

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-069/CENIPA/2022

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PP-MCJ
MODELO:	206B
DATA:	05JUN2022



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 da Investigação SIPAER 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 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 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 se resguardarem 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.

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

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PP-MCJ, modelo 206B, ocorrido em 05JUN2022, classificado como “[LALT] Operação a baixa altitude”.

Durante um voo de inspeção em linhas de transmissão, a aeronave colidiu contra um cabo de rede elétrica e caiu em um açude.

A aeronave ficou destruída.

Os três tripulantes sofreram lesões fatais.

Houve a designação de Representante Acreditado do *National Transportation Safety Board* (NTSB) - Estados Unidos, Estado de projeto/fabricação da aeronave.



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	7
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave.	7
1.4. Outros danos.....	7
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.....	9
1.7. Informações meteorológicas.....	10
1.8. Auxílios à navegação.....	13
1.9. Comunicações.....	14
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	15
1.11. Gravadores de voo.....	15
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	15
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	23
1.13.1. Aspectos médicos.....	23
1.13.2. Informações ergonômicas.....	24
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	25
1.14. Informações acerca de fogo.....	25
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	26
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	26
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	26
1.18. Informações operacionais.....	31
1.19. Informações adicionais.....	33
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	40
2. ANÁLISE.....	40
3. CONCLUSÕES.....	43
3.1. Fatos.....	43
3.2. Fatores contribuintes.....	44
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	45
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	46

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGL	<i>Above Ground Level</i> - acima do nível do solo
ALA	<i>Asociación Latinoamericana de Aeronáutica</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BKN	<i>Broken</i> (5 - 7 oktas) - nublado (5 a 7 oitavos)
CB	<i>Cumulonimbus</i> - cumulonimbus
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRM	<i>Crew Resource Management</i> - gerenciamento de recursos de equipes (tripulação)
CU	<i>Cumulus</i> - cumulus
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
CVA	Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade
DOSPA	Divisão de Aviação de Paulo Afonso
EASA	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
ELT	<i>Emergency Locator Transmitter</i> - transmissor de localização de emergência
FEW	<i>Few</i> (1 - 2 oktas) - pouco (1 a 2 oitavos)
FIR	<i>Flight Information Region</i> - região de informação de voo
GAMET	<i>General Aviation Meteorological Information</i> - previsão de área (FIR) ou subárea
GPS	<i>Global Positioning System</i> - sistema de posicionamento global
HMNT	Habilitação de Classe Helicóptero Monomotor a Turbina
hPa	Hectopascal
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IS	Instrução Suplementar
LABDATA	Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo
LALT	<i>Low Altitude Operation</i> - operação a baixa altitude
LT	Linha de Transmissão
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - reporte meteorológico de aeródromo

NM	<i>Nautical Miles</i> - milhas náuticas
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
OM	Organização de Manutenção
PSAC	Provedor de Serviço de Aviação Civil
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
PIC	<i>Pilot in Command</i> - piloto em comando
PMD	Peso Máximo de Decolagem
PN	<i>Part Number</i> - número de peça
PPH	Licença de Piloto Privado Helicóptero
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RMK	<i>Remark</i> - observação
SACI	Sistema Integrado de Informações da Aviação Civil
SBMS	Designativo de localidade - Aeródromo Dix-Sept Rosado, Mossoró, RN
SAE	Categoria de Registro de Aeronave de Serviço Aéreo Especializado Público
SBSG	Designativo de localidade - Aeródromo de São Gonçalo do Amarante - Governador Aluizio Alves, Natal, RN
SC	<i>Stratocumulus</i> - stratocumulus
SCT	<i>Scattered</i> (3 - 4 oktas) - dispersas (3 a 4 oitavos)
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SIGWX	<i>Significant Weather Chart</i> - carta de tempo significativo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
SPECI	<i>Aviation Selected Special Weather Report</i> - informe meteorológico aeronáutico especial selecionado
TAESA	Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A.
TCU	<i>Towering Cumulus</i> - cumulus encastelados
TPP	Categoria de Registro de Aeronave de Serviços Aéreos Privados
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VCSH	<i>Vicinity Shower</i> - chuva na vizinhança
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual
WAC	<i>World Aeronautical Chart</i> - carta aeronáutica mundial
WSPS	<i>Wire Strike Protection System</i> - sistema de proteção contra colisões com cabos

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: 206B Matrícula: PP-MCJ Fabricante: <i>Bell Helicopter</i>	Operador: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
Ocorrência	Data/hora: 05JUN2022 - 16:36 (UTC) Local: Sítio Tamanduá - Alto do Caboclo Lat. 06°13'07"S Long. 036°32'34"W Município - UF: Currais Novos - RN	Tipo(s): [LALT] Operação a baixa altitude

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo São Gonçalo do Amarante - Governador Aluizio Alves (SBSG), Natal, RN, às 15h34min (UTC), com destino ao Aeródromo Dix-Sept Rosado (SBMS), Mossoró, RN, a fim de realizar um voo de inspeção nas linhas de transmissão de 138 kV da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), com três tripulantes a bordo.

Durante o voo, a aeronave colidiu contra uma Linha de Transmissão (LT) da Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. (TAESA), próximo à cidade de Currais Novos, RN, e, em seguida, caiu em um açude, ficando submersa.



Figura 1 - Vista do PP-MCJ no sítio do acidente.

A aeronave ficou destruída.

Os três tripulantes sofreram lesões fatais.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	3	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	-	-	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave ficou destruída.

1.4. Outros danos.

Houve o rompimento do cabo para-raios da LT 230 kV da TAESA e dispersão de combustível da aeronave no açude.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	PIC
Totais	Desconhecido
Totais, nos últimos 30 dias	12:05
Totais, nas últimas 24 horas	03:50
Neste tipo de aeronave	Desconhecido
Neste tipo, nos últimos 30 dias	12:05
Neste tipo, nas últimas 24 horas	03:50

Obs.: o Sistema Integrado de Informações da Aviação Civil (SACI) registrava que o Piloto em Comando (PIC) possuía 336 horas e 38 minutos totais de voo e 277 horas e 37 minutos no modelo de aeronave do acidente.

A Comissão de Investigação não acessou a Caderneta Individual de Voo (CIV) física do PIC. Segundo relatos de terceiros, o PIC possuiria mais de 3.300 horas totais de voo.

1.5.2. Formação.

O PIC realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH), no Aeroclube de Nova Iguaçu, RJ, em 1981.

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

O PIC possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com a habilitação de Classe Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) válida.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os registros da CIV digital indicaram que o PIC operava a aeronave B-206B, de matrícula PP-MCJ, desde junho de 2012, realizando voos de inspeção de LT na região Nordeste.

Parte do histórico operacional do PIC se desenvolveu quando ele trabalhou para o operador, desde novembro de 1987. Nessas condições, segundo dados constantes no SACI, voou os seguintes modelos de aeronaves: Bell 205, 206 e 212.

Apesar de o registro do último voo constante na CIV digital estar datado de 04NOV2021, a Comissão de Investigação considerou que o PIC atendia aos critérios estabelecidos na Seção 21, Emenda nº 13, Subparte A, do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 61, referente à experiência recente, em razão dos voos realizados nos últimos noventa dias anteriores, mas não registrados em caderneta.

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

Os dois inspetores contavam com experiência de inspeção de LT por terra.

No segundo semestre de 2020, eles realizaram as primeiras inspeções aéreas. Até a data do acidente, um dos inspetores havia realizado, aproximadamente, 21 horas de voo dedicadas à inspeção aérea de LT, tendo inspecionado o trecho no qual ocorreu o acidente em quatro oportunidades. Da mesma forma, o outro inspetor havia realizado 8 horas de voo em inspeções aéreas de LT, tendo inspecionado o trecho no qual ocorreu o acidente, em outro voo.

Nenhum dos inspetores havia voado anteriormente com o PIC.

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, modelo 206B, de *Serial Number* (SN) 4555, foi fabricada pela *Bell Helicopter*, em 2001, e estava inscrita na Categoria de Registro de Serviços Aéreos Privados (TPP).

O Peso Máximo de Decolagem (PMD) do helicóptero, estabelecido pelo fabricante, era de 1.519 kg e a tripulação mínima de um piloto.

O Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) estava válido.

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

A última inspeção da aeronave, do tipo “semanal”, foi realizada em 30MAIO2022 pela Organização de Manutenção (OM) Claro Comércio, Representações e Manutenção Aeronáuticas Ltda., em Paulo Afonso, BA, estando com 12 horas e 5 minutos voados após a inspeção.

A última inspeção, do tipo “100 horas”, foi realizada em 10MAR2022 pela OM Claro Comércio, Representações e Manutenção Aeronáuticas Ltda., em Paulo Afonso, BA, estando com 34 horas e 25 minutos voados após a inspeção.

Não foram encontradas evidências de falhas, mau funcionamento da aeronave ou de seus componentes que pudessem ter contribuído para a ocorrência.

A aeronave era equipada com *Wire Strike Protection System* (WSPS - sistema de proteção contra colisões com cabos), sendo composto por um dispositivo de corta fios superior e outro inferior. Seu para-brisa contava com um defletor na parte central (Figura 2).



Figura 2 - Vista da aeronave PP-MCJ. Fonte: Jetphotos.net

A Figura 3 apresenta uma vista detalhada do corta fios superior.

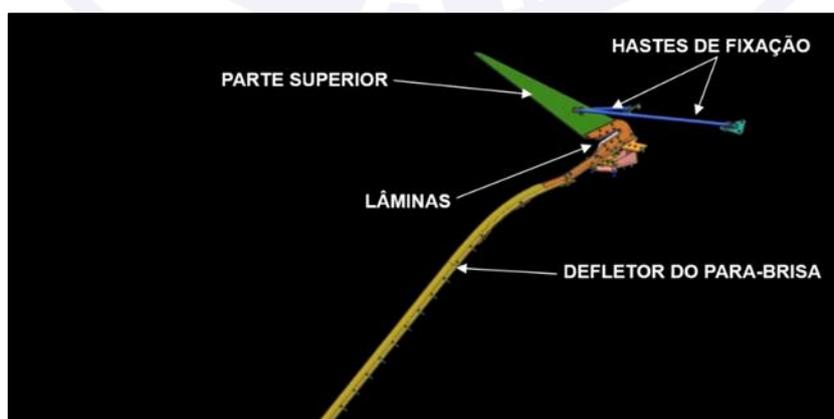


Figura 3 - Apresentação detalhada de um corta fios superior.

1.7. Informações meteorológicas.

A Comissão de Investigação teve acesso às mensagens trocadas entre o PIC e integrantes de seu grupo de trabalho, nas quais eram informadas as condições meteorológicas que impactariam na realização dos voos de inspeção programados para a semana em que ocorreu o acidente.

A presença de condições meteorológicas adversas no período da operação já havia provocado o cancelamento do voo inicial da citada programação, obrigando o retorno da aeronave a Paulo Afonso, BA, na manhã do dia 31MAIO2022.

Para a análise das condições na data do acidente, a Comissão de Investigação consultou as informações e produtos meteorológicos disponíveis nos sítios da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do GEOAISWEB, sistema em *software* livre, que disponibilizava as informações aeronáuticas diretamente em um mapa, possibilitando o uso combinado com as Cartas Aeronáuticas.

A *Significant Weather Chart* (SIGWX - carta de tempo significativo) da superfície ao FL250, com validade para 18h00min (UTC) do dia 05JUN2022 (válida das 15h00min às 21h00min UTC), previa céu nublado com a presença de nuvens *Cumulus* (CU) e *Stratocumulus* (SC) com base a 1.700 ft e topo a 6.000 ft; nuvens *Towering Cumulus* (TCU) com base a 2.500 ft e topo a 24.000 ft; e pancadas de chuva na área de interesse (Figura 4).

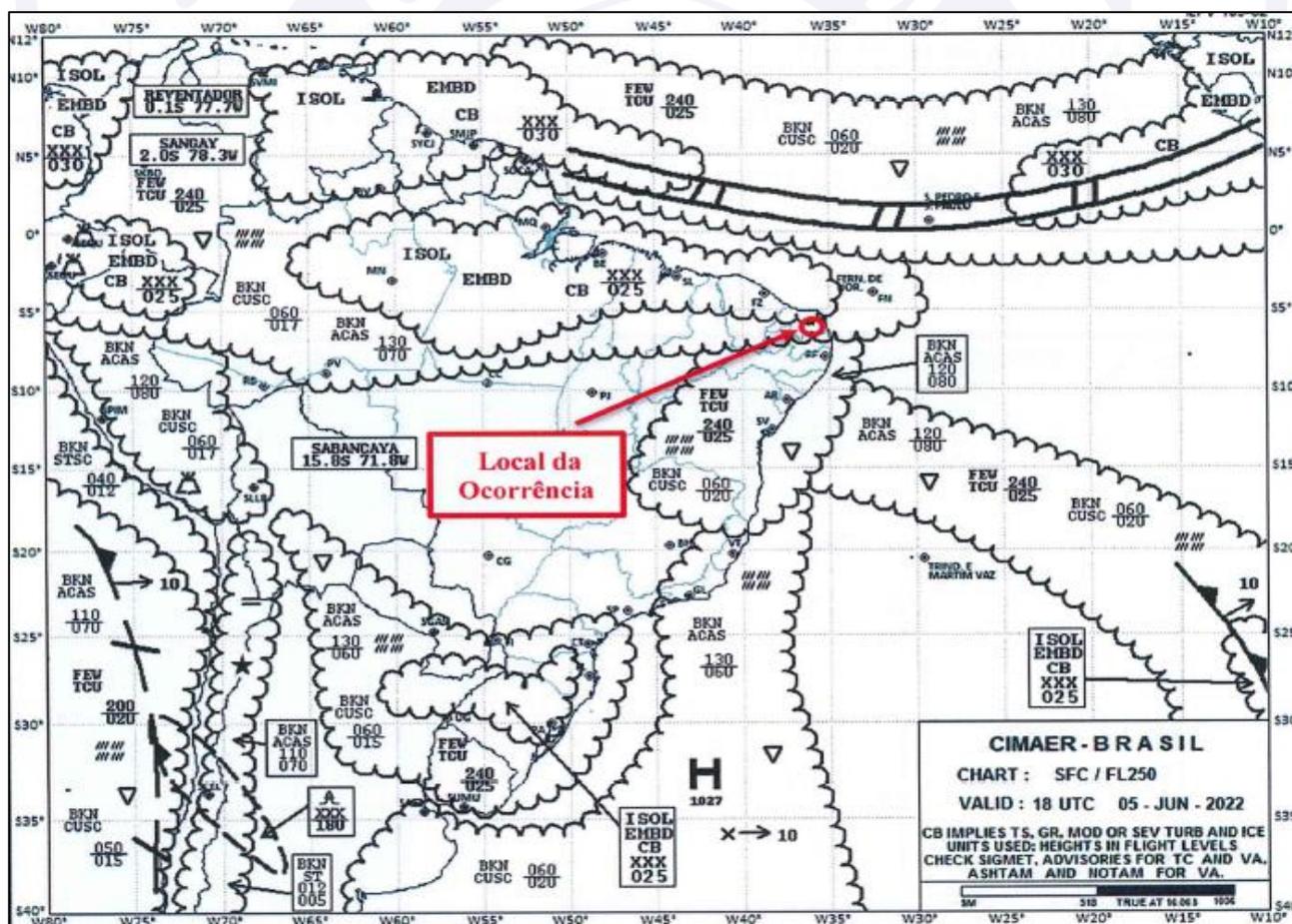


Figura 4 - Carta SIGWX (superfície ao FL 250). Fonte: REDEMET.

O *General Aviation Meteorological Information* (GAMET - previsão de área (FIR) ou subárea) da *Flight Information Region* (FIR - região de informação de voo) de Recife (FIR-RE), com validade das 12h00min às 18h00min (UTC), do dia 05JUN2022, previa para a região, dentre outras, as seguintes condições meteorológicas:

- visibilidade na superfície de 3.000 m devido à chuva;
- trovoadas isoladas;
- nuvens *Cumulonimbus* (CB) isoladas, com base a 3.000 ft e topo acima do FL100;
- nuvens TCU isoladas, com base a 2.500 ft e topo acima do FL100;
- nebulosidade baixa significativa com base a 800 ft e topo 1.400 ft, de 5 a 7 oitavos (BKN); e
- nebulosidade baixa, do tipo *Cumulus*, com base a 1.700 ft e topo em 6.000 ft, de 3 a 4 oitavos (SCT).

O *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo), das 15h00min (UTC), do dia 05JUN2022, de SBSG indicava vento com direção de 250° e intensidade de 4 kt, variando entre 220° e 290°, visibilidade de 9.000 m, chuva nas vizinhanças, nublado a 1.500 ft, poucas nuvens *Towering Cumulus* a 2.000 ft, nublado a 4.000 ft, temperatura de 25°C, ponto de orvalho 24°C e pressão atmosférica de 1.014 hectopascal.

METAR SBSG 051500Z 25004KT 220V290 9000 VCSH BKN015 FEW020TCU
BKN040 25/24 Q1014=

Por sua vez, o *Aviation Selected Special Weather Report* (SPECI - informe meteorológico aeronáutico especial selecionado), das 15h17min (UTC), do dia 05JUN2022, para SBSG, reportava vento com direção de 220° e intensidade de 6 kt, variando entre 130° e 250°, visibilidade de 9.000 m, chuva nas vizinhanças, nublado a 9.000 ft, poucas nuvens *Towering Cumulus* a 2.000 ft, nublado a 10.000 ft, temperatura de 25°C, ponto de orvalho 23°C e pressão atmosférica de 1.013 hectopascal.

SPECI SBSG 22006KT 130V250 9000 VCSH BKN009 FEW020TCU BKN100 25/23
Q1013=

O METAR do aeródromo de destino (SBMS), das 15h00min (UTC), do dia 05JUN2022 apresentava vento com direção de 170° e intensidade de 7 kt, visibilidade superior a 10 km, nublado a 2.000 ft, nuvens dispersas a 9.000 ft, temperatura de 32°C, ponto de orvalho 23°C e pressão atmosférica de 1.013 hectopascal.

SBMS 051500Z 17007KT 9999 BKN020 SCT090 32/23 Q1013=

A Figura 5, extraída da REDEMET, apresenta a Imagem Satélite Visível da região de interesse, do dia 05JUN2022, às 16h40min (UTC), horário próximo ao do acidente.

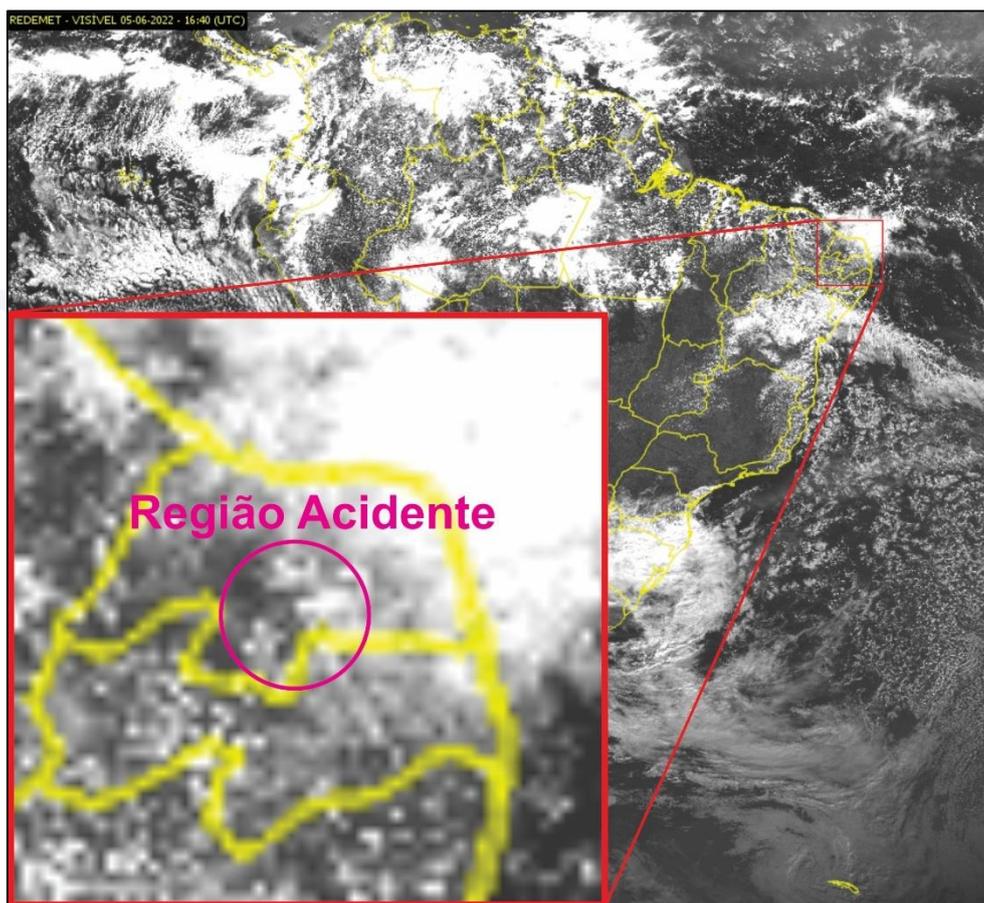


Figura 5 - Imagem Satélite Visível da região do acidente.

O histórico da precipitação diária mensurada nos dados meteorológicos constantes do mapa de estações meteorológicas do INMET indicou volume de 43,3 mm observado na localidade de Caicó, RN, distante cerca de 46,5 NM do local do acidente.



Figura 6 - Precipitação Diária em milímetros, em 05JUN2022. A seta indica a trajetória aproximada da aeronave. Fonte: INMET.

Segundo o relato de observadores da cidade de Currais Novos, RN, distante cerca de 4 km do local do acidente, chovia na localidade.

Imagens extraídas de um vídeo, gravado instantes antes do acidente, exibiram o sobrevoo do helicóptero, momentos antes do acidente, sob condições limitadas de visibilidade presentes naquela região (Figura 7).



Figura 7 - Imagens do PP-MCJ sobrevoando Currais Novos.

Dessa forma, diante das condições meteorológicas observadas e previstas para a região do acidente, verificou-se que havia uma condição atmosférica relativamente instável que proporcionava um tempo chuvoso, com restrição de visibilidade e que apresentava uma nebulosidade variável em multicamadas.

Assim sendo, pôde-se inferir que havia fenômenos meteorológicos significativos, tais como nuvens TCU, pancadas de chuva e nebulosidade baixa estratiforme, atuando sobre a região onde ocorreu o acidente.

1.8. Auxílios à navegação.

O operador da aeronave disponibilizava uma *World Aeronautical Chart* (WAC - carta aeronáutica mundial), escala de 1:1.000.000, emitida pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), bem como um *tablet* e equipamentos de navegação e de localização do tipo *Global Positioning System* (GPS - sistema de posicionamento global), nos quais constavam as demarcações das LT a serem inspecionadas.

Junto aos destroços, foi encontrada a WAC 3018, 4ª edição, de julho 2004, na qual as LT da CHESF estavam assinaladas para planejamento dos voos. A Comissão de Investigação constatou, no entanto, que essa WAC estava desatualizada e não continha o mapeamento da LT 230 kV que cruzava com a LT 138 kV a ser inspecionada.

Adicionalmente, verificou-se que a carta não tinha os demais cruzamentos de LT assinalados no planejamento dos voos (Figura 8).

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

A instalação de gravadores na aeronave não era requerida.

O equipamento GPS portátil, modelo *Garmim Aera 760*, que era utilizado pelo PIC, no momento do acidente, foi encaminhado ao Laboratório de Leitura e Análise de Dados de Gravadores de Voo (LABDATA), do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), para leitura do cartão de memória. Todavia, a extração dos dados não foi possível devido ao grau dos danos apresentados no equipamento.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

A aeronave era equipada com um *Emergency Locator Transmitter* (ELT - transmissor de localização de emergência), *Part Number* (PN) 2619502-0027 e SN S1840501-01, com inspeção anual válida até 10MAR2023. A bateria do ELT, PN LX1100457880 e SN S1840510-01, encontrava-se válida até 01MAR2023.

Não houve registro do acionamento do ELT após o impacto.

O PP-MCJ voava paralelamente à LT 138 kV, da CHESF, com altura aproximada de 30 m, quando se deparou com o cruzamento oblíquo da LT 230 kV, da TAESA, contra a qual colidiu.

As Figuras 10 e 11 mostram o cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV, na região próxima à do acidente.

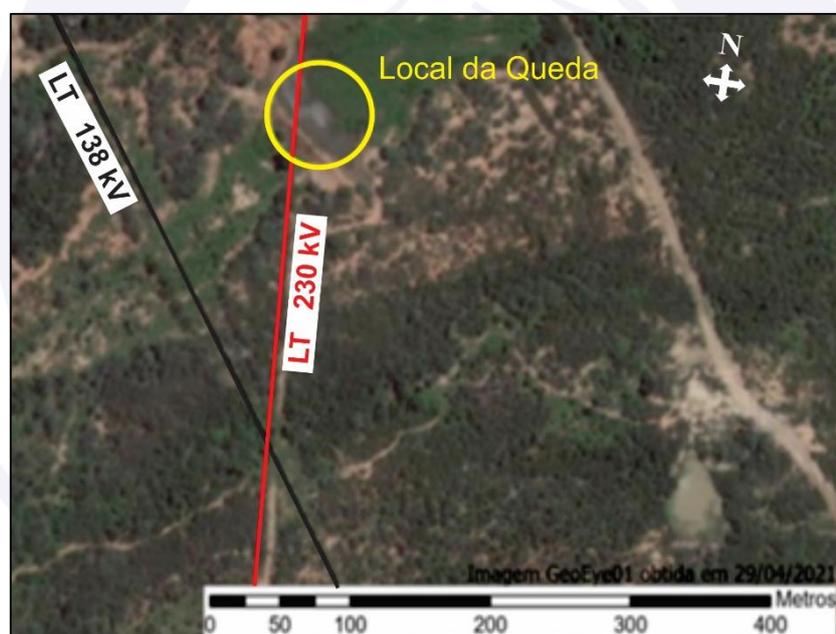


Figura 10 - Vista superior do cruzamento entre a LT 138 kV e LT 230 kV, com destaque para o lago onde o PP-MCJ foi encontrado. Fonte: CHESF.

Enquanto a LT 138 kV possuía altura média de 30 m e os seus cabos elétricos eram separados horizontalmente, os cabos da LT 230 kV tinham altura aproximada de 40 m. (Figura 11).

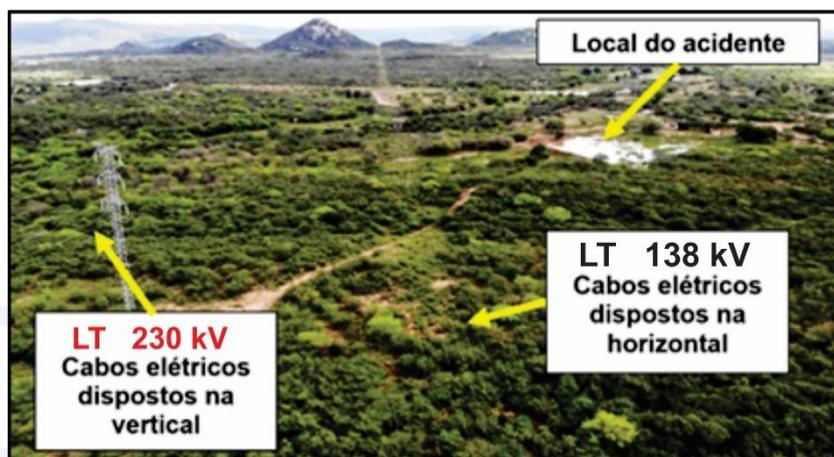


Figura 11 - Cruzamento entre as LT 138 kV e a LT 230 kV.

O helicóptero colidiu contra um cabo para-raios na parte superior da LT 230 kV, cuja altura era de 41,66 m e da qual os cabos elétricos eram dispostos verticalmente, conforme demonstrado na imagem ilustrativa das Figuras 12 e 13.

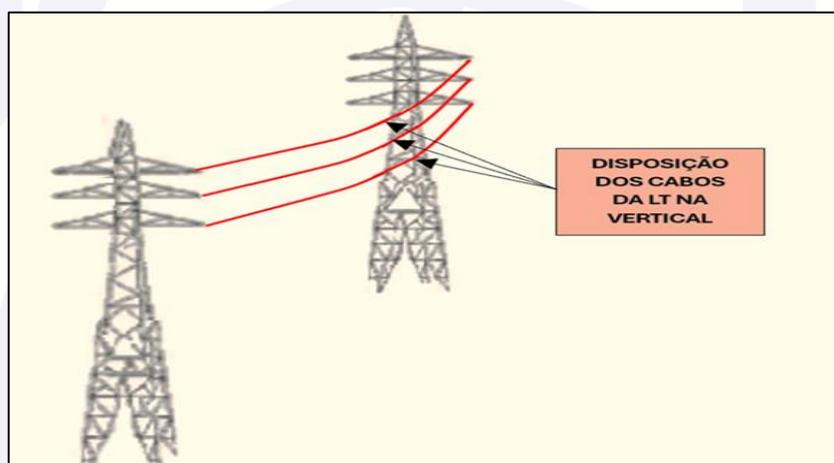


Figura 12 - Disposição vertical dos cabos da LT.



Figura 13 - Imagem ilustrativa de cabos para-raios na parte superior de uma LT.

A aeronave caiu em um açude, a cerca de 30 m do ponto de colisão, conforme o croqui da Figura 14.



Figura 14 - Croqui do acidente.

A Figura 15 exibe uma visão geral das distâncias na região onde ocorreu o acidente, ilustrando o local da colisão do helicóptero contra a LT 230 kV e as respectivas elevações em relação ao nível do mar.

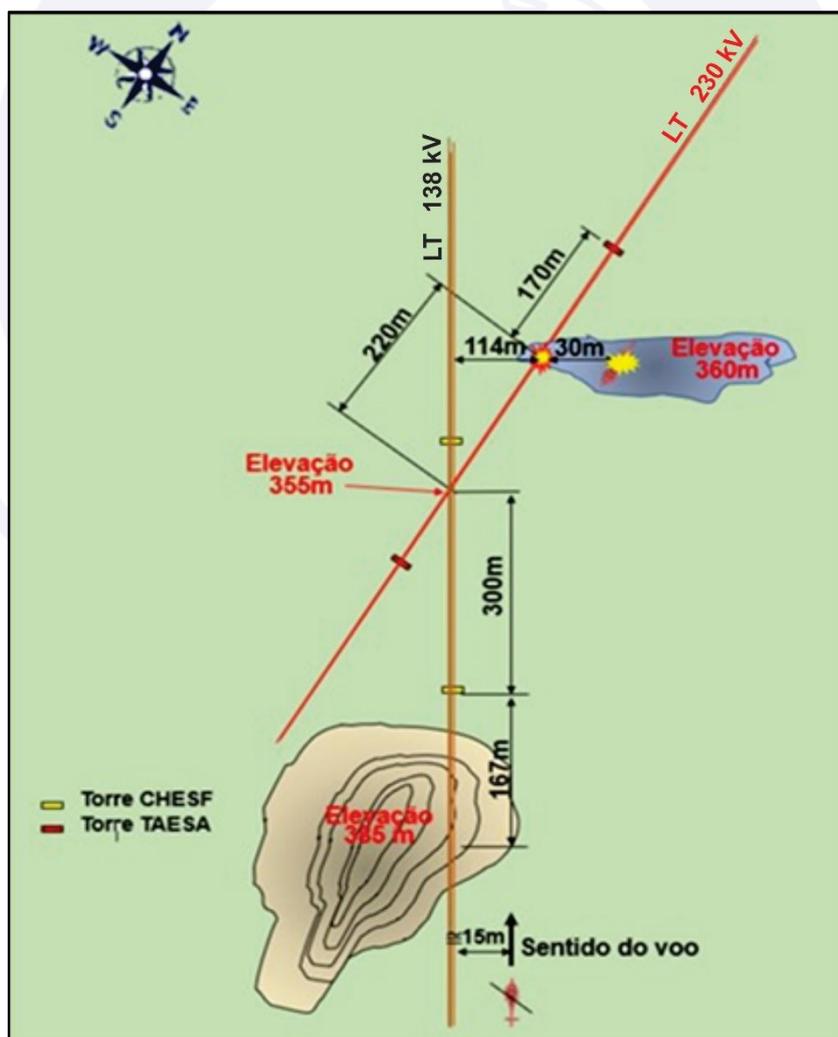


Figura 15 - Croqui com as dimensões das LT e elevações do terreno.

Os destroços se dispuseram relativamente concentrados, sendo localizados parcialmente submersos no açude e com a extensão intermediária do cabo para-raios presa à aeronave (Figura 16).



Figura 16 - Disposição dos destroços parcialmente submersos.

Um segmento rompido do cabo para-raios foi encontrado enroscado no rotor principal (Figura 17).



Figura 17 - Segmento do cabo para-raios rompido em dois locais (extremidades em destaque).

As pás do rotor principal apresentavam danos e marcas compatíveis com o contato contra o cabo para-raios (Figura 18).



Figura 18 - Marcas de contato (ranhuras) entre o cabo para-raios e o bordo de ataque de uma das pás do rotor principal.

A Figura 19 mostra as duas pás do rotor principal, com destaque para o cabo para-raios enrolado próximo à raiz de uma delas.



Figura 19 - Vista das duas pás do rotor principal.

O mastro do rotor principal foi seccionado próximo à cabeça do rotor principal (*main rotor hub*) e exibia sinais de roçamento contra o cabo para-raios (Figura 20).

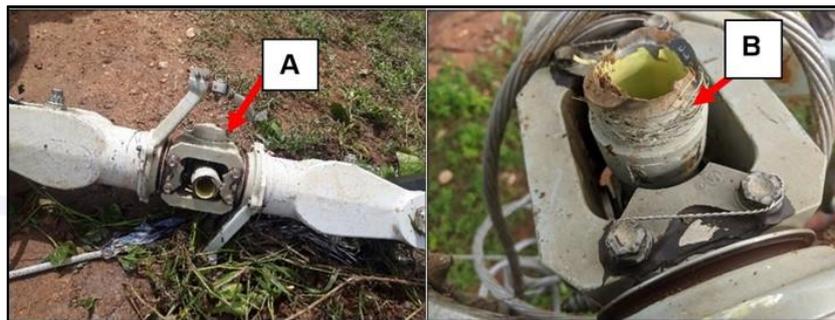


Figura 20 - Segmento superior do mastro do rotor principal seccionado (A) e detalhe das marcas de roçamento contra o cabo para-raios (B).

As Figuras 21 e 22 revelam que o dispositivo corta fios inferior não indicava vestígios de contato com o cabo.



Figura 21 - Detalhe do corta fios inferior da aeronave sem vestígios de contato com o cabo para-raios.



Figura 22 - Imagem ampliada do corta fios inferior da aeronave.

O corta fios superior do helicóptero apresentava evidências de contato com o cabo para-raios da LT (Figura 23).



Figura 23 - Corta fios superior com evidências de contato com o cabo para-raios.

O defletor central do para-brisas da aeronave não expunha marcas de contato com o cabo para-raios (Figura 24).



Figura 24 - Vista geral do corta fios superior com o defletor central (montante central) do para-brisas.

A parte posterior da estrutura central, bem como das hastes de fixação do corta fios superior apresentavam indícios de contato com o cabo para-raios (Figura 25).



Figura 25 - Estado geral do corta fios superior.

O lado esquerdo do *cross tube* do esqui traseiro mostrava sinais de atrito com o cabo para-raios (Figura 26).

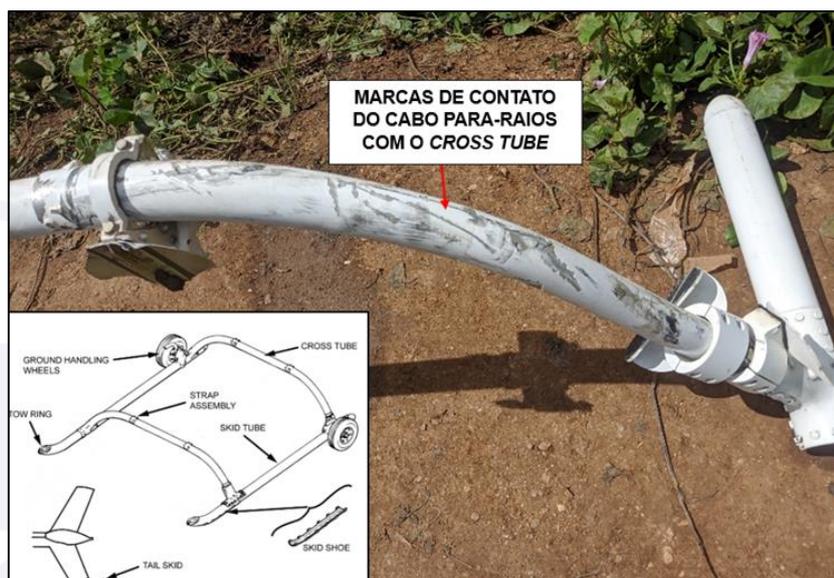


Figura 26 - Marcas do cabo para-raios no *cross tube* traseiro.

Houve danos substanciais no estabilizador horizontal esquerdo, com seccionamento do cone de cauda e do eixo de transmissão do rotor de cauda (Figura 27).



Figura 27 - Danos ao estabilizador horizontal esquerdo, com seccionamento do cone de cauda e do eixo de transmissão do rotor de cauda.

A Figura 28 evidencia os danos ao rotor de cauda e a separação da caixa de transmissão.



Figura 28 - Vista do rotor de cauda e da caixa de transmissão.

Houve o rompimento do tanque de combustível da aeronave (Figura 29).



Figura 29 - Destroços com destaque para o tanque de combustível da aeronave.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Segundo relatos, o PIC não possuía histórico de problemas de saúde.

No que se refere à jornada de trabalho do PIC, não foram identificados aspectos que conflitassem com o descrito no RBAC nº 117 - “Requisitos para Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana”, Emenda nº 00, de 13MAR2019.

Face aos exames e análises realizadas e do resultado obtido, não se detectaram substâncias com espectro de massas compatíveis com drogas de abuso e/ou fármacos.

Não houve evidências de que ponderações de ordem fisiológica tenham afetado o desempenho do tripulante.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Em 20NOV2017, a *Flight Safety Australia* publicou o artigo “*Wire, the Invisible Enemy*”. (Fio, o inimigo invisível - tradução livre)¹.

O artigo destacou, com base em entrevista com o especialista *Robert A. Feerst*, que os fios podem desaparecer aos olhos e se tornarem invisíveis. Mesmo para uma tripulação treinada, vários aspectos tornam os fios invisíveis na maior parte do tempo.

Segundo ele, esses fatores incluíam: as condições atmosféricas; a ergonomia da cabine; a sujeira ou arranhões nas janelas da cabine; o ângulo de visão; a posição do sol; as ilusões visuais; as habilidades de varredura do campo visual e acuidade visual do piloto; a carga de trabalho na cabine de comando; e o efeito de camuflagem da vegetação próxima ao obstáculo.

Uma foto publicada pelo *site* “Piloto Policial” corrobora o artigo, demonstrando a influência das gotículas de chuva no para-brisas de um helicóptero (Figura 30).



Figura 30 - Influência das gotículas de chuva no para-brisas de um helicóptero comprometendo a visibilidade do piloto. Fonte: *Site Piloto Policial*.

O artigo ainda alerta para o fato de que os fios mais antigos podem ser difíceis de se visualizar devido a alteração da cor com o tempo. Os fios de cobre, por exemplo, oxidam e adquirem uma cor esverdeada que os torna camuflados em meio a vegetação.

¹ Disponível em: <https://www.flightsafetyaustralia.com/2017/11/wire-the-invisible-enemy/>.

Um fio perfeitamente visível em uma direção pode ser completamente invisível na direção oposta. A posição exata dos fios pode mudar ao longo do dia devido às variações da temperatura ambiente, o que pode fazer com que eles fiquem arqueados ou se estiquem.

Mesmo em um dia sem nuvens, o azul do céu pode contribuir para revelar ou esconder fios.

Linhas de transmissão localizadas em vales com grande extensão podem ser sopradas pelo vento, deslocando-se muitos metros da sua posição prévia.

Adicionalmente, existem dois tipos de ilusões relacionados às redes de transmissão que merecem atenção especial:

- *High-wire illusion*: para dois fios paralelos a 200 m de distância ou mais, o fio mais alto aparecerá mais distante, quando talvez não esteja; e
- *Phantom-line illusion*: ocorre quando um fio paralelo a outros pode ficar camuflado.

Segundo *Feerst*, existem alguns princípios que precisam ser entendidos pois, na sua visão: “em ambientes onde existem fios, [...] não importa se você tem 100 horas ou 10.000 horas.” Dito isso, ele listou três premissas:

Que você verá o fio a tempo. Você nunca pode contar com isso. É uma mentalidade que você precisa tirar da cabeça.

Nunca presume que o passageiro e o piloto estejam vendo a mesma coisa. Não pense que o piloto viu o fio.

Nunca considere que o espaço aéreo esteja adequadamente sinalizado e iluminado. Você simplesmente não pode contar com isso.

O artigo encerra concluindo que:

[...] se você não precisa voar em uma região com fios, não vá para lá. Se for necessário, faça os treinamentos e reciclagens regulares. Fio é um inimigo que deve ser levado a sério.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Segundo informações prestadas por familiar, o PIC era uma pessoa de temperamento calmo, responsável e bastante zeloso com o seu trabalho.

Sobre os relacionamentos com os colegas de trabalho e com os familiares, foi ressaltado que não existiam problemas, classificando-os como harmoniosos.

Sua experiência profissional teve início em uma empresa que realizava operação relacionada com exploração de petróleo e gás (*offshore*), havendo a posterior transferência para a CHESF, onde trabalhou por cerca de 33 anos.

Foi reportado que, nos dois meses que antecederam o acidente, o referido tripulante demonstrava estar bem. Apesar disso, percebia-se certa irritação com algumas questões de trabalho, embora não apresentasse qualquer alteração emocional ou modificação nos padrões comportamentais que pudessem comprometer o desempenho de sua função.

Conforme relatos, o PIC não fazia uso de medicação controlada e, no dia do acidente, não havia registro de acontecimentos fora da rotina diária ou mesmo de problema relacionado com a família.

Destaca-se que, por telefone, o PIC comentou acerca das condições meteorológicas desfavoráveis para realizar o voo que resultou no acidente.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Não houve sobreviventes.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Com o objetivo de calcular a velocidade do PP-MCJ registrada em um vídeo gravado por um observador, a Comissão de Investigação mediu o deslocamento da aeronave em relação ao seu comprimento (9,50 m) no intervalo de cinco *frames* consecutivos.

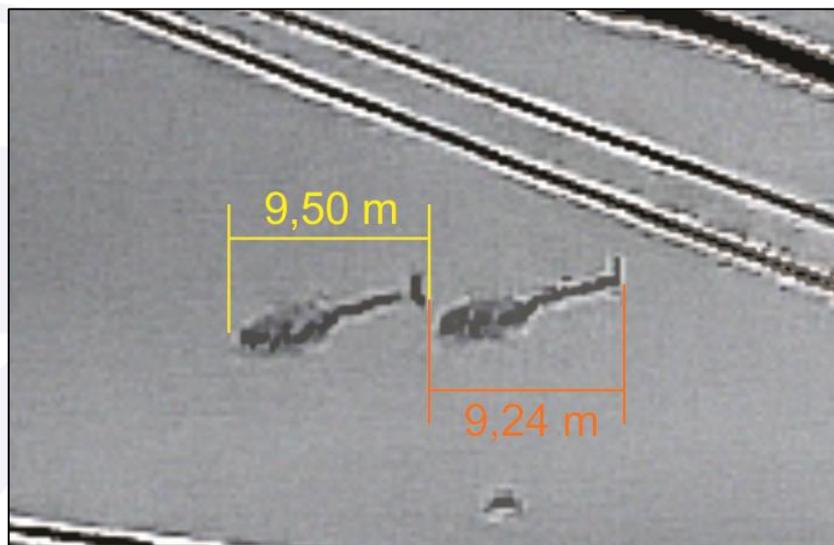


Figura 31 - Medida do deslocamento (9,24 m) calculada comparativamente ao comprimento da aeronave (9,50 m).

Considerando-se o intervalo de cinco *frames* para o vídeo que possui uma taxa de 20 *frames* por segundo, determinou-se que a aeronave deslocou 9,24 m em 5/20 s.

Assim, a velocidade estimada da aeronave, registrada em vídeo durante o traslado nas proximidades do perímetro urbano de Currais Novos, RN, foi de 71,84 kt (36,96 m/s).

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

A aeronave PP-MCJ era operada pela CHESF, a qual tinha como atividade principal a geração, a transmissão e a comercialização de energia elétrica. A empresa provia energia para grande parte da região Nordeste, estando sujeita às regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Segundo informações da Eletrobras, de 31DEZ2022, o sistema da CHESF era composto por 12 LT de 69 kV, com extensão de 195,54 km; 8 LT de 138 kV, com extensão de 462,40 km; 243 LT de 230 kV, com extensão de 15.678,35 km; e 52 LT de 500 kV, com extensão de 5.663,03 km.

Em resposta à consulta formulada pela Comissão de Investigação, a CHESF informou que a sua malha de transmissão era composta por:

- 210 cruzamentos entre LT, nos níveis de tensão de 138, 230 e 500 kV;
- 26 pontos de cruzamento entre as LT da CHESF e da TAESA; e
- um cruzamento na LT 138 kV, a qual era inspecionada no momento do acidente.

Os voos de inspeção das linhas de transmissão da CHESF ocorriam sob a incumbência da Divisão da Aviação de Paulo Afonso (DOSPA), que contava com uma frota composta por dois aviões e quatro helicópteros, cuja manutenção era realizada por empresa terceirizada.

À época do acidente, a DOSPA contava com seis pilotos, dos quais: quatro operavam somente helicópteros, enquanto dois operavam aeronaves de asa fixa e helicópteros.

Para efeito da realização dos voos de inspeção das LT, o acionamento se dava por intermédio do envio de *e-mails* aos pilotos da DOSPA.

Como as aeronaves da CHESF eram operadas exclusivamente pela empresa, não era requerido que elas estivessem na Categoria de Registro de Serviço Aéreo Especializado Público (SAE) e, tampouco, que a empresa passasse por um processo de certificação SAE. Segundo a Resolução nº 659/2022, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a qual regulamentava a exploração de serviços aéreos por empresas brasileiras, somente era requerido que a empresa fosse certificada e a aeronave estivesse registrada na categoria SAE, se houvesse prestação remunerada do serviço.

Cabe ressaltar ainda que, na época da ocorrência, não havia regulamento específico para esse tipo de atividade (inspeção de linha).

A Resolução nº 293/2013 da ANAC estabelecia as seguintes definições para as Categorias de Registro:

Art. 60

[...]

II - Serviço Aéreo Especializado Público (SAE): aeronaves empregadas na prestação de serviço aéreo especializado, realizado por pessoa jurídica brasileira, mediante remuneração, em que somente as pessoas e materiais relacionados com a execução do serviço podem ser conduzidos; e

[...]

VI - Serviços Aéreos Privados (TPP): aeronaves empregadas em serviços realizados sem remuneração, em benefício dos proprietários ou operadores, compreendendo as atividades aéreas de recreio ou desportivas, de transporte reservado ao proprietário ou operador, de serviços aéreos especializados realizados em benefício exclusivo do proprietário ou operador, não podendo efetuar quaisquer serviços aéreos remunerados.

Dessa forma, o emprego da aeronave de categoria de registro TPP, em proveito próprio, estava de acordo com as regulamentações em vigor à época.

Nesse cenário, como a DOSPA não era um Provedor de Serviço de Aviação Civil (PSAC) regulado pela ANAC, não havia a exigência da implementação de um Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO), uma vez que as suas aeronaves operavam sob as regras do RBAC nº 91 - "Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civis".

Um SGSO aprovado teria como objetivo, entre outros, estabelecer uma Política de Segurança Operacional que identificasse os perigos e gerenciasse os riscos à segurança em suas atividades, bem como garantisse a aplicação das ações corretivas necessárias à manutenção de um nível aceitável de desempenho da segurança operacional.

Aplicação da ABNT NBR 6535:2005

À época do acidente, estava em vigor a Norma ABNT NBR 6535:2005 que fixava os "Critérios Mínimos para Sinalização de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, com vistas à Segurança da Inspeção Aérea".

A referida norma fixava os seguintes critérios mínimos para sinalização de LT (grifo nosso):

3. Requisitos

3.1 Sinalização por pintura de suportes

A pintura é feita nas cores laranja ou vermelha, de acordo com os critérios definidos nesta seção.

Para o piloto da aeronave, a cor laranja representa uma advertência para se colocar numa posição de segurança de acordo com a sinalização específica encontrada e a cor vermelha indica obstáculo iminente. Todas as linhas são sinalizadas para os dois sentidos de percurso da aeronave.

3.1.1 Cruzamento de linhas de transmissão

No cruzamento de linhas, devem ser pintados os suportes da linha inferior, obedecendo aos seguintes critérios:

- a) são pintados no mínimo dois suportes adjacentes ao cruzamento;
- b) o trecho da linha a ser sinalizado antes do cruzamento é numericamente igual a oito vezes a diferença das alturas dos cabos mais elevados das duas linhas (para-raios ou condutores) no ponto de cruzamento, para a condição em que esta diferença seja máxima. O suporte imediatamente posterior à distância calculada, a partir do ponto de cruzamento, também deve ser pintado;
- c) é pintada no mínimo a metade superior dos suportes, na face externa voltada para o sentido de aproximação da aeronave;
- d) o suporte adjacente ao cruzamento é pintado na cor vermelha e os demais são pintados na cor laranja, segundo os padrões de cores da tabela A.1;
- e) não são pintados os dispositivos de escalada dos suportes;
- f) quando o número de suportes entre cruzamentos consecutivos for igual ou inferior a três, todos os suportes internos aos cruzamentos são pintados em vermelho.

[...]

3.3 Sinalização por esferas

As esferas para as sinalizações previstas nesta seção devem ser nas cores laranja ou vermelha, segundo o padrão de cores da tabela A.1, com diâmetro de 600 mm.

3.3.1 No cruzamento de linhas, os cabos para-raios ou condutores de maior altura da linha superior são sinalizados por no mínimo três esferas espaçadas entre si de 30 m, no máximo.

3.3.1.1 No caso de linha com um cabo para-raios ou um condutor de maior altura, a esfera intermediária é colocada no ponto de cruzamento com o eixo da linha inferior.

NOTA Ver exemplo de aplicação na figura B.11.

3.3.1.2 No caso de linhas com dois cabos para-raios ou mais de um condutor de maior altura, as esferas são distribuídas, preferencialmente, de forma alternada nos cabos para-raios ou nos cabos condutores laterais, sendo a intermediária colocada no ponto de cruzamento com o eixo da linha inferior.

NOTA Ver exemplo de aplicação na figura B.12.

3.3.1.3 O cabo para-raios ou condutor de maior altura em cada vão adjacente ao suporte ou ponto de cruzamento é sinalizado por uma esfera colocada a uma distância horizontal de 15 m do cabo mais afastado do eixo da LT.

NOTA Ver exemplo de aplicação na figura B.2.

3.3.2 Na saída de ramais ou derivações ou terminais de linhas, deve-se adotar os procedimentos de 3.3.2.1 e 3.3.2.2.

3.3.2.1 O cabo para-raios ou o condutor de maior altura em cada vão adjacente ao suporte ou ponto de derivação é sinalizado por uma esfera colocada a uma distância horizontal de 15 m, aproximadamente, do cabo mais afastado do eixo da linha.

NOTA Ver exemplo de aplicação na figura B.4.

3.3.2.2 No caso de linhas com dois cabos para-raios ou mais de um cabo condutor de maior altura, são sinalizados os cabos para-raios ou os cabos condutores laterais.

A Comissão de Investigação constatou que, nas proximidades do cruzamento entre as LT onde ocorreu o acidente, as torres da LT 138 kV não estavam sinalizadas por pintura de acordo com os critérios da ABNT NBR 6535:2005 (Figura 32).



Figura 32 - Proximidades do cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV, com destaque para a ausência de sinalização da torre (suporte) da LT 138 kV.

Os cabos da LT 230 kV possuíam esferas de sinalização na cor laranja (Figura 33).

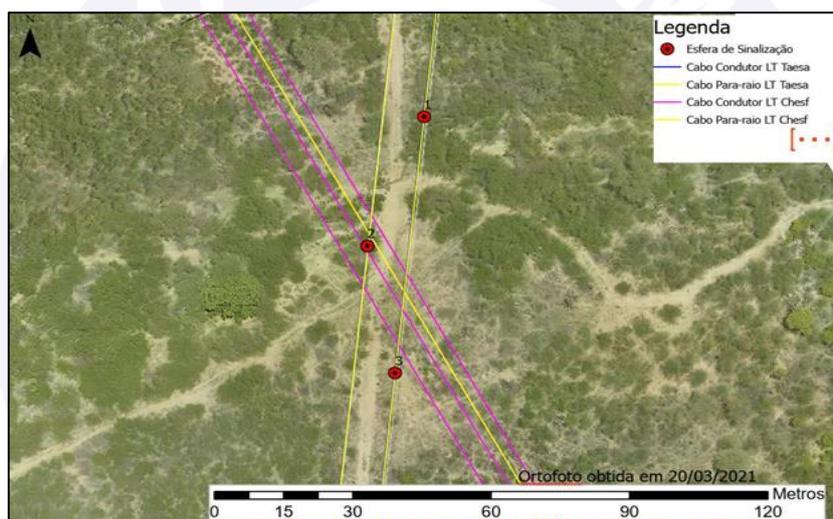


Figura 33 - Localização das esferas de sinalização presentes antes do acidente.
Fonte: CHESF.

A Figura 34 indica a localização das esferas de sinalização dos cabos elétricos 1, 2 e 3, respectivamente, da LT 230 kV.



Figura 34 - Identificação das esferas de sinalização dos cabos elétricos 1, 2 e 3, respectivamente, da LT 230 kV.

Por ocasião da colisão contra a linha de transmissão, a esfera nº 1 de sinalização da LT 230 kV foi ao chão devido ao rompimento do cabo para-raios (Figura 35).



Figura 35 - Esfera de sinalização nº 1 no solo, devido ao rompimento do cabo para-raios da LT 230 kV.

Por sua vez, a esfera de sinalização nº 2 permaneceu sobre o cruzamento (Figura 36).



Figura 36 - Esfera de sinalização nº 2 da LT 230 kV.

Com relação à pintura das torres não sinalizadas próximas ao cruzamento, a Comissão de Investigação foi informada, por representante da DOSPA, que, por força de acordo celebrado entre as empresas, a operadora da LT 230 kV seria a responsável por sinalizar (pintar) as torres (suportes) da LT 138 kV existente no local, com base nos critérios da ABNT NBR 6535:2005.

Relativamente ao cumprimento do acordo em questão, levou-se em consideração o fato de a LT 138 kV da CHESF ter sido instalada antes da LT 230 kV da TAESA.

Ainda com relação à sinalização, observou-se que, no âmbito da DOSPA, cerca de seis meses antes da data do acidente, houve troca de mensagens sobre não conformidades identificadas, à luz da ABNT NBR 6535:2005, tais como: torres com pintura pouco visível ou sem pinturas, cruzamentos entre LT sem sinalização, bem como torres e cruzamentos sem o devido registro no *tablet* e nos aparelhos GPS portáteis usados pelos pilotos.

1.18. Informações operacionais.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

No dia do acidente, 05JUN2022, o PP-MCJ operou a partir de SBSG, cumprindo uma programação referente à inspeção aérea de LT, composta pelos seguintes trechos:

- período da manhã: Natal / Ceará-Mirim / João Câmara / Extremoz / Touros; e
- período da tarde: Natal / Paraíso / Santa Cruz / Currais Novos / Santana do Matos / Açu / Mossoró.

A inspeção aérea programada no turno da manhã foi concluída.

O plano de voo do trecho que resultou no acidente registrava o tipo de voo “G” (aviação geral), com decolagem prevista para 15h30min (UTC), com destino a SBMS, sob *Visual Flight Rules* (VFR - regras de voo visual).

A duração prevista era de 2 horas e 30 minutos e a autonomia declarada era de 3 horas e 30 minutos. Como informação adicional (RMK), registrou-se que o voo se destinava a inspeção de linha de transmissão, realizado a 500 ft *Above Ground Level* (AGL - acima do nível do solo).

O voo transcorreu em espaço aéreo Classe G (fora de espaço aéreo controlado).

Sobre os voos sob VFR, a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-12 - “Regras do Ar”, em vigor na data do acidente, estabelecia que:

5.2 RESPONSABILIDADE DO PILOTO

Caberá ao piloto em comando de uma aeronave em voo VFR providenciar sua própria separação em relação a obstáculos e demais aeronaves por meio do uso da visão, exceto no espaço aéreo Classe B, em que a separação entre as aeronaves é de responsabilidade do ATC, devendo, no entanto, ser observado o disposto em 4.2.1.

O acidente ocorreu no período da tarde, no cruzamento (oblíquo) entre a LT 138 kV e a LT 230 kV (Figura 37).



Figura 37 - Localização geográfica do cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV, tendo como referência a cidade de Currais Novos.

As aeronaves operadas pela DOSPA não dispunham de equipamentos de bordo que alertassem os pilotos, por meio de sinais sonoros e ou visuais, sobre a proximidade de obstáculos, tais como as LT.

Para a realização dos desvios dos cruzamentos existentes entre as diversas LT, além da permanente preocupação em se detectar visualmente tais obstáculos, os pilotos deveriam observar a sinalização das LT (ABNT NBR 6535:2005) que alertava sobre a proximidade de tais cruzamentos.

A Comissão de Investigação observou que os planejamentos dos voos conduzidos na DOSPA não incluíam a realização de *briefings* presenciais. Tais *briefings* seriam ocasiões importantes para o tratamento de especificidades dos voos, notadamente daquelas referentes à identificação de perigos, bem como para a adoção de procedimentos de mitigação de riscos.

De maneira diversa, constatou-se que os *briefings* eram realizados por intermédio de *e-mails* dirigidos aos pilotos, pelos quais poderiam ser apresentadas as apreciações e sugestões. Tais *briefings* continham detalhes das missões, como datas, rotas e inspetores de linha escalados. Porém, neles não havia considerações relacionadas à segurança das operações.

Com relação aos *debriefings*, estes não eram realizados, exceto em algumas situações informais e excepcionais, como por exemplo aquela em que foi reportada a sinalização deficiente das torres das LT, ou quando houvesse a necessidade de se repetir a inspeção aérea de determinada LT.

Não havia um instrumento formal que pudesse ser utilizado pelos pilotos para informar aos demais setores da CHESF sobre a identificação de perigos para as operações aéreas. Nos casos específicos de falhas na sinalização das LT, os pilotos solicitavam, informalmente, aos inspetores escalados, para que reportassem aos setores da empresa sobre não conformidades observadas.

Nesse cenário, não havia uma sistemática implementada que promovesse o acompanhamento pela DOSPA sobre a adoção das providências correlatas.

O operador não dispunha de uma padronização de procedimentos operacionais que, dentre outros aspectos, estabelecesse a utilização de *callout* que alertasse sobre, por exemplo: proximidade de obstáculos e de cruzamentos entre LT; condições atmosféricas mínimas; distâncias vertical e horizontal das LT; ou outras condições impeditivas para as operações aéreas em razão da segurança.

Era convencionado entre os pilotos da DOSPA que, durante os voos de inspeção de LT, nos helicópteros modelo 206, seria empregado um torque entre 72% e 75% (regime de funcionamento do motor), o que implicava velocidades médias de 85 e 90 kt.

As velocidades poderiam ser alteradas, a depender das solicitações dos inspetores a bordo, ou da avaliação dos pilotos em relação ao alcance (autonomia) das aeronaves para atingir os aeródromos de destino/alternativa.

Conforme relato de pilotos do operador, o PIC adotava um perfil de voo de inspeção, mantendo-se, aproximadamente, 5 m acima, tendo como referência o esqui (trem de pouso) e 15 m afastado lateralmente dos cabos elétricos inspecionados, tendo como referência a extremidade do rotor principal (Figura 38).

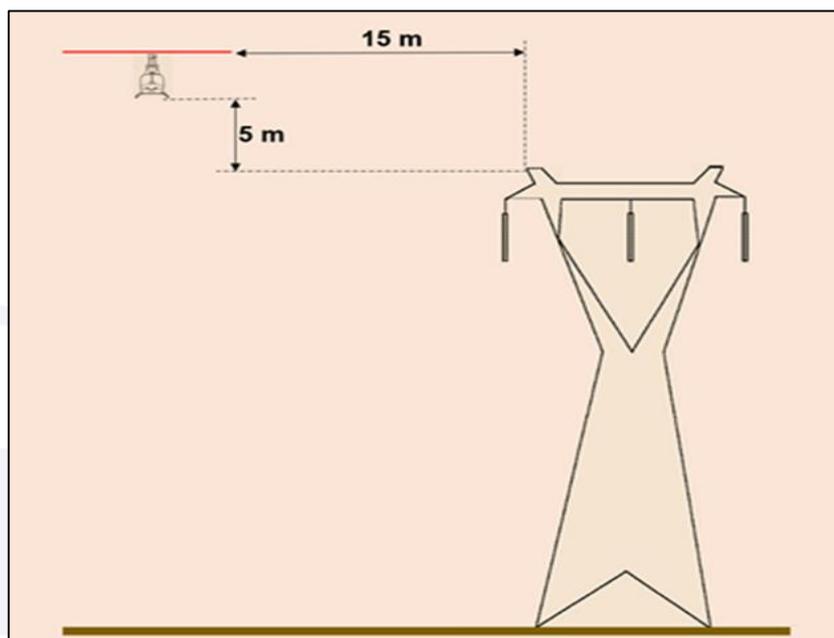


Figura 38 - Perfil de voo adotado pelo PIC em relação à LT inspecionada.

Os pilotos da CHESF informaram que, durante a inspeção da LT 138 kV, no trecho em que ocorreu o acidente, o PP-MCJ provavelmente estaria a uma velocidade de cerca de 80 kt e mantendo altura em torno de 35 m em relação ao solo. Eles acrescentaram que o PIC da ocorrência recomendava aos demais pilotos o afastamento da LT, quando fenômenos meteorológicos e/ou gotículas de chuva estivessem presentes no voo.

1.19. Informações adicionais.

Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-4, de 21JUL2021

Com relação à operação de helicópteros, a ICA 100-4/2021, que dispunha sobre “Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros”, estabelecia:

3 REGRAS DE VOO VISUAL

3.1 CRITÉRIOS GERAIS

[...]

3.1.3 Fora do espaço aéreo controlado, abaixo de 3.000 ft de altitude ou 1.000 ft de altura sobre o terreno, o que resultar maior, o voo VFR de helicóptero realizar-se-á somente quando, simultânea e continuamente, puderem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) manter-se em condições de visibilidade de voo iguais ou superiores a 1.000 m, desde que a velocidade de voo seja suficiente para ser visto e evitado o tráfego ou qualquer obstáculo com tempo suficiente para se prevenir uma colisão; e
- b) permanecer afastado de nuvens e manter referência com solo ou água.

3.2 ALTURAS MÍNIMAS PARA VOO VFR

3.2.1 Exceto em operações de pouso e decolagem, ou quando autorizado pela Organização Regional do DECEA com jurisdição sobre a área em que seja pretendida a operação, o voo VFR de helicóptero não se efetuará sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupo de pessoas ao ar livre, em altura inferior a 500 ft acima do mais alto obstáculo existente em um raio de 600 m em torno da aeronave.

3.2.2 Em lugares não citados em 3.2.1, o voo não se realizará em altura inferior àquela que lhe permita, em caso de emergência, pousar com segurança e sem perigo para pessoas ou propriedades na superfície.

NOTA: Essa altura deve ser de, no mínimo, 200 ft.

Instrução Suplementar (IS) n° 00-010, de 05JUN2020

A IS que tratava de *Crew Resource Management* (CRM - gerenciamento de recursos de equipes/tripulação) estabelecia critérios e procedimentos para implementação e manutenção do CRM, a seguir:

5.1 Disposições INICIAIS

5.1.1 O treinamento de CRM está baseado na premissa de que um elevado grau de proficiência técnica é essencial para que as operações aéreas sejam seguras e eficientes. O domínio dos conceitos de CRM não compensa a falta de proficiência. Da mesma forma, uma elevada proficiência não garante operações seguras na ausência de coordenação efetiva da tripulação.

5.1.2 O domínio dos conceitos requer um esforço contínuo atuando em diferentes níveis: conhecimento, habilidades e atitudes (CHA).

5.1.3 O treinamento deve focar no trabalho em equipe e não simplesmente tratar os envolvidos como um conjunto de indivíduos tecnicamente competentes. Deve fornecer aos membros das equipes oportunidades para praticarem suas habilidades juntos, desempenhando os papéis que normalmente lhes são atribuídos no dia a dia.

5.1.4 O treinamento deve proporcionar a cada membro da equipe o aperfeiçoamento do emprego das características individuais na promoção da efetividade da equipe. Para isso, quanto maior a consciência de cada um sobre seu repertório comportamental, tanto em situações normais quanto nas contingências, maior será a compreensão dos pontos frágeis que necessitam de mudanças para melhorar o resultado do trabalho da equipe.

5.1.5 O treinamento deve salientar aos membros da equipe que as atitudes durante circunstâncias normais e rotineiras têm consequências no comportamento da equipe em momentos de elevada carga de trabalho ou de estresse. Situações similares experimentadas nos treinamentos aumentarão a probabilidade do enfrentamento da situação estressante de maneira competente.

5.1.6 A efetividade do treinamento de CRM deve se pautar na análise dos procedimentos operacionais padronizados (SOP). Quanto mais abrangentes, claros, logicamente estruturados e atualizados forem eles, melhor para o desempenho da equipe.

5.1.7 O Treinamento de CRM é definido pelas seguintes características:

- a) Aplicação dos princípios de fatores humanos para a melhoria do desempenho de equipe.
- b) Inclusão do pessoal envolvido com o tipo da operação aérea, o qual deverá estar relacionado no Programa de treinamento de CRM.
- c) Inserção de elementos do treinamento de CRM em todos os treinamentos contidos no Programa de Treinamento Operacional, para que a filosofia do CRM se torne parte da cultura da organização.
- d) Foco nas atitudes e comportamentos das pessoas como membros de equipes e no impacto que causam na segurança operacional.
- e) Oferecimento de oportunidade para que cada membro de equipe analise suas próprias atitudes e promova as mudanças apropriadas, com a finalidade de otimizar sua capacidade de trabalhar em equipe e de tomar decisões tempestivas e oportunas.
- f) Customização à luz do seu público-alvo, em consonância com as necessidades de treinamento para atendimento da política de fatores humanos/CRM da empresa, considerando-se os níveis estratégico, tático e operacional.

5.1.8 A aplicação do CRM na modalidade 'corporate' significa adicionar outros segmentos da organização que podem impactar a operação, gerando falhas latentes que venham a vulnerabilizar o sistema, sem, contudo, deixar de considerar as necessidades de treinamento do pessoal operacional. O programa de

treinamento de CRM deve ser constantemente avaliado, conforme orientado na seção 5.5 - Avaliação e Validação dos Programas de CRM, desta IS.

Os pilotos da CHESF realizaram treinamento de CRM no mês de maio de 2022, que contemplou a seguinte grade curricular:

- conceituação básica de Fatores Humanos (FH);
- definições sobre Fatores Humanos e Ergonomia;
- modelos de estudo: *Reason* e SHELL;
- treinamento em gerenciamento de recursos de equipes;
- processos de comunicação e tomada de decisão;
- fatores individuais de estresse e seus efeitos no desempenho;
- conceitos de erros e ameaças;
- formação e manutenção de equipes;
- automação;
- estudos de casos;
- consciência situacional;
- técnicas de grupo;
- atividades administrativas;
- atividades de avaliação;
- avaliação do treinamento;
- atividades de integração;
- dinâmicas interpessoais;

O treinamento não contou com a participação dos inspetores de linha.

Da mesma forma, em maio de 2022, a DOSPA proporcionou a realização do curso do SGSO para os seus pilotos.

Ambos os eventos não eram de cumprimento obrigatório segundo a regulação existente no RBAC nº 91, sob o qual o PP-MCJ operava.

Manual Técnico de Campo Furnas

A título de ilustração, a Furnas Centrais Elétricas S.A., subsidiária da Eletrobras que também atuava na geração, transmissão e comercialização de energia elétrica, elaborou, em julho de 1995, um “Manual Técnico de Campo” que tratava de “Inspeção Aérea de Linhas de Transmissão Utilizando Helicóptero”.

O manual tinha a finalidade de fornecer, aos pilotos de helicóptero e aos inspetores de linha daquela empresa, alguns parâmetros para o desenvolvimento da atividade de inspeção aérea de LT e continha a descrição das normas e procedimentos que deveriam ser observados, tanto pelo piloto do helicóptero quanto pelo inspetor de linha, durante a execução dos serviços de inspeção aérea.

Para tanto, adotou-se uma abordagem sobre vários aspectos técnicos e de segurança envolvidos na atividade.

Dentre os tópicos abordados, delimitava-se a responsabilidade do piloto do helicóptero durante as operações, conforme o item 5 a seguir:

5. Responsabilidade do Piloto de Helicóptero

O piloto é o principal responsável pela segurança do aparelho. Deve informar-se com relação às condições do tempo ao longo das rotas de voo, e tem autoridade final para cancelar qualquer voo devido a problemas mecânicos, condições atmosféricas e outras condições de segurança.

Com relação à segurança dos voos de inspeção, os seguintes aspectos estavam destacados:

7.2.1. Antes do início de cada missão, tanto o piloto quanto o inspetor devem ter conhecimento do programa de voo a ser cumprido, dos pontos de abastecimento, dos locais de pernoites etc.

7.2.2. O inspetor também deverá estar ciente das características topográficas da região a ser sobrevoada, das condições atmosféricas etc.

7.2.3. Deverá ser evitada, sempre que possível, a realização de voo com o sol incidindo frontalmente ao sentido de inspeção, pois a visibilidade do piloto fica sensivelmente prejudicada.

7.2.4. Para garantir a segurança de voo, a linha que está sendo inspecionada deverá estar identificada e sinalizada, de forma a atender aos dois sentidos possíveis de inspeção.

7.2.5. A altura do aparelho em relação ao solo (distância h, medida em metros), deverá ser aproximadamente a altura da torre. O afastamento lateral do helicóptero, em relação aos cabos condutores (distância d), deverá ser de, aproximadamente, 15,0 m.

7.2.6. No caso de haver três ou mais linhas paralelas, as do centro deverão ser inspecionadas, situando-se o helicóptero à esquerda ou à direita das linhas, dependendo do tipo de aparelho utilizado (comando do lado direito ou esquerdo), de forma a não haver interferência visual entre o inspetor e a linha sob inspeção.

7.2.7. No caso de a LT atravessar garganta, o helicóptero deverá manter-se à altura dos cabos.

Ainda, o manual limitava a velocidade média do helicóptero, em voo de inspeção, a 30 kt (55 km/h).

Normas de Seguridad para el Patrullaje

O *Comite de Construcción y Patrullaje de Sistemas de Servicio Publico de la Asociación Internacional de Helicópteros (HAI)*, por intermédio da *Utilities / Aviation Specialists Inc.* publicou, em 1995, o compêndio “*Evitando El Impacto Con Los Cabos*”, que englobava as *Normas de Seguridad para el Patrullaje*, com o objetivo de fornecer informações para os envolvidos com a construção e manutenção das linhas de transmissão de energia elétrica.²

É importante esclarecer que as recomendações contidas na publicação tinham o caráter de assessoramento.

Entre os tópicos apresentados, merece especial destaque os “*Procedimientos para Patrullaje y Sistemas de Distribución Eléctrica*” (Procedimentos para Inspeção dos Sistemas de Energia Elétrica), listados a seguir: (tradução livre).

- familiarize-se com o sistema de distribuição elétrica. Isso permitirá que o piloto antevêja onde estão os cabos, em vez de depender, exclusivamente, do contato visual com eles. Os sistemas de distribuição de eletricidade não são estáticos. Eles são dinâmicos e estão em constante mudança;

² FEERST Robert A. *Evitando El Impacto Con Los Cabos*, *Utilities/Aviation Specialists Inc.*, 1995, Traducción por *Asociación Latinoamericana de Aeronáutica (ALA)*

- normalmente, a rede de tensão mais alta deve estar instalada acima dos fios de tensão mais baixa. É melhor saber qual tensão esperar na área em que você está voando, para saber o que encontrar acima ou abaixo das linhas;
- ao inspecionar um sistema com o qual você não está familiarizado:
 - . comece pelo sistema de tensão mais alta. Isso permitirá observar os cruzamentos dos cabos do ponto mais alto para o mais baixo;
 - . para melhorar a qualidade e a segurança da inspeção, certifique-se de que o piloto ou inspetor de linha esteja familiarizado com o sistema que irá inspecionar;
 - . o piloto deve se concentrar na identificação de cruzamentos das linhas de transmissão e outros problemas de sensibilidade, permitindo que o inspetor tenha a melhor imagem para garantir a inspeção da linha. O inspetor deve focar no desenvolvimento de boas práticas e técnicas de observação. O piloto e o inspetor devem trabalhar em equipe;
 - . mantenha uma velocidade baixa, pois isso aumenta a possibilidade de visualizar a tempo os cabos. Uma visualização antecipada é muito mais efetiva do que a redução de velocidade;
 - . quanto mais baixa for a tensão nas linhas a serem inspecionadas, maior habilidade será necessária. A complexidade dos sistemas de baixa tensão aumenta o nível de estresse do trabalho de inspeção;
 - . peça à companhia de energia informações e mapas dos circuitos das novas linhas de transmissão e dos projetos em construção;
 - . trabalhe em conjunto com a companhia de energia na elaboração dos programas de cruzamento das linhas de transmissão; e
 - . não presuma que as cartas de navegação estejam atualizadas em relação aos cruzamentos de linhas de transmissão.

Entre as recomendações propostas a serem observadas antes do voo, podem ser destacadas as seguintes:

- o piloto e os inspetores devem se reunir e discutir o ambiente da inspeção, a meteorologia, os requisitos de combustível, a rota, os obstáculos conhecidos e/ou recentes e as áreas sensíveis ao ruído;
- o piloto e os inspetores devem trabalhar em equipe. Antes de cada inspeção, avalie a experiência da equipe. Faça ajustes para garantir a máxima segurança;
- o piloto deve ser qualificado e estar familiarizado com o helicóptero; e o inspetor familiarizado com o sistema ou com a rede de transmissão;
- a equipe deve ter amplo conhecimento das funções primárias de cada membro. É importante que o piloto não se envolva demasiadamente com as funções do inspetor;
- repasse os procedimentos de inspeção, incluindo *callouts* padronizados para as condições normais e de emergência;
- para maior eficiência da inspeção, identifique a angulação, a velocidade e a distância dos cabos e das estruturas, tendo em mente as necessidades do inspetor;
- mantenha as janelas sempre limpas;
- cumpra o planejamento que foi concebido;

- evite operar o helicóptero próximo ao peso máximo; e
- considere o uso dos equipamentos de proteção individual e de sobrevivência.

Para o voo de inspeção propriamente dito, o compêndio realçava que os seguintes cuidados deveriam ser tomados:

- atentar para a possibilidade de haver novas redes de transmissão, suportes e torres. A construção de novas estradas pode indicar alterações no sistema de transmissão;
- nem todos os cruzamentos estarão identificados. Esteja alerta para outros indícios de linhas “acima” e “abaixo” nos cruzamentos;
- os voos sobre cabos devem ser realizados acima das estruturas (torres) de linhas de maior tensão. Isso geralmente garantirá que as linhas mais altas sejam ultrapassadas;
- garanta que os cruzamentos de linhas de energia sejam obrigatoriamente mencionados em voo;
- mantenha os esquis do helicóptero acima do cabo mais alto das estruturas inspecionadas. Se por algum motivo for necessário operar em alturas inferiores ao cabo mais alto, a velocidade deverá ser reduzida para permitir um tempo de reação suficiente para evitar obstáculos ocultos;
- a principal função do piloto é pilotar. Evite desempenhar funções de inspetor. Trabalhar em equipe e estabelecer um conceito de CRM são atividades que devem ser continuamente motivadas;
- à medida que novos obstáculos sejam encontrados durante a inspeção, anote a sua localização nas cartas de navegação, nos mapas ou no GPS para revisar após o voo ou para referência futura;
- voos contra o sol, ao anoitecer ou ao amanhecer podem reduzir a capacidade de avistamento dos cabos devido ao reflexo ou ofuscamento. Isso deve ser levado em consideração, especialmente ao inspecionar áreas e sistemas com os quais o piloto não esteja familiarizado;
- quando as condições do terreno permitirem, os voos de inspeção deverão ser considerados no lado barlavento dos cabos. Avalie a velocidade e a direção, tentando voar contra o vento;
- evite julgar a distância dos cabos, especialmente dos cabos trançados, com base apenas em referências visuais. O potencial para ilusões de ótica e mau julgamento é elevado; e
- quando a inspeção exigir observação atenta dos cabos, deverão ser consideradas operações em voo pairado ou em baixa velocidade.

Procedimentos de pós voo:

- após cada voo de inspeção a equipe deve realizar um *debriefing* para analisar o voo executado e documentar as novas informações e/ou obstáculos que possam ser importantes para voos futuros.

EASA Community Network - What you can do to reduce the risk of cable collisions?
(O que você pode fazer para reduzir o risco da colisão com cabos? - tradução livre)³

Em 31MAR2022, a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) publicou um artigo que abordava *Cable Collisions* (colisão contra cabos).

Segundo o texto, fios elétricos e outros cabos são estatisticamente um dos perigos mais significativos para helicópteros, especialmente para Operações a Baixa Altitude (LALT) que podem resultar em acidentes fatais. A publicação mostrava o vídeo "*Helicopter Wire Strike Avoidance - Wires in the Helicopter Environment*" que apresentava boas práticas que poderiam ajudar na prevenção contra colisões com cabos.

O artigo continha algumas recomendações a serem observadas para as variadas fases de um voo de helicóptero nessa condição:

- Planejamento e preparação:
 - . submeta-se a um programa de treinamento de segurança contra colisão com fios, que implemente técnicas e procedimentos de voo para evitar fios em voo, incluindo compreensão dos perigos, preparação da missão e CRM;
 - . entenda o risco de colisão com fios tomando as precauções necessárias, especialmente ao voar em baixa altitude;
 - . prepare seu voo minuciosamente e familiarize-se com as instalações de cabos conhecidos na rota de voo planejada. Todos os anos, são acrescentadas novas torres, antenas de comunicação e centenas ou milhares de quilômetros de fios. A situação pode mudar de um dia para outro;
 - . use sempre a versão mais recente dos mapas que contenham fios e outros perigos, como obstáculos naturais e artificiais, incluindo turbinas eólicas, na sua área de voo. Familiarize-se com o terreno, cartas de navegação e obstáculos;
 - . use, se possível, uma aeronave equipada com corta-fios e tecnologias de detecção e prevenção contra fios;
 - . o uso da tecnologia embarcada demanda treinamento dedicado para se obter o máximo benefício requerido;
 - . observe que os pilotos, muitas vezes, desligam os avisos aurais de alerta de cabo ou do terreno, pois esses podem perturbar a atenção em manobras altamente críticas e exceder a capacidade de processamento mental. "Os sistemas de detecção são ineficazes quando os alarmes estão desligados!"; e
 - . se você está acostumado a operar um helicóptero equipado com sistemas de detecção, o risco pode aumentar ao mudar para um helicóptero não equipado.
- Durante o voo:
 - . não voe a baixa altura, a menos que seja necessário para a operação;
 - . cerca de 40% dos pilotos que colidiram contra os fios sabiam que eles estavam lá, mas não conseguiram vê-los. A visibilidade se torna um grande problema quando se olha os fios de cima. Mesmo quando os fios são visíveis do solo, eles não são visíveis de forma consistente para os pilotos no ar;
 - . na velocidade normal de voo, a maioria dos fios é difícil de se ver. Mantenha a consciência situacional durante todo o voo e garanta que haja distância

³ Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/community/topics/cable-collisions>

- suficiente de qualquer obstáculo em ambos os lados da trajetória de voo e em todas as alturas, especialmente, em ambientes montanhosos. Mantenha o foco no voo e evite distrações;
- . convide todos a bordo a procurar ativamente cabos, estruturas de suporte, terreno, obstáculos e tráfego, especialmente quando a missão exigir voar a baixa altura;
 - . faça um reconhecimento em altura superior, antes de descer abaixo de 500 ft e entrar em uma região potencialmente perigosa com a presença de fios;
 - . preste a máxima atenção à trajetória de voo à frente. Faça uma varredura ampla e lenta em um campo amplo de 70° a partir do centro da visada;
 - . busque fios e indicadores que possam revelar a sua presença, como torres, postes e caminhos cortados em árvores. Espere fios ao redor de estradas e edifícios, torres em colinas e nos respectivos topos;
 - . em Serviços Aéreos Especializados, Serviços Médicos, e outras missões críticas (inspeções de linha) executadas a baixa altura, influências externas como mudança de direção do vento ou rajadas podem ser altamente perigosas, especialmente em áreas montanhosas. Cuidado também com condições climáticas e de visibilidade reduzida; e
 - . a preparação e antecipação do voo são fundamentais. Treinamento, CRM e experiência são essenciais para desempenhar com segurança essas missões especializadas.

O artigo concluiu afirmando que mesmo a versão mais recente de mapas que contém a localização de obstáculos não é garantia de que todos eles estejam devidamente identificados.

Também, que se deve levar em consideração todos os tipos de fios, como cabos de linhas de transmissão, cabos de sustentação, cabos elétricos e de comunicação, cabos móveis de árvores, teleféricos, etc. Os cabos mais finos são particularmente mais difíceis de se ver e podem ficar escondidos por árvores e por outros obstáculos naturais ou artificiais.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de inspeção de uma LT 138 kV da CHESF no trecho entre Currais Novos e Mossoró, RN. O plano VFR apresentado pelo PIC previa o voo, em espaço aéreo não controlado, com origem em SBSG e destino em SBMS, a 500 ft AGL.

Durante o voo de inspeção, a aeronave colidiu contra a LT 230 kV da TAESA, próximo à cidade de Currais Novos, RN, em seguida caiu em um açude e ficou parcialmente submersa.

O PIC estava qualificado, possuía experiência no tipo de voo e estava com o Certificado Médico Aeronáutico válido.

As cadernetas de célula e motor da aeronave estavam com as escriturações atualizadas e o seu CVA estava válido. Não houve evidências de falha ou mau funcionamento de sistemas e/ou de componentes da aeronave que pudessem ter afetado o seu desempenho ou controle em voo.

A aeronave, de marcas PP-MCJ, encontrava-se registrada na Categoria de Registro TPP e operava sob as regras do RBAC nº 91.

Devido à dinâmica da colisão, o WSPS instalado no helicóptero não foi suficiente para minimizar as consequências do impacto contra o cabo da LT.

A presença de condições meteorológicas adversas no período da operação havia provocado o cancelamento do voo inicial da programação, na manhã do dia 31MAIO2022, obrigando o retorno da aeronave a Paulo Afonso, BA.

No dia do acidente, a SIGWX da superfície ao FL250, das 18h00min (UTC), previa céu nublado com a presença de nuvens *Cumulus* (CU) e *Stratocumulus* (SC) com base a 1.700 ft e topo a 6.000 ft; nuvens *Towering Cumulus* (TCU) com base a 2.500 ft; e pancada de chuva.

Por sua vez, o GAMET da FIR-RE, com validade das 12h00min às 18h00min (UTC), do dia 05JUN2022, previa as seguintes condições meteorológicas para a região: visibilidade na superfície de 3.000 m devido à chuva; trovoadas e CB isoladas, com base a 3.000 ft e topo acima do FL100; TCU isoladas, com base a 2.500 ft e topo acima do FL100; nebulosidade baixa significativa com base a 800 ft e topo a 1.400 ft, BKN; e nebulosidade baixa, do tipo *Cumulus*, com base a 1.700 ft e topo a 6.000 ft, SCT.

Assim, em relação às condições previstas e observadas para a área onde houve o acidente, identificou-se que havia uma condição atmosférica relativamente instável, com restrição de visibilidade, que proporcionava um tempo chuvoso, com nebulosidade variável em multicamadas, e ventos predominantes de Sul.

De acordo com o histórico dos dados meteorológicos constantes no mapa de estações meteorológicas do INMET, a precipitação diária mensurada na cidade de Caicó, distante cerca de 46,5 NM do local do acidente, mostrou um volume de precipitação de 43 mm.

De fato, a imagem do PP-MCJ em voo, captada por observadores nas proximidades do perímetro urbano de Currais Novos, RN, distante cerca de 4 km do local da colisão contra a LT 230 kV, revelava a presença de precipitação e restrição de visibilidade.

As mensagens trocadas entre o PIC e o seu grupo de trabalho indicaram que havia uma preocupação dele no sentido de manter os seus companheiros de trabalho atualizados sobre o prosseguimento da programação de inspeção das LT, a despeito do comprometimento das condições meteorológicas em toda a região Nordeste.

O cancelamento do voo de origem da citada programação, com o consequente retorno da aeronave à Paulo Afonso, BA, na manhã do dia 31MAIO2022 em razão das condições meteorológicas, revela a hipótese de que o PIC se sentia impelido a dar continuidade à missão.

Isso posto, depreende-se que o voo realizado pelo PP-MCJ, fora do espaço aéreo controlado e abaixo de 1.000 ft de altura sobre o terreno, pode não ter sido realizado em condições de visibilidade iguais ou superiores a 1.000 m, e em velocidade de voo suficiente para evitar obstáculos, conforme previa a ICA 100-4.

Tendo em vista que, no ponto de colisão, a altura média da LT 138 kV era de 30 m e que o helicóptero colidiu contra um cabo para-raios na parte superior da LT 230 kV, cuja altura era de 41,66 m, deduziu-se que houve uma alteração do perfil de voo adotado pelo PIC, o qual costumava se manter afastado cerca de 5 m acima e 15 m lateralmente da linha inspecionada.

No tocante à velocidade empregada na inspeção, os pilotos da CHESF informaram que, durante a inspeção aérea da LT 138 kV, estimava-se que a aeronave mantinha 80 kt. Nesse sentido, é factível supor que isso pode ter prejudicado a visualização antecipada da LT 230 kV e reduzido o tempo de reação para efetuar o desvio necessário.

Tomando-se por base o “Manual Técnico de Campo” da Furnas Centrais Elétricas S.A, que tratava de inspeção aérea de LT com helicópteros, verificou-se que a empresa preconizava uma velocidade média de 30 kt no voo de inspeção. Por sua vez, a publicação “Procedimentos para Inspeção dos Sistemas de Energia Elétrica” recomendava a manutenção de uma velocidade baixa para incrementar a possibilidade de visualizar os cabos, posto que uma visualização antecipada era considerada mais efetiva para o desvio do obstáculo do que a redução repentina de velocidade.

Os aspectos acima levantados apontaram para um cenário no qual, diante do comprometimento da visibilidade horizontal, o PIC se afastou lateral e verticalmente da LT 138 kV, sendo surpreendido pelo cabo para-raios da LT 230 kV. Revela-se assim que o PIC, possivelmente empregando uma velocidade de 80 kt, não avistou a LT 230 kV a tempo de executar um desvio.

Aliado às condições degradadas de visibilidade horizontal e da possível velocidade empregada, o efeito camuflagem da LT 230 kV sobre a vegetação pode ter contribuído para reduzir a distância necessária para identificar e evitar o obstáculo de maneira segura e efetiva.

Sobre isso, o artigo “*Wire, The Invisible Enemy*”, publicado em 2017 pela *Flight Safety Australia* alertava para o fato de que os fios poderiam desaparecer aos olhos e ficarem invisíveis, mesmo para uma tripulação treinada, e que vários aspectos tornavam os fios invisíveis, tais como as condições atmosféricas, o ângulo de visão; as ilusões visuais; as habilidades de varredura do campo visual do piloto; a carga de trabalho da cabine de comando; e o efeito de camuflagem da vegetação próxima.

A EASA, por sua vez, publicou o artigo “*Cable Collisions*”, em 2022, o qual preconizava o uso de uma versão atualizada dos mapas que contivesse os fios e outros perigos, como obstáculos naturais e artificiais, incluindo turbinas eólicas. Assim, a ausência de mapeamento do cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV na carta WAC, no GPS e no *tablet* utilizados pelo PIC externou a inadequação do conjunto de publicações, mapas e *softwares* utilizados.

Em face da possibilidade de falhas no mapeamento de obstáculos, os pilotos precisavam redobrar as atenções em relação à sinalização preconizada pela ABNT (torres pintadas de vermelho/laranja e cabos elétricos equipados com esferas de sinalização).

Com relação à sinalização, observou-se que, no âmbito da DOSPA, cerca de seis meses antes da data do acidente, foram veiculadas mensagens relatando algumas não conformidades, à luz da ABNT NBR 6535:2005, tais como: torres com pintura pouco visível ou sem pinturas, cruzamentos de LT sem sinalização, bem como torres e cruzamentos sem o devido registro no *tablet* e nos aparelhos GPS portáteis usados pelos pilotos.

Constatou-se que nas proximidades do cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV, embora os cabos elétricos da LT 230 kV estivessem demarcados por esferas de sinalização na cor laranja, as torres da LT 138 kV não se encontravam pintadas na cor vermelha, conforme previa a ABNT NBR 6535:2005.

Esse aspecto foi considerado relevante, na medida em que tal estímulo visual alertaria os pilotos sobre obstáculo iminente (cruzamento com a outra LT), principalmente ao considerar que as aeronaves não dispunham de sistemas de alerta de proximidade de obstáculos.

Identificou-se, ainda, que as falhas na sinalização da LT 138 kV ocorreram a despeito do declarado acordo entre a CHESF e a TAESA, pelo qual a transmissora da LT 230 kV seria a responsável por sinalizar as torres da LT 138 kV. Assim, a falta de uma adequada supervisão e de um processo organizacional eficaz, que viabilizasse o *feedback* oportuno

das informações referentes às sinalizações das LT, impactaram o gerenciamento dos riscos daquela operação aérea.

Em que pese os pilotos da CHESF tivessem realizado curso de CRM, os inspetores não participaram desse treinamento. Embora não fosse obrigatória, a presença desses profissionais poderia se converter em importante ferramenta de prevenção de acidentes da mesma natureza, na medida em que haveria uma padronização de atitudes e comportamentos, além de aprimorar a sinergia da equipe.

Nesse cenário, identificou-se que não era adotado qualquer tipo de comunicação padronizada (*callout*), entre pilotos e inspetores de linha, que pudesse otimizar a troca de informações operacionais e seria fundamental para um CRM eficaz.

Por fim, uma vez que o operador não constituía um PSAC regulado pela ANAC, as suas aeronaves operavam sob as regras do RBAC nº 91 e não havia a exigência da implementação de um SGSO. Nessa perspectiva, também não havia uma política de segurança operacional formal que identificasse os perigos e gerenciasse os riscos à segurança na operação de inspeção.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o PIC estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o PIC estava com a habilitação de Helicóptero Monomotor a Turbina (HMNT) válida;
- c) o PIC 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 especificados pelo fabricante;
- f) as escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas;
- g) o helicóptero estava equipado com *Wire Strike Protection System* (WSPS);
- h) não houve um *briefing* formal antes da missão;
- i) havia fenômenos meteorológicos atuando sobre a região em que ocorreu o acidente, tais como trovoadas isoladas, nuvens *Cumulonimbus*, *Towering Cumulus* e pancadas de chuva com restrição de visibilidade;
- j) a aeronave realizava um voo de inspeção nas linhas de transmissão da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF);
- k) a carta WAC 3018 utilizada estava desatualizada;
- l) o cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV não estava mapeado na carta WAC, no GPS e no tablet utilizados;
- m) as torres da LT 138 kV não se encontravam pintadas na cor vermelha, conforme previa a ABNT NBR 6535:2005;
- n) a velocidade normalmente empregada na operação era de 80 kt, fato que reduzia o tempo de reação para efetuar desvios de obstáculos;
- o) durante a inspeção da LT 138 kV existente nas proximidades de Currais Novos, RN, houve a colisão contra a LT 230 kV;
- p) após a colisão, a aeronave caiu em um açude, ficando submersa;
- q) a aeronave ficou destruída;

r) o PIC e os dois inspetores sofreram lesões fatais.

3.2. Fatores contribuintes.

- Comunicação - indeterminado.

Durante os voos de inspeção das LT, não era adotado qualquer tipo de comunicação padronizada (*callout*), entre pilotos e inspetores que pudesse otimizar a troca de informações operacionais, principalmente, aquelas voltadas para as situações de risco, como proximidades de obstáculos, incluindo cruzamentos entre LT.

- Condições meteorológicas adversas - contribuiu.

Na região do acidente, em horário próximo ao da ocorrência, constatou-se a presença de fenômenos meteorológicos significativos, tais como nuvens TCU, precipitação e restrição de visibilidade as quais reduziram a possibilidade de se avistar a LT 230 kV de forma antecipada.

- Cultura organizacional - indeterminado.

Na fase de preparação para o voo, os *briefings* eram realizados por intermédio de *e-mails* dirigidos aos pilotos. Tais *briefings* não possuíam considerações relacionadas à segurança das operações. Da mesma forma, os *debriefings*, não eram realizados, exceto em algumas situações informais e excepcionais.

Esses procedimentos, informalmente institucionalizados, apontam para uma cultura de segurança ineficaz, uma vez que questões relevantes para o cumprimento dos voos, notadamente, os referentes à segurança operacional não seriam abordados de maneira efetiva.

- Coordenação de cabine - indeterminado.

Em que pese os pilotos da CHESF terem realizado o treinamento de CRM, a falta de participação dos inspetores de LT nesse processo pode ter impactado o aproveitamento dos recursos humanos disponíveis para a operação da aeronave, mormente aqueles relacionados com a comunicação entre os membros da equipe.

- Julgamento de pilotagem - indeterminado.

Considerando que, segundo relatos, o PP-MCJ mantinha 80 kt de velocidade, durante o voo de inspeção da LT, é factível supor que isso pode ter prejudicado a visualização antecipada da LT 230 kV e o conseqüente desvio do obstáculo contra o qual houve a colisão.

- Motivação - indeterminado.

Tendo em vista que, no início da operação, no dia 31MAIO2022, as condições meteorológicas vigentes influenciaram a programação dos voos prevista para a semana em que ocorreu o acidente e que as mensagens trocadas pelo PIC com o seu grupo de trabalho indicaram que havia uma preocupação em manter os seus companheiros de trabalho atualizados sobre o prosseguimento da programação de inspeção das LT, a despeito do comprometimento das condições meteorológicas, não se pode descartar a possibilidade de que uma pressão autoimposta possa ter elevado a motivação da equipe, no sentido de operar com as restrições de visibilidade identificadas.

- Percepção - indeterminado.

É plausível que tenha havido uma redução da consciência situacional do PIC, prejudicando sua capacidade de reconhecer, compreender e projetar os riscos decorrentes da operação aérea em uma condição de visibilidade degradada.

- Planejamento de voo - contribuiu.

Houve inadequação nos trabalhos de preparação realizados para o voo, uma vez que não houve o conhecimento prévio de todas as condições operacionais da rota, como o cruzamento não assinalado entre as linhas de transmissão da CHESH e da TAESA.

- Processos organizacionais - contribuiu.

Constatou-se que, nas proximidades do cruzamento entre a LT 138 kV e a LT 230 kV, embora os cabos elétricos da LT 230 kV estivessem demarcados por esferas de sinalização na cor laranja, as torres da LT 138 kV não se encontravam pintadas na cor vermelha, conforme previa a ABNT NBR 6535:2005.

As falhas na sinalização da LT 138 kV ocorreram a despeito do declarado acordo entre a CHESF e a TAESA, pelo qual a transmissora da LT 230 kV seria a responsável por sinalizar as torres da LT 138 kV. Assim, a falta de uma adequada supervisão e de um processo organizacional eficaz, que viabilizasse o *feedback* oportuno das informações referentes às sinalizações das LT, impactaram o gerenciamento dos riscos daquela operação aérea.

- Processo decisório - contribuiu.

Em que pese a presença de fenômenos meteorológicos na região em que ocorreu o acidente, houve a decisão de prosseguir na missão, o que revelou falhas na percepção, na análise e na escolha de alternativas adequadas para a situação vivenciada.

- Sistemas de apoio - contribuiu.

Não havia um suporte organizacional que fornecesse aos pilotos as informações inteiradas acerca da localização atualizada dos cruzamentos das Linhas de Transmissão da região do acidente.

Não obstante estar disponível a WAC 3018, 6ª edição, de 2020, a carta encontrada a bordo do PP-MCJ era de 2004, estava desatualizada e não mostrava o cruzamento entre as linhas de transmissão. Da mesma forma, o *tablet* e os aparelhos GPS portáteis não continham esses dados atualizados.

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-069/CENIPA/2022 - 01

Emitida em: 16/05/2024

Avaliar a pertinência de emissão de diretrizes sobre a atividade de inspeção aérea de linha de transmissão de energia elétrica, com foco na segurança operacional, levando em consideração as orientações e estudos internacionais publicados sobre o tema.

A-069/CENIPA/2022 - 02**Emitida em: 16/05/2024**

Divulgar os ensinamentos colhidos nesta investigação à Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), a fim de que esse operador possa aplicar as melhores práticas durante suas operações de inspeção de linha.

A-069/CENIPA/2022 - 03**Emitida em: 16/05/2024**

Divulgar os ensinamentos colhidos na presente investigação às empresas que realizam aeroinspeção, com o propósito de alertar esses operadores quanto aos riscos decorrentes da inadequação da sinalização das linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, com base no disposto na ABNT NBR 6535:2005.

À Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), recomenda-se:

A-069/CENIPA/2022 - 04**Emitida em: 16/05/2024**

Assegurar-se da adequação, pelas concessionárias de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica que atuam nas diversas regiões do país, dos critérios estabelecidos na ABNT NBR 6535:2005.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Após o acidente, foi providenciada a sinalização, por pintura, dos suportes (torres) da LT 138 kV, nas proximidades do cruzamento com a LT 230 kV, conforme o preconizado na ABNT NBR 6535:2005 (Figura 39).



Figura 39 - Sinalização por pintura dos suportes (torres) da LT 138 kV, após o acidente.

A CHESF, por meio da Divisão de Aviação de Paulo Afonso - DOSPA:

- realizou estudos, visando à atualização de critérios e condições operacionais para realização de voos visuais (VFR) em helicópteros, durante a inspeção de linhas de transmissão, contendo, entre outros aspectos, as condições atmosféricas mínimas para a realização da inspeção aérea; os limites mínimos e máximos de velocidade, altitude do voo e distâncias do eixo da LT; condições de saída e ingresso nas faixas de LT; e limites mínimos de visibilidade horizontal e vertical; e

- incluiu um *briefing* envolvendo pilotos e inspetores de linha, no planejamento das inspeções aéreas, antes de cada etapa de voo, com o objetivo de comparar os dados inseridos no GPS e nas cartas de navegação referentes à linha de transmissão a ser inspecionada, com ênfase nos cruzamentos entre linhas de transmissão, obstáculos e mudanças de direção no trajeto.

A DOSPA, em coordenação com o setor de georreferenciamento da CHESF:

- atualizou a localização dos cruzamentos entre as linhas de transmissão da CHESF e da TAESA, nos GPS disponibilizados aos seus pilotos e inspetores de linha;
- implantou um sistema de alerta nos equipamentos de GPS utilizados pelos pilotos da CHESF, com sinais aural e luminoso, avisando sobre proximidade de cruzamentos entre linhas de transmissão;
- implantou protocolos, disciplinando a atualização de dados relativos à sinalização de cruzamentos de linhas de transmissão, com base nas informações obtidas pelos inspetores de linha, durante os voos de inspeção;
- incluiu as linhas de transmissão da CHESF, nos mapas georreferenciados existentes nos *tablets* utilizados pelos pilotos e inspetores de linha; e
- estabeleceu protocolos de análise de eventuais não conformidades ou incidentes verificados durante as inspeções, realizando o registro e o encaminhamento aos diversos setores da CHESF, com interesse no assunto, para providências necessárias.

Em 16 de maio de 2024.