA		FABRICANTE			MODELO			
PT-VXY		EMBRAER			EMB-202A			
OPERADOR			REGISTRO		OPERAÇÃO			
FAMA AVIAÇÃO AGRÍCOLA LTDA.			SAE-AG		AGRÍCOLA			
PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE								
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE	
		Ileso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido		
Tripulantes	1	1	-	-	-	-	Nenhum	
Passageiros	-	-	-	-	-	-	Leve	
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	X Substancial	
							Destruída	
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Desconhecido	

## 1.1. Histórico do voo

A aeronave decolou da área de pouso para uso aeroagrícola da Fazenda Boa Sorte, Guarani D'Oeste, SP, por volta das 13h00min (UTC), a fim de realizar um voo local de aplicação de defensivo agrícola, com um piloto a bordo.

Durante a decolagem, ainda sobre a pista, a aeronave apresentou perda de potência, vindo a pousar em frente. Durante a desaceleração no prolongamento da pista, o PT-VXY pilonou.

A aeronave teve danos substanciais e o tripulante saiu ileso.

## 2. ANÁLISE (Comentários / Pesquisas)

O Piloto em Comando (PIC) possuía a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM) e estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Piloto Agrícola - Avião (PAGA) válidas. Seu Certificado Médico Aeronáutico (CMA) estava válido. Ele estava qualificado e possuía experiência para a realização do voo.

A aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido e operava dentro dos limites de peso e balanceamento.

As cadernetas de célula, motor e hélice estavam com as escriturações atualizadas.

A aeronave possuía 1.644 horas e 6 minutos totais de voo, sua última verificação de aeronavegabilidade foi realizada em 21OUT2021, estando com 180 horas e 36 minutos voados após tal verificação.

O motor de marca *LYCOMING*, modelo IO-540-K1J5, número de série L-35180-48E, de 6 cilindros, possuía 1.645 horas e 54 minutos totais de voo e 1.097 horas e 54 minutos desde a sua última revisão geral.

A estação meteorológica CIAGRO - FERNANDÓPOLIS (V0367) do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, indicava uma temperatura de 23,8° C e umidade relativa do ar de 92,9% no momento do acidente.

Além disso, verificou-se a presença de nuvens na região por meio da imagem satélite, pelo reporte do piloto, bem como pelos registros fotográficos do operador (Figuras 1 e 2).

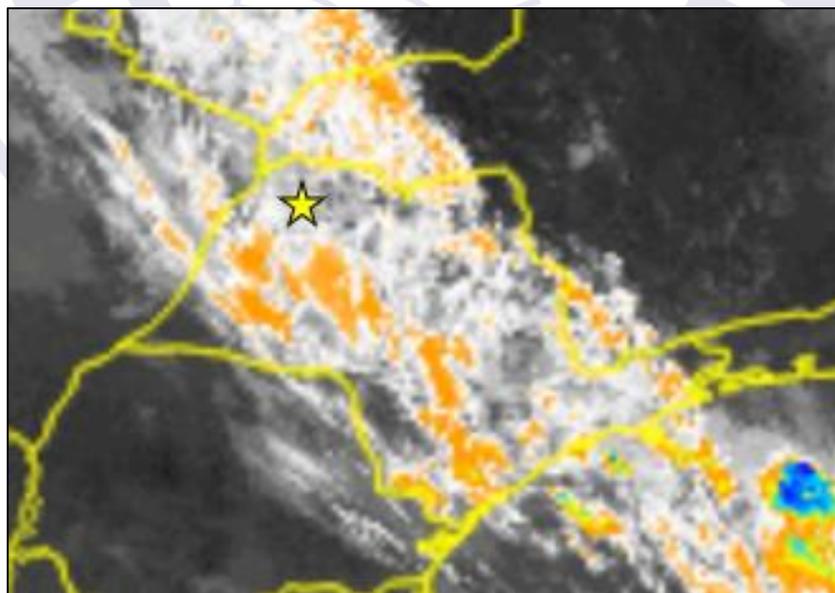


Figura 1 - Imagem de satélite realçada, com destaque para a posição aproximada do local do acidente, dia 27MAR2022, às 13h10min (UTC). Fonte: <https://www.redemet.aer.mil.br>



Figura 2 - Registro fotográfico feito pelo operador momentos após o acidente, com destaque para o céu encoberto de nuvens, com boa visibilidade horizontal e poça d'água acumulada, devido à chuva recente.

Dessa forma, foi possível constatar que as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo visual.

Segundo relato do PIC, os procedimentos pós-partida foram feitos, tendo aguardado o tempo de aquecimento dos parâmetros do motor e na sequência foi executada a decolagem. Momentos após sair do solo, o piloto experimentou uma perda repentina de potência do motor, tendo efetuado o pouso à frente, ainda dentro da pista.

Durante o procedimento de Ação Inicial, foi possível constatar ao menos nove marcas de impacto dos pneus na área de pouso, conforme ilustrado no croqui da Figura 3, indicando que a aeronave percorreu seus últimos metros realizando contatos intermitentes com a superfície (pouso saltitante), até a parada final, fora dos limites da área. Tal fato pode ter ocorrido devido às características do terreno, visto que a pista era de terra, possuía superfície irregular e apresentava ligeiro declive, com relação à direção do pouso.

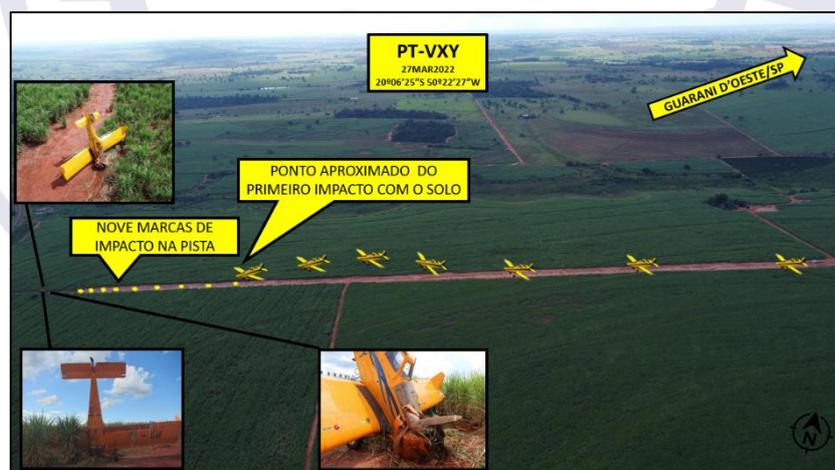


Figura 3 - Croqui do acidente.

Foi realizada a análise técnica do motor, com vistas à identificação dos fatores contribuintes para a sua falha.

Nesse sentido, esse motor era equipado com dois magnetos simples do tipo *Slick*, os quais eram responsáveis por alimentar as 12 velas de ignição, sendo duas em cada cilindro.

Cada magneto alimentava uma vela por cilindro, ou seja, um magneto alimentava a centelha das velas superiores e o outro a das velas inferiores.

<b>Magneto simples (Motor IO-540-K1J5)</b>	
TCM/Bendix	TCM 10-349290-1 (Modelo SLN1208) (esq.)
	TCM 10-349310-1 (Modelo S6LN1209) (dir)
SLICK	66LR37SCNN) Modelo 6393 (esq)
	66LP-OSCNN (Modelo 6350) (dir)
Avanço da Centelha	20° APMA

Figura 4 - Manual de Serviços MS-202A/2005, Revisão 18, de 11DEZ2017, com o valor do avanço da centelha para a calagem dos magnetos.

De acordo com o Manual de Serviços MS-202A/2005, Revisão 18, de 11DEZ2017, Figura 4, e a plaqueta de identificação do motor, Figura 5, o avanço da centelha para a calagem dos magnetos era de 20° APMA (Antes do Ponto Morto Alto de compressão).

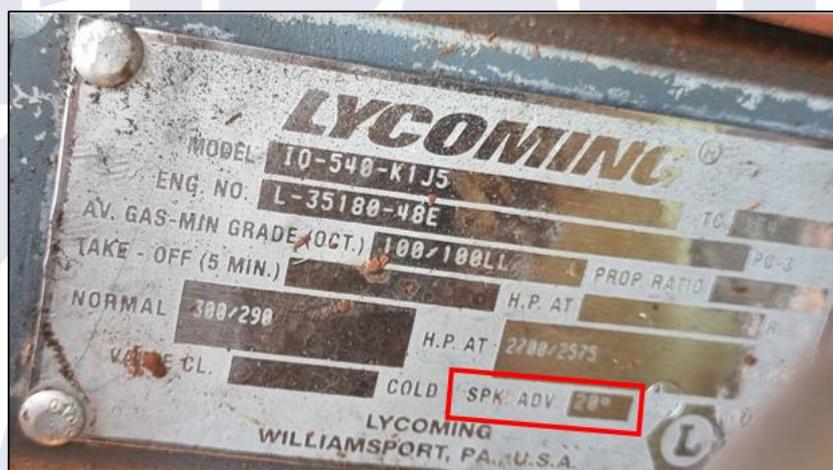


Figura 5 - Em destaque o valor do avanço da centelha para a calagem dos magnetos na plaqueta do motor.

Durante a análise do motor, foi verificado que o magneto esquerdo estava com o avanço da centelha em 22° APMA e o magneto direito estava com 25° APMA, estando fora do previsto em manual.

Os magnetos são geradores de corrente alternada que produzem a centelha necessária na câmara de combustão, iniciando assim o processo de combustão no ciclo do motor. Atrelado ao seu funcionamento, o sincronismo preciso dos magnetos desempenha um papel crucial no funcionamento eficiente e seguro de motores a combustão.

Esse sincronismo dos magnetos é ajustado em relação ao ciclo de operação do motor (admissão, compressão, combustão/expansão e exaustão) para garantir que a centelha ocorra no momento ideal, durante a fase de compressão.

Dessa forma, o “avanço da centelha” refere-se ao ajuste preciso do momento em que a centelha é gerada nos cilindros do motor, em relação à posição do pistão, durante o ciclo de compressão. Esse ajuste também é nomeado como calagem dos magnetos. Por isso, é de vital importância a calagem e sincronismo dos magnetos, para que ambas as velas, por cilindro, recebam as centelhas de cada magneto ao mesmo tempo, gerando uma queima mais eficiente.

Os motores a combustão operam dentro de uma faixa específica de avanço de centelha, que é determinada por fatores como a taxa de compressão, o tipo de combustível utilizado e as características específicas do projeto do motor, sendo, no caso do PT-VXY, definido pelo fabricante do motor como 20° APMA.

A importância do sincronismo adequado dos magnetos reside na otimização do momento de ignição, garantindo uma queima eficiente do combustível e, conseqüentemente, maximizando a potência do motor.

A posição fora do previsto do avanço da centelha pode ter levado a uma pré-ignição da mistura ar/combustível dentro do cilindro, resultando em uma combustão ineficiente e desequilibrada ao longo do ciclo. Dessa forma, é possível que essa desregulagem possa ter contribuído para uma perda geral de eficiência do motor, reduzindo seu desempenho.

Além da calagem dos magnetos estar em desacordo com as especificações do fabricante, foi constatado que as velas de ignição apresentavam aspecto indicativo de mau funcionamento. Dessa forma, elas foram submetidas a teste de bancada.

Nesse teste, das doze velas de ignição, quatro apresentaram funcionamento normal, uma vela não funcionou, cinco velas apresentaram funcionamento com intermitência e/ou centelha muito fraca e duas velas apresentaram funcionamento irregular, com alterações na cor da centelha.

A última inspeção da aeronave, do tipo "100 horas", foi finalizada no dia 22JAN2022, pela empresa IMAER - Ibitinga Manutenção de Aeronaves e Peças Ltda., COM nº 9404-02/ANAC, dois meses antes do acidente, estando a aeronave com 81 horas e 54 minutos voados após essa inspeção.

Apesar da pouca quantidade de horas voadas após a inspeção, a Figura 6 mostra uma vista geral das velas de ignição, logo depois das suas remoções, na qual é possível observar a degradação física das velas.



Figura 6 - Estado das velas de ignição após suas remoções.

A seção 4 do *Lycoming Operator's Manual*, que tratava sobre as inspeções periódicas dos motores O-540 e IO-540 series, estabelecia o seguinte:

*4. 50-HOUR INSPECTION (ENGINE). In addition to the items listed for daily pre-flight inspection, the following maintenance checks should be made after every 50 hours of operation.*

*a. Ignition System- (1) If fouling of spark plugs has been apparent, clean them and check electrode gap. Rotate bottom plugs to upper position.*

[...]

*5. 100-HOUR INSPECTION. In addition to the items listed for daily pre-flight, and 50-hour inspection, the following maintenance checks should be made after every one hundred hours of operation.*

*a. Electrical System*

[...]

*(2) Remove spark plugs; test, clean, regap, and rotate them. Replace if necessary.*

[...]

**Tradução livre:**

4. INSPEÇÃO DE 50 HORAS (MOTOR). Além dos itens listados para a inspeção diária de pré-voos, as seguintes verificações de manutenção devem ser feitas a cada 50 horas de operação.

a. Sistema de Ignição - (1) Se houver sujeira aparente nas velas de ignição, limpe-as e verifique a folga dos eletrodos. Gire os plugues inferiores para a posição superior.

[...]

5. INSPEÇÃO DE 100 HORAS. Além dos itens listados para pré-voos diários e inspeção de 50 horas, as seguintes verificações de manutenção devem ser feitas a cada cem horas de operação.

a. Sistema elétrico

[...]

(2) Remova as velas de ignição; teste, limpe, recoloque e gire-as. Substitua se necessário.

Nesse sentido, devido ao pouco tempo voado depois da inspeção mencionada, restou incertezas quanto à qualidade da inspeção realizada nesses componentes, devido ao estado das velas de ignição que indicou que houve desvios nos critérios de avaliação, uma vez que a maioria apresentou características físicas discrepantes, assim como pelo funcionamento inadequado apenas 81 horas e 54 minutos voados após a inspeção.

Ainda sobre as análises realizadas, foram examinados os magnetos, os quais apresentaram funcionamento normal.

A inspeção do sistema de combustível mostrou que não havia anormalidades ou discrepâncias que pudessem comprometer o desenvolvimento de potência do motor. Foram inspecionados os bicos injetores, o distribuidor de combustível, os tubos capilares, a servo injetora e a bomba de combustível. Todos os valores obtidos nos ensaios estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pelo fabricante.

A análise do etanol coletado da aeronave apresentou aspecto límpido e isento de impurezas, sendo verificado que sua massa específica e seu teor alcoólico estavam dentro dos padrões de especificação esperados.

No sistema de lubrificação também não se observou discrepância ou anormalidade que pudessem prejudicar a lubrificação do motor. Durante a desmontagem, foi observado que todos os componentes internos que necessitavam de lubrificação estavam normais e que havia presença de óleo em todos os orifícios utilizados para esse fim.

Não foi encontrada limalha em qualquer componente do motor.

A análise de óleo do motor apresentou ponto de fulgor de acordo com sua especificação, não apresentando indícios de contaminação.

As deformações da hélice indicavam que o motor estava parado no momento da colisão da aeronave contra o terreno, uma vez que duas pás apresentavam dobramento para trás e não foram encontrados riscos transversais, característicos de funcionamento normal do motor no instante do acidente.

Todos os demais componentes do motor foram analisados e não foi encontrada qualquer anormalidade que pudesse comprometer o seu funcionamento.

Quanto ao teste dos magnetos, o manual de operações da aeronave trazia uma nota na qual era informado que se houvesse ausência de queda de RPM, isso poderia indicar uma suspeita de que a calagem do magneto estivesse avançada com relação a sua especificação, conforme indicado na Figura 7.

**NOTA 1:** Se houver dúvida quanto à operação do sistema de ignição, uma verificação em RPM mais alta geralmente confirmará a deficiência. A ausência de queda de RPM pode indicar uma falha no contacto à massa num lado do sistema ou levar a suspeitar que a calagem do magneto esteja avançada com relação à especificada

Figura 7 - Nota do manual de operações, referente ao cheque dos magnetos.

Nesse sentido, embora o piloto tenha afirmado que foram realizados os cheques dos magnetos, não é possível confirmar se esse procedimento vinha sendo realizado com precisão e observância rigorosa do previsto no manual de operações, considerando-se a defasagem encontrada na calagem dos magnetos.

Existe a possibilidade de que esse cheque vinha sendo feito sem a observação criteriosa da queda de RPM ao longo da operação da aeronave, o que pode ter camuflado a condição do problema de calagem defasada.

Por fim, é possível que a combinação da calagem incorreta de ambos os magnetos, da grande quantidade de velas de ignição apresentando mau funcionamento, bem como do cheque dos magnetos estar sendo realizado com baixa precisão ao longo da operação possam ter levado o motor a uma condição de perda de potência durante a decolagem.

### 3. CONCLUSÕES

#### 3.1. Fatos

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com as habilitações de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) e Piloto Agrícola - Avião (PAGA) válidas;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- g) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- h) durante a decolagem, houve perda de potência do motor;
- i) o piloto pousou em frente e a aeronave parou após o limite da área de pouso;
- j) a calagem do magneto esquerdo foi encontrada com 2º acima do previsto pelo fabricante do motor;
- k) a calagem do magneto direito foi encontrada com 5º acima do previsto pelo fabricante do motor;
- l) no teste de bancada, cinco velas apresentaram funcionamento com intermitência e/ou centelha muito fraca, uma não funcionou, duas apresentavam funcionamento irregular com alterações na cor da centelha e quatro apresentavam funcionamento normal;
- m) a aeronave teve danos substanciais; e
- n) o piloto saiu ileso.

#### 3.2 Fatores Contribuintes

- Manutenção da aeronave - contribuiu.

#### 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-039/CENIPA/2022 - 01**

**Emitida em: 30/07/2024**

Atuar junto à empresa IMAER - Ibitinga Manutenção de Aeronaves e Peças Ltda., COM nº 9404-02/ANAC, a fim de assegurar que a realização das inspeções dos motores de marca *Lycoming*, modelo IO-540-K1J5, atenda adequadamente à seção 4 do *Lycoming Operator's Manual*, O-540 e IO-540 series, no que se refere à manutenção de velas de ignição.

#### 5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS

Nada a relatar.

Em 30 de julho de 2024.