



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

ANTÔNIO CARLOS MARINS **PEDROSO** FILHO, Maj Av

**As possíveis aplicações de Veículo Aéreo Não Tripulado na Inspeção em Voo Periódica
de PAPI**

Rio de Janeiro
2022

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

ANTÔNIO CARLOS MARINS **PEDROSO** FILHO, Maj Av

**As possíveis aplicações de Veículo Aéreo Não Tripulado na Inspeção em Voo Periódica
de PAPI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,
como requisito parcial para aprovação, no
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.
Orientador: Davi Affonso da Silva.

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) criou um grupo de trabalho para analisar a viabilidade do emprego de Veículo Aéreo Não tripulado, sigla em inglês (UAV), na inspeção em voo periódica de *Precision Approach Path Indicator* (PAPI). Essa prova de conceito foi testada em uma campanha que envolveu as inspeções de 11 PAPI e os valores dos parâmetros aferidos pelo UAV foram comparados com os da aeronave-laboratório do Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV). Diante disso, o objetivo geral do presente artigo foi analisar a influência da utilização do UAV na eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI. Como metodologias utilizadas, desenvolveram-se pesquisas documentais acerca das normas de inspeção em voo, previstas pelo DECEA e Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), do manual técnico do UAV utilizado, do relatório da campanha de inspeção e dos relatórios de inspeção em voo do GEIV relativos aos PAPI inspecionados. De modo a comparar os resultados, utilizou-se o teste estatístico T de *Student* para dados pareados, assim como a metodologia prevista no Manual Brasileiro de Inspeção em Voo (MANINV), para determinar os status dos equipamentos, segundo às aferições do UAV. Conclui-se que o UAV, nas condições que foi empregado, não foi capaz de substituir a aeronave-laboratório nos parâmetros por ele aferidos. Portanto, o emprego do UAV não influencia na eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica do PAPI.

Palavras-Chave: UAV; PAPI; inspeção em voo; aeronave-laboratório.

ABSTRACT

The Department of Airspace Control (DECEA) created a working group to analyze the feasibility of using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in a Precision Approach Path Indicator's (PAPI) periodic flight inspection. This proof of concept was tested in a campaign that involved the inspections of 11 PAPI. The parameters' values, measured by the UAV, were compared with the Special Flight Inspection Group's (GEIV) aircraft-laboratory. Therefore, the general objective of the present article was to analyze the employment's influence of the UAV on the efficient use of the aircraft-laboratory in a PAPI's periodic flight inspection. As methodologies used, documentary research was developed on flight inspection's legislations, provided by DECEA and the International Civil Aviation Organization (ICAO), as well as to the technical UAV's manual. Also, the inspection campaign report and GEIV's flight inspection reports, related to the inspected PAPI, were analyzed. To compare the results, the Paired Samples Student's T-test was applied, in addition to the methodology provided by the Brazilian Manual of Flight Inspection (MANINV), to determine the equipment's status according to the UAV measurements. It is concluded that the UAV, in the conditions in which it was applied, was not able to replace the aircraft-laboratory in the parameters that it was able to measure. Therefore, the use of UAV does not influence the efficiency of the employment of aircraft-laboratory in a PAPI's periodic flight inspection.

Keywords: UAV; PAPI; flight inspection; aircraft-laboratory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração de um PAPI com rampa de 3°	12
Figura 2 – Medição dos ângulos de transição por UAV.....	18
Figura 3 – Teste T de <i>Student</i> Pareado para os ângulos de transição	31
Figura 4 – Teste T de <i>Student</i> Pareado para os ângulos de cobertura horizontal	31
Figura 5 – Teste T Pareado dos ângulos de transição.....	40
Figura 6 – Teste T Pareado dos ângulos de cobertura horizontal.....	41
Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021	43
Figura 8 – SPA requerido	71
Figura 9 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 04 de Uberlândia	72
Figura 10 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 22 de Uberlândia	73
Figura 11 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 17 de Uberaba	74
Figura 12 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 35 de Uberaba	75
Figura 13 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 07 de Navegantes	76
Figura 14 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 25 de Navegantes	77
Figura 15 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Pelotas	78
Figura 16 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Vitória	79
Figura 17 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 24 de Vitória	80
Figura 18 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 11 de Ilhéus	81
Figura 19 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 29 de Ilhéus	82
Figura 20 – Rampa de aproximação do PAPI e suas possíveis variações.....	83
Figura 21 – Cobertura angular do PAPI	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Apresentação dos dados das inspeções em Uberlândia	22
Tabela 2 – Apresentação dos dados das inspeções em Uberaba	23
Tabela 3 – Apresentação dos dados das inspeções em Navegantes	23
Tabela 4 – Apresentação dos dados da inspeção em Pelotas	24
Tabela 5 – Apresentação dos dados das inspeções em Vitória.....	25
Tabela 6 – Apresentação dos dados das inspeções em Ilhéus	26
Tabela 7 – Dados técnicos do <i>drone</i> DJI Matrice 600 PRO.....	27
Tabela 8 – Ângulos de transição aferidos pela aeronave-laboratório e UAV	30
Tabela 9 – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição segundo a fórmula prevista pela OACI	38
Tabela 10 – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pela aeronave.....	39
Tabela 11 – Extrato das tolerâncias do PAPI	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CM	Centímetro
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
D-RTK	<i>Dynamic Real Time Kinematic</i>
DRTT	<i>Digital Radio Telemetry Theodolite System</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAB	Força Aérea Brasileira
GEIV	Grupo Especial de Inspeção em Voo
GL	Grau de Liberdade
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GT	Grupo de Trabalho
ICAO	<i>International Civil Aviation Administration</i>
ICEA	Instituto de Controle do Espaço Aéreo
IEAv	Instituto de Estudos Avançados
ILS	<i>Instrument Landing System</i>
INS	<i>Inertial Navigation System</i>
KG	Quilograma
KM/H	Quilômetro por Hora
MANINV	Manual Brasileiro de Inspeção em Voo
MIN	Minuto
NM	<i>Nautical mile</i>
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
OE	Objetivo específico
OSIV	Operador de Sistema de Inspeção em Voo
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i>
PI	Piloto Inspetor
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SIV	Sistema de Inspeção em Voo
SPA	Sistema de Posicionamento de Aeronave
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VOR	<i>Very High Frequency Omnidirectional Range</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

+	Soma
-	Subtração
/	Divisão
°	Grau
d	Distância horizontal entre o PAPI e o UAV
h1	Limite superior do ângulo de transição
h2	Limite inferior do ângulo de transição
Θ	Valor do ângulo de transição medido pelo UAV
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	A Tripulação de Inspeção em Voo	14
2.2	Aeronave de Inspeção em Voo.....	15
2.3	Sistema de Posicionamento de Aeronave (SPA)	15
2.4	O UAV	17
3	METODOLOGIA.....	19
4	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	22
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE A – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pelo UAV segundo a fórmula prevista pela OACI.....	38
	APÊNDICE B – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pela aeronave.....	39
	APÊNDICE C – Teste T Pareado dos ângulos de transição.....	40
	APÊNDICE D – Teste T Pareado dos ângulos de cobertura horizontal.....	41
	APÊNDICE E – Extrato das tolerâncias do papi	42
	ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021	43
	ANEXO B – SPA requerido.....	71
	ANEXO C – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 04 de Uberlândia.....	72
	ANEXO D – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 22 de Uberlândia.....	73
	ANEXO E – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 17 de Uberaba	74
	ANEXO F – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 35 de Uberaba	75
	ANEXO G – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 07 de Navegantes	76
	ANEXO H – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 25 de Navegantes	77
	ANEXO I – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Pelotas	78
	ANEXO J – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Vitória.....	79
	ANEXO K – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 24 de Vitória	80
	ANEXO L – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 11 de Ilhéus.....	81
	ANEXO M – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 29 de Ilhéus.....	82
	ANEXO N – Rampa de aproximação do PAPI e suas possíveis variações.....	83
	ANEXO O – Cobertura angular do PAPI.....	84

1 INTRODUÇÃO

A inspeção em voo visa à calibração dos auxílios e sistemas à navegação aérea, garantindo o funcionamento desses conforme padrões estabelecidos pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI). Tal atividade, sob responsabilidade da Força Aérea Brasileira (FAB), é desempenhada por meio do Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV), que opera aeronaves de inspeção em voo capazes de aferir tais auxílios e sistemas.

A FAB tem sido requisitada por alguns países da América Latina para realizar inspeção em voo. Nos anos de 2019 e 2020, o GEIV inspecionou auxílios no Paraguai e Uruguai. Isso proporcionou ao Brasil a possibilidade de demonstrar seu Poder Nacional. Ficou evidente a expressão científico-tecnológica por meio do emprego de uma aeronave nacional na inspeção em voo. Revelou-se, também, o profissionalismo dos militares envolvidos na missão. Por fim, expressão militar foi demonstrada por meio da capacidade operacional da FAB de cumprir eficientemente a missão, mesmo num cenário desconhecido.

O elevado custo de uma inspeção em voo, majoritariamente por causa do custo da hora de voo da aeronave-laboratório, é um motivo limitador para que mais solicitações de inspeções sejam feitas. O emprego do *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), em português: veículo aéreo não tripulado, por conta do seu baixo custo de operação, poderia aumentar as solicitações. A inspeção em voo é uma Ação de Força Aérea, prevista na Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (BRASIL, 2020a). Embora a execução da missão seja do nível tático, seus efeitos podem atingir os níveis político e estratégico, sendo importante para a FAB o desenvolvimento e emprego de novos vetores capazes de realizar inspeção em voo.

Há que se considerar também a necessidade de calibrar os auxílios à navegação dentro do Teatro de Operações. As características de operação da aeronave laboratório, voo baixo e lento, a torna um alvo fácil. Além de expor a aeronave-laboratório, de alto valor, há o risco de perda da tripulação. O emprego do UAV, nesse cenário, pode ser uma solução.

Em 2019, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) criou um grupo de trabalho (GT) envolvendo o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), Instituto de Estudos Avançados (IEAv) e o GEIV, com o objetivo de analisar a viabilidade da utilização de UAV na inspeção em voo de *Precision Approach Path Indicators* (PAPI).

Ao término desse GT, o ICEA gerou o Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (BRASIL, 2019) (Anexo A), que apresentou a prova de conceito da aplicação do UAV na inspeção em voo periódica de PAPI. O relatório apresentou resultados consideráveis. A análise desenvolvida no presente artigo está limitada a esse relatório. Essa prova de conceito será

analisada à luz dos manuais e normas de inspeção em voo e sob a ótica de outros projetos desenvolvidos, com sucesso, acerca do assunto.

O perfil de voo realizado pela aeronave-laboratório não se encaixa no fluxo normal do tráfego aéreo e, portanto, gera transtornos às aeronaves que estejam operando na localidade onde está sendo executada a inspeção em voo. Esses transtornos implicam em atrasos nos voos comerciais e gastos com combustíveis, por terem que efetuar esperas em voo para que a aeronave-laboratório possa operar.

De modo que se impacte o mínimo possível o fluxo da navegação aérea, a aeronave-laboratório normalmente permanece em espera em voo até que haja um espaçamento entre os tráfegos aéreos para executar os procedimentos de inspeção. Além dessas esperas, caso os parâmetros medidos estejam fora das tolerâncias previstas, ajustes no auxílio deverão ser feitos e os procedimentos de inspeção deverão ser repetidos para novas verificações.

Considerando esses aspectos, a inspeção em voo periódica do PAPI, realizada pela aeronave-laboratório é custosa. Com o surgimento de um vetor alternativo com potencial de realizar inspeção em voo com um menor custo, surgiu a seguinte inquietação desse autor, traduzindo-se no seguinte problema de pesquisa: em que medida a utilização de UAV pode influenciar na eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI?

Dessa forma, o objetivo geral do trabalho é analisar a influência da utilização do UAV na eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI. Para lograr êxito na consecução desse objetivo, três objetivos específicos foram estipulados.

O objetivo específico 1 (OE 1) visa analisar os procedimentos operacionais previstos que envolvem a inspeção em voo periódica do PAPI e as suas execuções por meio da aeronave-laboratório, conhecendo suas características técnicas e operacionais. Já o objetivo específico 2 (OE 2) pretende analisar o desempenho do UAV durante as inspeções, de modo que se conheçam suas características técnicas e operacionais. Por fim, o objetivo específico 3 (OE 3) propõe analisar comparativamente o desempenho do emprego do UAV em relação à aeronave-laboratório.

A atividade de inspeção em voo é onerosa, complexa e perigosa. O surgimento desse novo vetor, que proporciona baixo custo logístico e operacional, flexibilidade de operação e aumento na segurança de voo, exige o aprimoramento doutrinário da atividade de inspeção em voo. Portanto, esse estudo se justifica porque o emprego do UAV na inspeção em voo periódica de PAPI, mesmo que limitado às suas capacidades, poderá proporcionar à FAB uma economia de recursos.

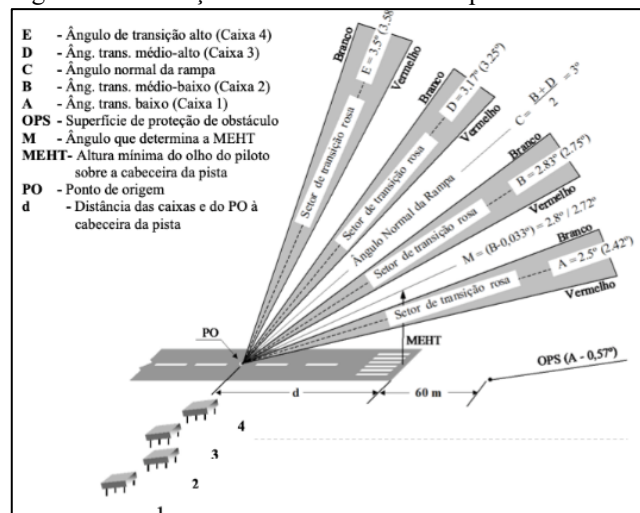
A metodologia utilizada para atingir os objetivos específicos 1 e 2 foi a pesquisa documental combinada com os cálculos, previstos no MANINV (Manual Brasileiro de Inspeção em Voo), para análise dos parâmetros aferidos do PAPI. Quanto ao OE 3, foi aplicado o teste estatístico T de *Student* para amostras pareadas, comparando as medições feitas pelo UAV com as da aeronave-laboratório. O resultado do teste estatístico foi comparado com os *status* das inspeções segundo as medições aferidas pelo UAV.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O PAPI é um auxílio visual, portanto deve ser utilizado em condições visuais de voo. Esse auxílio guia o piloto a uma rampa de aproximação para pouso e suas possíveis variações, garantindo a separação de obstáculos, quando dentro dos limites operacionais do auxílio, conforme pode ser observado no Anexo N.

O PAPI é normalmente constituído de 4 caixas de luz. Essas caixas utilizam, pelo menos, dois projetores óticos que produzem um feixe de luz, cuja parte superior é branca e a inferior, vermelha. Passando-se através do feixe de luz, a transição do branco para o vermelho é quase que instantânea, ocorre em curto espaço de tempo, com largura aproximada de $0,05^\circ$ (BRASIL, 2020b). A aferição das angulações desses feixes é essencial na inspeção do PAPI, pois outros parâmetros, apresentados a seguir, são medidos a partir dessas angulações.

Figura 1 – Ilustração de um PAPI com rampa de 3°



Fonte: Brasil (2020b, p. 153)

Conforme se percebe na Figura 1, as caixas do PAPI não são necessariamente alinhadas uma em relação à outra; entretanto, o desalinhamento não influencia o desempenho do auxílio. Cada caixa é configurada de modo que o PAPI forneça a rampa correta. Ademais, esse desalinhamento é irrelevante para a aferição dos parâmetros aferidos pela aeronave-laboratório

devido à grande distância em relação ao auxílio.

Via de regra, o ângulo normal da rampa de um PAPI é 3° (BRASIL, 2020b). Esse é determinado pela média aritmética entre os ângulos das caixas 2 e 3, conforme Figura 1. A tolerância para esse parâmetro é exposta no Apêndice E. Portanto o ângulo normal da rampa é um parâmetro a ser aferido e é consequência dos ângulos dos feixes das caixas.

A aeronave pode variar ligeiramente a sua posição em torno da rampa de 3° , no caso do PAPI nessa configuração, e ainda assim receber a indicação de que está na rampa, sendo visualizadas duas luzes vermelhas e duas luzes brancas, conforme o Anexo N. Essa possível faixa de variação é a largura da rampa, outro parâmetro a ser aferido. Há equipamentos que operam conjugados com auxílio que gera uma rampa de precisão e os que operam isolados. Há tolerâncias diferentes para cada situação, expostas no Apêndice E. Na instalação que opera conjugada, faz-se necessário aferir a coincidência da rampa, mais um parâmetro de inspeção.

A largura dos setores superior e inferior à rampa também é um parâmetro a ser aferido que também depende da angulação dos feixes. Tal qual a largura da rampa, a aeronave pode variar ligeiramente sua posição e ainda receber a indicação de ligeiramente abaixo da rampa (setor inferior), três luzes vermelhas e uma branca, ou ligeiramente acima da rampa (setor superior), três luzes brancas e uma luz vermelha, assim ilustrado no Anexo N. Essa variação é possível porque os setores têm uma largura que deve medir de $0,23^\circ$ a $0,43^\circ$ (BRASIL, 2020b).

A cobertura angular, outro parâmetro inspecionado, garante que os feixes de luz, emitidos por todas as caixas, sejam visíveis através de um ângulo azimutal de 10° em relação ao eixo central da pista (BRASIL, 2020b). Esse parâmetro determina os limites laterais de operação do PAPI, conforme ilustrado no Anexo O.

Outros parâmetros a serem inspecionados são: a cobertura utilizável do sistema, contraste e identificação, intensidade e brilho das luzes, operação das lâmpadas e *clearance* de obstáculos. As tolerâncias para cada parâmetro estão no Apêndice E. É possível que esses parâmetros sejam inspecionados simultaneamente em dois procedimentos de inspeção, sendo um dedicado à *clearance* de obstáculos. Esses parâmetros não foram aferidos pelo UAV.

Os seguintes aspectos são fundamentais na atividade de inspeção em voo: tripulação de inspeção em voo, aeronave de inspeção em voo e o Sistema de Posicionamento de Aeronave (SPA), conforme prevê a *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2018). Para tanto, esses aspectos serão explorados sob a perspectiva das normas que regem a inspeção em voo, bem como dos trabalhos publicados acerca da inspeção em voo com UAV.

2.1 A Tripulação de Inspeção em Voo

No Brasil, a inspeção em voo é desempenhada por tripulação certificada pelo DECEA. O Piloto Inspetor (PI) é responsável por conduzir a inspeção em voo e é autorizado a determinar a retirada de operação de qualquer auxílio à navegação aérea, sistema ou procedimentos que não satisfaçam às condições mínimas previstas para sua utilização (BRASIL, 2020b). O Operador de Sistemas de Inspeção em Voo (OSIV) auxilia o PI durante todas as fases da inspeção, além de operar os Sistemas de Inspeção em Voo (SIV). Portanto, a competência para realizar inspeção em voo no Brasil é do PI e essa somente ocorrerá com a sua presença.

Além da autoridade inerente ao PI para conduzir a inspeção em voo, há que se considerar a capacidade de posicionar a aeronave corretamente no espaço, de modo que os sinais sejam coletados dentro dos parâmetros estabelecidos: altura, velocidade e o posicionamento correto da aeronave em relação ao auxílio, que são fatores primordiais. O parâmetro de inspeção do PAPI que exige mais precisão de posicionamento é a medida dos ângulos dos feixes das caixas.

Quanto à largura do feixe do ângulo de transição, prevê-se que quando o PAPI é visualizado a 1000 pés (300 metros), a transição da luz vermelha para a luz branca deve estar dentro de 3 minutos do arco no centro do feixe e dentro de 5 minutos do arco nas bordas do feixe. A faixa de transição deve ser plana e medir 3 minutos de arco, conforme preconiza a *Federal Aviation Administration* (FAA, 2011). Um arco de 3 minutos corresponde a $0,05^\circ$, que é a largura do ângulo de transição. Já o arco de 5 minutos corresponde a $0,08^\circ$, que a largura do feixe horizontalmente. O padrão de inspeção, bem como os tamanhos das faixas disponíveis para aferir o ângulo de transição pela aeronave-laboratório estão expostos no Apêndice B.

Além da capacidade de posicionamento da aeronave no espaço, a percepção visual do PI sobre os fenômenos óticos, especificamente na inspeção de PAPI, é fundamental, pois esse aspecto é a própria inspeção, no caso dos auxílios visuais. Portanto, a acurácia na observância do setor de transição é determinante para o sucesso da inspeção.

A inspeção do PAPI não se resume à medição dos ângulos de transição. Entretanto, essa requer uma habilidade maior e demanda mais tempo de voo para sua aferição. Portanto, a destreza da identificação do setor de transição dos ângulos das caixas do PAPI, o correto posicionamento da aeronave no espaço para a verificação dos parâmetros e a autoridade conferida somente ao PI para executar inspeção em voo são fundamentais.

2.2 Aeronave de Inspeção em Voo

Dentre as características da aeronave de inspeção em voo, destacam-se a capacidade de operar em diversas gamas de velocidade e teto operacional, de modo que possibilite a execução da inspeção em voo nas mesmas condições encontradas pelos usuários (BRASIL, 2020b). A aeronave embarca equipamentos específicos de inspeção em voo capazes de aferir os sinais captados no espaço.

As antenas instaladas na aeronave-laboratório, bem como o SIV são equipamentos que a diferenciam de uma aeronave comum. Contudo, para a inspeção de PAPI, por ser um auxílio visual, não são necessárias antenas específicas nem o SIV. É possível que a inspeção seja realizada utilizando-se o SPA e a acuidade visual do PI. O operador do SPA acompanha a aeronave com um teodolito, equipamento ótico-telemétrico com posição conhecida, e informa os ângulos nos pontos de medições determinados pelo PI.

O SIV é tolerável a erros de posicionamento da aeronave em relação ao auxílio inspecionado. Isso permite que pequenos desvios de pilotagem, cometidos pela tripulação, sejam aceitáveis pelo SIV e a análise do sinal é procedida. Caso o erro seja grande, o SIV não analisa o sinal captado, sendo necessária uma nova aferição.

2.3 Sistema de Posicionamento de Aeronave (SPA)

A OACI determina que são necessárias informações de referência de posição da aeronave para todos os tipos de inspeção de voo, de modo que a precisão do sinal de navegação seja determinada (ICAO, 2018). Para cada parâmetro a ser analisado, o SIV requer um nível de precisão de posicionamento da aeronave no espaço, garantido pelo SPA, conforme Anexo B.

O sistema de referência de posição deve ser independente do auxílio a ser inspecionado (ICAO, 2018). Conforme prevê o DECEA, o SPA pode ser instalado a bordo ou no solo e deve ser capaz de fornecer, com precisão, a posição da aeronave de inspeção em voo em relação a determinado auxílio (BRASIL, 2009). O SPA pode ser um Teodolito, DRTT, GPS, DGPS, Inercial, RTK, D-RTK entre outros.

O *Global Positioning System* (GPS) é um sistema norte-americano de posicionamento global. Esse sistema pode fornecer informações de posição com um erro maior que o aceitável para a inspeção em voo. Diversos erros influenciam na precisão do GPS. Portanto alguns SPA capazes de diminuir esses erros são aplicados na inspeção em voo.

O *Differential Global Positioning System* (DGPS) consiste num receptor de GPS que é

posicionado numa posição conhecida. O DGPS calcula a diferença entre a sua posição conhecida e a recebida pelos satélites e transmite essa diferença à aeronave. O SIV, que também tem um receptor GPS, computa essa informação para corrigir a sua posição.

O Teodolito é um equipamento óptico que mede ângulos verticais e horizontais. Ele deve ser posicionado num ponto determinado, cuja coordenada geográfica é conhecida. O Teodolito transmite, via radiofrequência, as angulações em relação ao auxílio a partir de onde ele estiver sendo mirado. Portanto, o operador acompanha visualmente a aeronave e isso faz com que ela receba as informações de ângulos em relação ao auxílio. O *Digital Radio Telemetry Theodolite System* (DRTT) é a versão digital do Teodolito convencional.

A eficácia do Teodolito ou DRTT dependem, além do correto posicionamento do equipamento do solo, da destreza do operador em acompanhar visualmente a aeronave; nuvens ou vegetações podem fazer com que o operador perca a aeronave de vista, logo a informação do teodolito que está sendo transmitida ao SIV pode ser imprecisa. Isso insere mais uma variável no cômputo da margem de erro. Já o DGPS envia a correção via radiofrequência ao receptor da aeronave, excluindo o erro do operador do Teodolito ou DRTT, desde que haja o enlace entre o SIV e o DGPS.

A Estação Base Cinemática, em inglês RTK (*Real Time Kinematic*), é um sistema de posicionamento, com precisão de centímetros em tempo real, baseado em medições de GNSS (*Global Navigation Satellite System*), sigla na língua inglesa de Sistema de Navegação Global por Satélites. O equipamento transmite instantaneamente os dados de correções dos sinais de satélites aos equipamentos a ele conectados. O RTK se difere do DGPS pela técnica utilizada na medição da informação recebida pelos satélites, garantindo ao RTK maior acurácia (DO PRADO; KRUEGER, 2006). Há que se ter linha de visada entre o UAV e o RTK, limitando assim a distância de operação do UAV.

O D-RTK (*Dynamic Real Time Kinematic*) provê o mesmo nível de precisão que o RTK. Entretanto, o D-RTK não necessita de uma estação fixa, logo dispensa a marcação de pontos no aeródromo com coordenadas geográficas conhecidas para o posicionamento do SPA e não tem o fator limitador da linha de visada, podendo o UAV voar mais distante.

O SPA e os receptores do SIV contribuem para a margem de erro, que deve ser cinco vezes melhor que o padrão de desempenho do sinal de navegação (ICAO, 2018). No caso do PAPI, em que a utilização do SIV é dispensável, ressalta-se a importância do SPA.

2.4 O UAV

A OACI prevê e doutrina o uso de UAV como modo alternativo de medição do PAPI aplicável à equipe de manutenção (ICAO, 2021). Percebe-se a aplicação somente para fins de manutenção, não para inspeção em voo. Entretanto, a OACI não exclui a possibilidade de desenvolvimento de UAV para a inspeção em voo, desde que esses atendam às características necessárias ao cumprimento da inspeção em voo, sejam elas: capacidade de carga, velocidade similar às aeronaves e autonomia de voo (ICAO, 2018).

Togola, Kiemde e Kora (2021) apresentam dois métodos de inspeção com UAV: a inspeção em tempo real e a inspeção pós processada. Na primeira, toda a equipe está presente durante o voo do UAV. O sinal captado pelo UAV é transmitido imediatamente ao SIV, que será analisado pelo PI e OSIV. Qualquer necessidade de ajuste no auxílio é informada imediatamente aos técnicos. Quanto ao perfil do voo a ser seguido pelo UAV, o PI informa ao piloto do UAV o perfil a ser executado de acordo com o parâmetro a ser inspecionado.

O método de inspeção em tempo real, é como se desenrola a missão de inspeção em voo com a aeronave-laboratório. O PI conduz a inspeção em voo em tempo real. Uma vantagem dessa metodologia é a pronta resposta quanto às correções de possíveis parâmetros que estejam fora de tolerância. Imediatamente após a inspeção, o auxílio será disponibilizado ao usuário ou será retirado de operação, dependendo do seu desempenho técnico-operacional.

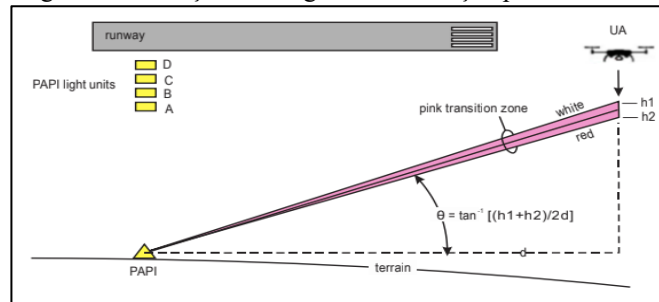
Já o método de inspeção pós-processada, Togola, Kiemde e Kora (2021) partem da premissa que a trajetória do UAV é programável e que os perfis de voo previstos serão executados coletando os sinais. Esses sinais captados serão processados e analisados após o pouso do UAV. Nessa metodologia, o PI e OSIV não acompanham a missão. Eles receberão os arquivos contendo as informações sobre o voo e os analisarão após o término da missão.

Não se pode considerar a inspeção pós-processada como uma inspeção em voo até que os dados obtidos sejam analisados pelo PI e OSIV. Antes da análise, trata-se de uma coleta de dados. Essa metodologia de inspeção em voo para o PAPI somente será adequada se as imagens registradas pela câmera fotográfica estiverem sincronizadas com a angulação do UAV em relação as caixas. Desse modo, o PI poderá identificar os momentos de transição das caixas.

Há que se considerar que na inspeção pós-processada, o PI pode não estar presente na localidade. Por exemplo: pode-se coletar os dados de um PAPI em Manaus e os mesmos serem enviados para a análise do PI, que pode estar no Rio de Janeiro. Portanto, é mais uma possibilidade de emprego do UAV. Embora o modelo de inspeção pós-processada garanta maior flexibilidade no emprego, há que se considerar a consequência da ausência do PI.

A OACI estipulou no mínimo 300 metros de distância projetada no solo entre o UAV e o PAPI para a medida do ângulo de transição das caixas (ICAO, 2021). Nessa distância (d) medem-se os limites superior (h1) e inferior (h2) do feixe do ângulo de transição e por meio da fórmula explícita na Figura 2, calculando-se o ângulo de transição.

Figura 2 – Medição dos ângulos de transição por UAV



Fonte: ICAO (2021, p. 8-31)

Considerando a distância de 300 metros do UAV ao PAPI, aplicando os ângulos de um PAPI normal e considerando a largura do setor de transição de 0,05°, por meio da fórmula citada, chega-se a um tamanho linear do setor de transição de aproximadamente 26 cm, conforme demonstrado no Apêndice A. Portanto, o UAV deve ser capaz de navegar com precisão e isso exige sistemas de posicionamento geográfico e de pilotagem precisos.

A OACI prevê a distância mínima de 300 metros entre o UAV e o PAPI, entretanto Wilkens, Heinke e Seide (2018) apresentaram que uma distância de 500 metros das luzes do PAPI é a melhor opção considerando os requisitos: precisão do SPA, altura de voo e capacidade da câmera fotográfica. Uma maior distância entre o UAV e o PAPI também corrobora para uma menor influência do desalinhamento das caixas do PAPI nas aferições feitas pelo UAV.

Diante da estreita faixa disponível para a identificação do ângulo de transição, percebe-se que a acurácia no posicionamento do UAV tem que ser alta. Para atingir a posição correta do UAV no espaço, o sistema D-RTK é apropriado (RAHNAMA; ASAADI, 2018). A própria OACI cita a utilização do RTK na arquitetura do sistema de medição de PAPI por meio de UAV. Com intuito de obter alta precisão dimensional, uma estação base cinemática em tempo real é necessária (ICAO, 2021).

Togola, Kiemde e Kora (2021) propuseram a utilização de um SPA baseado em satélite como uma alternativa ao DGPS. O SPA baseado em satélite permite a recepção direta da correção da posição por meio de satélites. Isso elimina a necessidade de instalação de outro receptor, reduzindo a capacidade de carga exigida do UAV e possibilitando o uso de UAV miniaturas, mais simples e baratos. Contudo, esses não atingem altas velocidades e têm autonomia reduzida.

Rahnama e Asaadi (2018) também mencionaram a adequabilidade da utilização do sistema DGPS pelo fato de o SIV já utilizar o mesmo sistema de posicionamento, GNSS, e conseqüentemente minimizar a margem de erro prevista pela OACI. O SIV utilizado pelas aeronaves-laboratório do GEIV é baseado em GNSS. O modelo aplicado por Rahnama e Asaadi (2018) garante uma precisão de 2cm. O nível de precisão atingido por esses autores foi treze vezes maior que o desempenho do feixe linear do PAPI, atendendo às exigências da OACI.

O uso de SPA baseado em satélite, não instalado no solo, proporciona a vantagem de a aeronave de inspeção em voo não ter que pousar na localidade a ser inspecionada para instalar o SPA no solo (TOGOLA; KIEMDE; KORA, 2020). Além disso, faz-se necessária a instalação de apenas uma antena no UAV, que é a de recepção do GNSS. Ressalta-se que a utilização dos SPA Teodolito ou DRTT, no emprego do UAV, é impraticável por causa do tamanho do UAV e a dificuldade da visualização no mesmo pelo operador do Teodolito ou DRTT.

Garantida a precisão geográfica do UAV, faz-se necessário atingir tais posições, que é uma qualidade requerida da tripulação de inspeção em voo. Para tanto, o sistema de piloto automático foi testado com intuito de saber se ele cumpria os requisitos regulatórios, durante a inspeção em voo de um VOR, sigla na língua inglesa de Sistema de Alcance Ominidirecional em VHF (COSTA; OLIVEIRA; D'AMORE, 2020). O piloto automático apresentou resultados satisfatórios, cumprindo os pontos determinados por meio de coordenadas geográficas.

Costa, Oliveira e D'Amore (2020) conduziram os testes do UAV com um sistema de posicionamento por piloto automático, composto por GPS integrado com sistema inercial de navegação, do inglês: *Inertial Navigation System* (INS). O INS é um dispositivo de navegação que usa: computador, sensores de movimento e de rotação para calcular continuamente a posição sem a necessidade de referências externas.

Foram criadas coordenadas geográficas que determinavam o ponto no espaço no qual o sinal irradiado deveria ser coletado (COSTA; OLIVEIRA; D'AMORE, 2020). Caso o sinal GPS falhe, o INS garante a precisão requerida.

Outro fator atinente ao quesito “tripulação de inspeção em voo” é a acuidade visual do PI. Para substituir a percepção visual do PI, a OACI estabelece que uma câmera do espectro visível, com resolução suficiente para distinguir as luzes do PAPI, seja embarcada no UAV (ICAO, 2021).

3 METODOLOGIA

O objetivo geral do trabalho é analisar a influência da utilização do UAV na eficiência

do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI. Para atingir esse objetivo, a pesquisa adotou a finalidade prática com enfoques qualitativo e quantitativo.

De modo a alcançar o OE 1 foi realizada uma pesquisa documental, que é caracterizada pelo fato de a fonte de coleta de dados estar restrita a documentos, escritos ou não. Para tanto, manuais e normas da OACI e DECEA que regem a inspeção em voo, combinados com os relatórios de inspeção em voo dos mesmos PAPI que compuseram a campanha de inspeção em voo com UAV foram analisados. Essa análise visou a elucidar e exemplificar, no caso concreto, a execução dos procedimentos previstos para a inspeção em voo periódica de PAPI e identificar as características técnicas e operacionais da aeronave-laboratório.

Para atingir o OE 2 foi realizada pesquisa documental no Relatório nº 006/PPCN, de 07/06/2021, no manual do UAV utilizado na campanha, nas normas de inspeção em voo da OACI e DECEA, bem como em artigos acadêmicos que apresentaram o emprego de UAV em inspeção em voo. Com isso foi possível conhecer as características técnicas do UAV.

Para se analisar o desempenho operacional do UAV, aplicou-se a metodologia prevista no MANINV para calcular os parâmetros a seguir. O cálculo da largura da rampa, feito pela diferença da medida angular existente entre os ângulos de transição médio-alto e médio-baixo da rampa do PAPI. O cálculo do setor inferior que é a diferença entre os ângulos de transição médio-baixo e baixo. O cálculo do setor superior que é a diferença entre os ângulos alto e médio-alto. O ângulo normal da rampa, que é a média aritmética da diferença entre os ângulos médio-alto e médio baixo.

Também foi analisado, segundo as amostras obtidas pelo UAV, se a cobertura horizontal seria considerada satisfatória ou não, levando-se em consideração as tolerâncias previstas no MANINV. O extrato da tabela de tolerância é apresentado no Apêndice E.

Finalmente, por meio de uma análise comparativa entre os desempenhos da aeronave-laboratório e do UAV, considerando as exigências da inspeção em voo periódica de PAPI, foi possível alcançar o OE 3. A análise de desempenho é o conjunto de métodos que possibilitam a análise de um sistema, ela é uma ferramenta para auxiliar na busca do melhor desempenho aliado aos menores custos. O custo de operação não é objeto desse trabalho; é um aspecto que pode ser explorado em artigos futuros. Porém, o desempenho do UAV foi foco de análise.

Os seguintes objetivos podem ser destacados numa análise de desempenho: comparar alternativas, determinar o impacto de uma nova funcionalidade ou identificar o desempenho relativo entre dois sistemas. Ficando óbvia a aplicabilidade dessa técnica para o caso concreto em estudo, que visa a compara o desempenho do UAV em relação à aeronave-laboratório.

É necessário ter em mente, que em um método de comparação, há que ser ter um padrão,

ou seja, um *Benchmark* adequado; a aeronave-laboratório será esse padrão. Ressalta-se que a comparação de desempenho entre o UAV e a aeronave-laboratório será baseada na eficácia da execução, por parte do UAV, dos parâmetros de inspeção em voo previstos para uma inspeção periódica de um PAPI, considerando a aeronave-laboratório como referência.

Os parâmetros que foram medidos pelo UAV foram os ângulos de transição e a cobertura angular. Decorrente da medição dos ângulos de transição, é possível calcular os seguintes parâmetros: largura dos setores inferior e superior, largura da rampa e ângulo normal da rampa. Uma limitação desse trabalho constitui-se justamente que os demais parâmetros que compõem a inspeção em voo periódica de PAPI, cobertura utilizável do sistema, contraste e identificação, intensidade e brilho das luzes, operação das lâmpadas e *clearance* de obstáculos, não foram executados pelo UAV, logo não puderam ser comparados.

Com objetivo de determinar se os resultados encontrados dos ângulos de transição pelo UAV e pela aeronave-laboratório apresentam distribuição normal, foi aplicado o teste Shapiro-Wilk, que é apropriado para experimentos de até 50 amostras.

Diante da normalidade dos dados obtidos, as suas interdependências e o fato de só existirem dois grupos de amostra, aeronave-laboratório e UAV, aplicou-se o Teste T Pareado que é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. Esse teste estatístico permite verificar se houve ou não discrepância entre duas medições. Especificamente, no presente artigo, o teste estatístico permitiu verificar se os resultados medidos pelo UAV foram iguais aos resultados aferidos pela aeronave, com um determinado intervalo de confiança.

O Teste T Pareado também foi aplicado para comparar a amostras dos ângulos de cobertura horizontal medidos pelo UAV em relação às medições feitas pela aeronave-laboratório, visto que os dados também apresentaram distribuição normal, segundo o teste de Shapiro-Wilk, apresentado no Apêndice D.

Os testes estatísticos testam hipóteses a respeito da população. Embora a análise dos resultados esteja restrita aos dados expostos no relatório da campanha de inspeção de PAPI com UAV, que é o espaço amostral, por meio da inferência estatística é possível extrapolar os resultados a toda população, dentro do nível de significância do teste.

Importa ressaltar que a OACI determina um intervalo de confiança de 95% dos valores médios para equipamentos destinados às medições dos parâmetros de inspeção em voo. Portanto, esse será utilizado para os ângulos de transição, dentro do intervalo de $0,05^\circ$ e para os ângulos de cobertura horizontal, o intervalo de $0,08^\circ$.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise foi baseada na metodologia prevista no MANINV de modo a classificar o resultado da inspeção, segundo as medições realizadas pelo UAV, em satisfatório ou deficiente. Essa análise está restrita aos seguintes parâmetros: ângulos de transição e cobertura horizontal. Todos os PAPI estavam operando satisfatoriamente, conforme atestado pela aeronave-laboratório. O UAV utilizou em todas as inspeções o SPA RTK. Com exceção das inspeções de Navegantes e Pelotas, a aeronave-laboratório utilizou o SPA DGPS.

Em Uberlândia, segundo as medições realizadas pelo UAV, as inspeções apresentaram resultados satisfatórios.

Tabela 1 – Apresentação dos dados das inspeções em Uberlândia

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 04			Cabeceira 22		
	PAPI	ANV	UAV	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	2,42	2,48	2,35	2,42	2,47	2,39
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	2,75	2,74	2,76	2,75	2,76	2,68
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,25	3,32	3,32	3,25	3,3	3,21
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	3,58	3,65	3,64	3,58	3,61	3,55
Ângulo normal da rampa (grau)	3,00	3,03	3,04	3,00	3,03	2,94
Largura da rampa (grau)	0,50	0,58	0,56	0,50	0,54	0,53
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,26	0,41	0,33	0,29	0,29
Largura setor superior (grau)	0,33	0,33	0,32	0,33	0,31	0,34
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	12		10	12	
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	13		10	11	

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2020f, 2020a)

Nota: Os dados lançados nas colunas dos PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

Um fato importante que se percebe por meio do relatório da cabeceira 04, é que os ângulos de transição, encontrados pela aeronave, podem diferir em mais de $0,05^\circ$ dos ângulos que cada caixa do PAPI foi calibrada. Isso se justifica porque os equipamentos que a manutenção do auxílio utiliza para calibrar o auxílio não são os mesmos que a aeronave utiliza.

Para as medições, feitas pela manutenção, podem ser utilizados o clinômetro, equipamento incorporado às caixas para medir os ângulos ou uma régua graduadas em ângulos. Essa régua é instalada à cerca de 20 metros em frente às caixas. Nem sempre o nível das caixas do PAPI corresponde ao nível da linha central da pista, onde é o ponto de referência para calcular o posicionamento do SPA utilizado pela aeronave. Portanto, o ângulo que deve ser considerado é o medido pela aeronave.

Embora os ângulos de transição a serem considerados são os da aeronave, o ângulo normal da rampa e a largura da rampa devem obedecer aos valores estabelecidos na homologação do auxílio, considerando as tolerâncias expostas no Apêndice E.

Em Uberaba, segundo as medições realizadas pelo UAV, as inspeções apresentaram

resultados satisfatórios, conforme Tabela 2.

Na inspeção da cabeceira 17 houve necessidade de ajuste no ângulo de transição baixo de 2,40° para 2,50°. Quando se lê no relatório que determinada caixa foi ajustada de um valor para um outro, não significa que esses valores tenham sido atingidos em uma única intervenção de manutenção. Podem acontecer vários ajustes até que se atinjam os valores finais. Para cada intervenção da manutenção no equipamento, uma nova passagem pela aeronave-laboratório necessita ser feita.

Tabela 2 – Apresentação dos dados das inspeções em Uberaba

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 17			Cabeceira 35		
	PAPI	ANV	UAV	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	2,50	2,50	2,55	2,50	2,54	2,50
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	2,83	2,85	2,92	2,83	2,80	2,78
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,17	3,20	3,20	3,17	3,17	3,17
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	3,50	3,56	3,58	3,50	3,50	3,51
Ângulo normal da rampa (grau)	3,00	3,02	3,06	3,00	2,98	2,96
Largura da rampa (grau)	0,34	0,35	0,29	0,34	0,37	0,35
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,35	0,37	0,33	0,26	0,29
Largura setor superior (grau)	0,33	0,36	0,38	0,33	0,33	0,34
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	12	11	13	12	12
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	10	12	12	11	13

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2020d, 2020c)

Nota: Os dados lançados nas colunas dos PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

Em Navegantes, segundo as medições realizadas pelo UAV, ambas as inspeções foram deficientes. A aeronave-laboratório utilizou o SPA DRTT nas inspeções de Navegantes.

Tabela 3 – Apresentação dos dados das inspeções em Navegantes

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 07			Cabeceira 25		
	PAPI	ANV	UAV	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	2,50	2,47	2,28	2,50	2,59	2,67
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	2,83	2,87	2,90	2,83	2,89	2,96
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,17	3,16	3,17	3,17	3,21	3,24
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	3,50	3,45	3,44	3,50	3,52	4,05
Ângulo normal da rampa (grau)	3,00	3,01	3,04	3,00	3,05	3,10
Largura da rampa (grau)	0,34	0,29	0,27	0,34	0,32	0,28
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,40	0,58	0,33	0,30	0,29
Largura setor superior (grau)	0,33	0,29	0,27	0,33	0,31	0,81
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	11	9	10	15	9
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	14	11	10	11	10

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2020g, 2020h)

Nota: Os dados lançados nas colunas dos PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

A inspeção da cabeceira 07, segundo o UAV, foi deficiente porque a largura do setor inferior extrapolou a tolerância, ficando mais larga que o previsto. A aferição do ângulo de transição baixo foi o motivo desse resultado. O ângulo previsto era 2,47° e foi medido pelo UAV 2,28°. Nessa situação não haveria perigo, porque, caso a inspeção fosse feita exclusivamente pelo UAV, a manutenção seria requisitada a aumentar o ângulo da caixa 1, com

isso aumentaria ainda mais a separação do maior obstáculo plotado dentro da área de operação do auxílio.

Já na inspeção da cabeceira 25, o contrário aconteceu, embora a largura do setor inferior tenha ficado dentro da tolerância. O ângulo de transição inferior aferido erroneamente pelo UAV foi 2,67°, quando deveria ser 2,59°. Dessa maneira, a manutenção poderia ter sido solicitada a baixar o ângulo da caixa 1, com isso, a separação entre o maior obstáculo poderia diminuir, implicando numa violação da separação mínima prevista.

Ainda na inspeção da cabeceira 25 de Navegantes, o ângulo de transição alto fez com que a largura do setor superior ficasse maior que o permitido na tolerância. Isso pode influenciar no pouso das aeronaves de grande porte, porque podem tocar na pista num ponto mais distante da cabeceira que o previsto, restando menos distância para a frenagem da aeronave.

O cruzamento do ângulo normal da rampa do PAPI com a altura da cabeceira da pista determina a altura de cruzamento da aeronave, considerando o olho do piloto em relação à altura da cabeceira. Essa altura de cruzamento é apresentada nas publicações aeronáuticas de cada aeródromo. Como a distância entre o olho do piloto e as rodas do trem de pouso das aeronaves de grande porte é grande, o piloto pode optar por se aproximar numa rampa ligeiramente mais alta para assegurar a separação entre a roda e a cabeceira.

Em ambas as inspeções, realizadas pelo UAV, a cobertura horizontal aferida foi aquém da prevista. Tal fato também poderia redundar numa situação perigosa, pois um aumento na cobertura horizontal do auxílio poderia ser solicitado. Isso criaria uma área que não foi observada pelos operadores do SPA para determinar qual seria o maior obstáculo dentro da área de operação do auxílio.

Em Pelotas, segundo as medições do UAV, o auxílio seria considerado deficiente.

Tabela 4 – Apresentação dos dados da inspeção em Pelotas

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 06		
	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	2,50	2,53	2,44
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	2,83	2,84	2,77
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,17	3,19	3,16
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	3,50	3,56	3,48
Ângulo normal da rampa (grau)	3,00	3,01	2,96
Largura da rampa (grau)	0,34	0,35	0,40
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,31	0,33
Largura setor superior (grau)	0,33	0,37	0,32
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	10	9,62
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	11	9,78

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2020b)

Nota: Os dados lançados na coluna do PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

Na inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Pelotas, realizada pela aeronave-laboratório,

foi utilizado o Teodolito convencional sem a utilização do SIV, por ter apresentado falha.

A operação sem o SIV faz com que os cálculos sejam feitos pelo PI. Ao serem percebidas as transições dos ângulos, o PI informa via fonia ao operador do SPA que lhe responde informando os ângulos medidos. Para que essa metodologia seja possível, são necessários 2 operadores; um para acompanhar visualmente aeronave e o outro para ler os ângulos.

Um aspecto importante a ser observado é a pequena diferença entre o ângulo de transição baixo é o maior obstáculo encontrado dentro da área de operação do PAPI. É necessário existir uma diferença maior que $0,6^\circ$ entre o ângulo de transição baixo e o maior obstáculo observado. No PAPI da cabeceira 06 de Pelotas, o maior obstáculo encontrado media $1,5^\circ$ de elevação em relação ao centro da pista, já o ângulo de transição baixo media $2,53^\circ$. Ou seja, o ângulo de transição baixo poderia medir, no mínimo $2,1^\circ$. A tolerância foi atendida, mas é um item crítico a ser considerado. Um erro na aferição do ângulo baixo poderia expor as aeronaves a uma situação de perigo.

A cobertura horizontal aferida pelo UAV faria com que o auxílio fosse ajustado para uma cobertura mais ampla, o que redundaria na mesma situação exposta nas inspeções de Navegantes.

Em Vitória, segundo as medições realizadas pelo UAV, as inspeções foram deficientes.

Tabela 5 – Apresentação dos dados das inspeções em Vitória

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 06			Cabeceira 24		
	PAPI	ANV	UAV	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	3,12	3,24	3,07	2,42	2,32	6,43
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	3,45	3,48	3,25	2,75	2,75	6,86
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,96	3,96	3,64	3,25	3,30	6,87
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	4,28	4,32	3,98	3,58	3,63	6,51
Ângulo normal da rampa (grau)	3,70	3,72	3,44	3,00	3,02	6,86
Largura da rampa (grau)	0,50	0,48	0,39	0,50	0,48	0,01
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,24	0,18	0,33	0,33	0,43
Largura setor superior (grau)	0,33	0,36	0,34	0,33	0,33	0,36
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	11		10	15	
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	14		10	11	

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2021a, 2021b)

Nota: Os dados lançados nas colunas do PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

Na inspeção realizada pelo UAV na cabeceira 06, o ângulo normal da rampa, a largura da rampa e a largura do setor inferior foram deficientes. Já na cabeceira 24, o ângulo normal da rampa e a largura da rampa foram deficientes.

Os dados aferidos pelo UAV na cabeceira 24 de Vitória foram extremamente discrepantes. Segundo Brasil (2019), não se sabe quais fatores foram determinantes para as discrepâncias dos resultados ou se foi a combinação desses. Segundo Brasil (2019), os seguintes

fatores podem ter causado as medidas discrepantes: forte chuva durante as inspeções, posição do sol, desalinhamento no posicionamento das caixas do PAPI, interferência de outras antenas, percepção dos ângulos de transição pelos operadores e erros nos dados topográficos inseridos no UAV. Para o teste estatístico aplicado no OE 3, os dados de Vitória foram desconsiderados. Contudo, as informações qualitativas dessas inspeções proporcionam uma oportunidade de análise dos fatores que podem ter influenciado negativamente os resultados.

Em Ilhéus, segundo as medições realizadas pelo UAV, as inspeções foram deficientes.

Tabela 6 – Apresentação dos dados das inspeções em Ilhéus

Parâmetros aferidos durante a inspeção	Cabeceira 11			Cabeceira 29		
	PAPI	ANV	UAV	PAPI	ANV	UAV
Ângulo de transição da caixa 1 (grau)	2,50	2,44	2,22	2,50	2,60	2,54
Ângulo de transição da caixa 2 (grau)	2,83	2,78	2,67	2,83	2,86	2,79
Ângulo de transição da caixa 3 (grau)	3,17	3,16	3,08	3,17	3,20	3,11
Ângulo de transição da caixa 4 (grau)	3,50	3,56	3,57	3,50	3,59	3,59
Ângulo normal da rampa (grau)	3,00	2,97	2,88	3,00	3,03	2,95
Largura da rampa (grau)	0,34	0,38	0,41	0,34	0,34	0,32
Largura setor inferior (grau)	0,33	0,34	0,45	0,33	0,26	0,25
Largura setor superior (grau)	0,33	0,40	0,49	0,33	0,39	0,48
Cobertura angular no lado esquerdo (grau)	10	10		10	11	
Cobertura angular no lado direito (grau)	10	11		10	10	

Fonte: Adaptada pelo autor com base em (BRASIL, 2019) e (DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2021c, 2020e)

Nota: Os dados lançados nas colunas dos PAPI referem-se aos valores de homologação do equipamento.

O ângulo normal da rampa, as larguras dos setores inferior e superior da cabeceira 11 foram deficientes. Já na cabeceira 29, a largura do setor superior foi deficiente. Todos os parâmetros deficientes foram consequência de aferições de ângulos de transição incorretos.

A arquitetura da inspeção de PAPI por meio de UAV e os componentes que envolveram a prova de conceito do seu emprego está em processo de patente, portanto a análise foi baseada estritamente no Relatório N° 006/PPCN, de 07.06.2021 e no manual do fabricante. O ICEA modificou as características originais do UAV, contudo, essas não estão disponíveis.

O UAV utilizado foi capaz de aferir os ângulos de transição e a cobertura horizontal. O seu desempenho operacional foi evidenciado por meio dos dados apresentados e analisados nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Entretanto, há que se conhecer as características técnicas do *Drone DJI Matrice 600 PRO* para analisar se seria possível, tecnicamente, a execução dos demais parâmetros de uma inspeção periódica de PAPI. Os dados técnicos do UAV estão na Tabela 7.

Para se conjecturar a possibilidade de o UAV aferir a cobertura utilizável, que deve ser medida a 4NM do PAPI, conforme Apêndice E, considerar-se-á a condição mais degradada: 5,5Kg de carga e 28,8 Km/h de vento de proa. Com isso, o UAV desenvolveria uma velocidade no solo, deslocando-se até ponto de início da passagem, de 36,2 Km/h (65 km/h – 28,8 km/h), gastando assim 12,2 minutos. Já durante a passagem, se deslocando em direção ao PAPI,

desenvolveria uma velocidade de 93,8 km/h (65 km/h + 28,8 km/h) durando 4,7 minutos.

Tabela 7 – Dados técnicos do *drone* DJI Matrice 600 PRO

Parâmetro técnico	Limitação técnica
Velocidade máxima sem vento (Km/h)	65
Resistência a ventos (Km/h)	28,8
Capacidade de carga (Kg)	5,5
Duração da bateria sem carga (minuto)	38
Duração da bateria com 5,5Kg de carga (minuto)	18
Giro do eixo de suporte da câmera fotográfica (grau)	360
Teto de operação (pés)	8.202

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Matrice 600 PRO especificações (2022)

Portanto, tecnicamente seria possível a aferição da cobertura utilizável pelo UAV, visto que a aferição duraria 16,9 minutos, tempo inferior à capacidade da bateria. Na mesma passagem da cobertura utilizável, aferir-se-ia a intensidade e brilho das luzes, a operação das lâmpadas, e o contraste identificação do sistema. Um fator que pode afetar a eficácia das medições é a limitação do alcance do RTK.

Mais uma passagem seria necessária para a aferição da *clearance* de obstáculos. A troca da intensidade do brilho das luzes poderia interferir na correta visualização das lâmpadas do PAPI e a sua correlação com os obstáculos pode ser prejudicada. A coincidência da rampa do PAPI com a rampa do ILS (*Instrument Landing System*) não seria possível ser aferida, uma vez que o UAV não incorpora um receptor de ILS. Ressalta-se que não foram encontrados artigos que tenham atestado a aferição desse parâmetro por UAV miniaturizados, conforme o empregado na campanha de inspeção de PAPI com UAV pelo ICEA.

Os dados das inspeções realizadas pelo UAV, apresentados no relatório da campanha, não foram criticados de forma específica para cada localidade que foi inspecionada. Os aspectos observados foram abordados de forma genérica acerca da operação do UAV durante toda a campanha. Portanto, as análises a seguir também serão feitas de maneira genérica, sendo comentadas a partir do referencial teórico.

Com relação à autonomia da bateria, relatou-se que altas temperaturas ambientais diminuía a capacidade da bateria. Conforme manual de técnico, o tempo de recarga das baterias é cerca de 1h30min. Portanto, é plausível a disponibilidade de baterias reservas para que a interrupção do voo seja breve o suficiente para simplesmente trocar as baterias e não esperar a recarga.

Outro fator que influenciou no tempo de voo útil do UAV foi a distância entre o ponto de posicionamento do RTK e o ponto de início da inspeção do PAPI. O UAV tinha de estar próximo ao SPA para que os dois estabelecessem comunicação, logo após a decolagem. Portanto, para se utilizar o máximo de tempo do voo do UAV, concluiu-se que o SPA deve

estar próximo ao PAPI. Caso fosse aplicado um SPA baseado em satélite, tal qual o D-RTK, conforme exposto por Togola, Kiemde e Kora (2020), esse fator limitador não existiria.

Observou-se que o UAV não dispunha de sistema de inercial de navegação. Nas inspeções em Vitória, uma das possíveis causas foi a interferência de outras antenas. Por conta disso, o enlace entre o SPA e o UAV pode ter sido interrompido. Conforme exposto por Costa, Oliveira e D'Amore (2020) a precisão poderia ser mantida por meio do INS.

Quanto ao tempo demandando, pelo UAV, para se aferir os ângulos de transição e a cobertura horizontal, constatou-se que de cinco a dez minutos são suficientes para suas aferições. Aqui, percebe-se que a inspeção mais curta, realizada pela aeronave-laboratório, nos moldes da realizada pelo UAV, durou 15 minutos, que foi no PAPI da cabeceira 06 de Pelotas, Anexo I. Constata-se, portanto, a eficiência do UAV sobre a aeronave no que se refere ao tempo de inspeção desses dois parâmetros.

Quando se compara o tempo de voo de inspeção realizado pelo UAV em relação ao da aeronave, não se pretende medir o custo de um com o outro. Seria incoerente fazer isso, uma vez que o custo da hora de voo do UAV é demasiadamente mais barato que o da aeronave. Entretanto, o impacto no fluxo de tráfego aéreo é o mesmo. A versatilidade do UAV pode promover uma inspeção em voo que impacte menos na circulação aérea.

Percebe-se que o UAV utilizado possui a capacidade de carga necessária, autonomia e velocidades satisfatórios para desempenhar a inspeção periódica de um PAPI, tal qual preconizado pela OACI. Não foi desempenhada uma inspeção periódica completa de PAPI, contudo as restrições técnicas apresentadas podem ser contornadas por meio da disponibilidade de baterias reservas e o posicionamento do SPA próximo do ponto de início dos testes do PAPI ou a utilização de um SPA independente de estação de solo.

Pilotos Inspectores acompanharam as missões realizadas e foram essenciais para a identificação dos fenômenos óticos. Como meio de substituição da visão do PI foi utilizada a câmera fotográfica Nikon D3100, conforme prevê a OACI. O modelo da lente não foi citado no relatório. A instalação de um filtro na lente foi necessária para que se atingisse maior nitidez na percepção dos ângulos de transição e a melhor visualização das próprias caixas do PAPI.

A posição do sol afetou diretamente a inspeção do PAPI. Portanto, dependendo do período do dia, pode ser impraticável a inspeção; essa condição foi observada no relatório. A influência da posição do sol também afeta a inspeção realizada pela aeronave-laboratório, entretanto não na mesma medida que influenciou o UAV. Conclui-se que o período noturno é mais apropriado para a inspeção com UAV. Além da melhor visualização, no período noturno a temperatura ambiente é menor, afetando menos as baterias e a condição do tráfego aéreo é

menos intensa.

No modelo aplicado de inspeção, exige-se a presença do PI no local onde a inspeção esteja acontecendo, portanto, uma inspeção em tempo real, tal qual é feita pelo GEIV e prevista por Togola, Kiemde e Kora (2021). Isso é um fator limitador por ser restrita a quantidade de PI disponível. A transmissão dos dados das aferições ao PI, após a inspeção, pode ser uma alternativa viável, tornando-a uma inspeção pós-processada, tal qual o modelo exposto por Togola, Kiemde e Kora (2021).

A proximidade entre o UAV e o PAPI também potencializa a dificuldade da visualização, visto que é estreita a faixa na qual a transição do vermelho para o branco ocorre. Uma distância de 500m do PAPI foi identificada como ótima considerando os requisitos de precisão de referência de posição, altura de voo e requisitos para o sensor da câmera (WILKENS; HEINKE; SEIDE, 2017). Entretanto, o UAV tem a vantagem de parar no espaço ou de ascender lentamente, proporcionando mais tempo para identificar a transição. Ainda assim, observou-se que a inexperiência dos operadores do UAV influenciou negativamente os resultados.

O emprego de piloto automático, tal qual testado por Costa, Oliveira e D'Amore (2020), garantiria maior precisão no voo. Além disso, o piloto automático atrelado a uma rota programada permitiria a medição dos parâmetros da inspeção sem a presença do PI. Não se trata de uma inspeção em voo, mas uma coleta dos dados para uma futura análise pelo PI. Essa seria uma condição para uma inspeção pós-processada, conforme proposta por Togola, Kiemde e Kora (2021).

Há que se ressaltar que o padrão de voo desempenhado pelo UAV para a medição dos ângulos de transição é diferente do executado pela aeronave. O UAV sobe e desce, mantendo a distância projetada no solo de 300 metros em relação ao PAPI. Esse perfil de voo é mais vantajoso que o padrão executado pela aeronave, por ser mais rápido, obtendo-se mais amostras, uma vez que os ângulos de transição podem ser medidos tanto na subida quanto na descida. Finalmente, a influência ou dependência da operação do UAV no tráfego aéreo é demasiadamente menor que da aeronave-laboratório.

Durante a aplicação do SPA percebeu-se que o seu posicionamento deve ser na lateral da pista, evitando a desmontagem, caso seja posicionado no centro da pista, sempre que uma aeronave se aproxima para pouso. Assim é feito pela aeronave-laboratório. Isso ratifica a vantagem do SPA baseado em satélite proposto por Togola, Kiemde e Kora (2020).

A importância do SPA combinada com o correto posicionamento do UAV no espaço em uma coordenada geográfica com precisão de décimos de segundos ficou evidente. As caixas

do PAPI podem não ser alinhadas ou nivelada, tal fato ligado à pequena distância entre o UAV e o PAPI resulta em grandes erros nas medições dos ângulos de transição.

Com isso alcançou-se o OE 1 que visava analisar os procedimentos operacionais previstos que envolvem a inspeção em voo periódica do PAPI e as suas execuções por meio da aeronave-laboratório, conhecendo suas características técnicas e operacionais. Também foi alcançado o OE 2, que era analisar o desempenho do UAV durante as inspeções, de modo que se conheçam suas características técnicas e operacionais.

Durante a campanha, 44 ângulos de transição foram medidos pelo UAV e os mesmos 44 ângulos medidos pela aeronave-laboratório, associados par a par. Ressalta-se que os resultados das medições feitas por um vetor não eram de conhecimento do outro, logo não houve nenhum outro fator que possa ter influenciado os valores, a não ser o próprio meio de aferição.

Os dados da inspeção de Vitória foram considerados espúrios por causa não identificada pelos pesquisadores do ICEA. Portanto, o tratamento estatístico que foi dado no presente artigo também desconsiderou as 8 amostras de Vitória, perfazendo 36 amostras, conforme Tabela 8. As 36 amostras apresentaram distribuição normal, conforme observado no Apêndice C.

Tabela 8 – Ângulos de transição aferidos pela aeronave-laboratório e UAV

Equipamento (PAPI)	Caixa 1		Caixa 2		Caixa 3		Caixa 4	
	Aeronave	UAV	Aeronave	UAV	Aeronave	UAV	Aeronave	UAV
Cabeceira 04 de Uberlândia	2,48	2,35	2,74	2,76	3,32	3,32	3,65	3,64
Cabeceira 22 Uberlândia	2,47	2,39	2,76	2,68	3,3	3,21	3,61	3,55
Cabeceira 17 de Uberaba	2,50	2,55	2,85	2,92	3,20	3,20	3,56	3,58
Cabeceira 35 de Uberaba	2,54	2,50	2,80	2,78	3,17	3,17	3,50	3,51
Cabeceira 07 de Navegantes	2,47	2,28	2,87	2,90	3,16	3,17	3,45	3,44
Cabeceira 25 de Navegantes	2,59	2,67	2,89	2,96	3,21	3,24	3,52	4,05
Cabeceira 06 de Pelotas	2,53	2,44	2,84	2,77	3,19	3,16	3,56	3,48
Cabeceira 11 de Ilhéus	2,44	2,22	2,78	2,67	3,16	3,08	3,56	3,57
Cabeceira 29 de Ilhéus	2,60	2,54	2,86	2,79	3,20	3,11	3,59	3,59

Fonte: Adaptada pelo autor com base nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Os seguintes critérios foram estabelecidos para a aplicação do Teste T Pareado: hipótese nula H_0 - Os valores médios dos ângulos de transição medidos pelo UAV são iguais aos medidos pela aeronave-laboratório; e a hipótese alternativa H_1 - Os valores médios dos ângulos de transição medidos pelo UAV são diferentes dos medidos pela aeronave-laboratório. Como H_0 atesta valores iguais, há que se considerar um teste bicaudal. Consideram-se os ângulos iguais se uma diferença máxima de $0,05^\circ$ for atendida. Foi adotado o nível de significância (α) de 0,05, que estipula a região crítica do teste. Com isso, determinou-se o intervalo de confiança de 95%.

Percebe-se, conforme a Figura 3, que a diferença média entre os valores do UAV e da

aeronave é $0,0189^\circ$, atendendo à tolerância da OACI de $0,05^\circ$. O valor p foi de 0,336; portanto, maior que 0,05, que foi o nível de significância do teste. Com isso, não se pode rejeitar a H_0 , que postula que as medidas dos ângulos de transição aferidos pelo UAV são iguais aos medidos pela aeronave. Entretanto, não se atingiu o intervalo de confiança de 95%, mas sim 92%.

Figura 3 – Teste T de *Student* Pareado para os ângulos de transição

		estatística	gl	p	Diferença média	Erro-padrão da Diferença	Intervalo de Confiança a 92%		
							Lim. Inferior	Lim. Superior	
Aeronave	Drone	t de Student	0.975	35.0	0.336	0.0189	0.0194	-0.0161	0.0538

Fonte: The jamovi project (2022)

Pode-se confiar na metodologia do teste aplicado com 92% de certeza de que os resultados apresentados pelo UAV estejam dentro da tolerância prevista de $0,05^\circ$. Para cada 100 medições dos ângulos de transição medidos pelo UAV extraído de uma população, 92 coincidirão com as medições aferidas pela aeronave-laboratório dentro de um intervalo de $-0,02^\circ$ a $0,05^\circ$. Com isso não se pode concluir, com 95% de certeza, que as medições do UAV são iguais às da aeronave. Os valores do intervalo foram arredondados na ordem centesimal.

A análise das inspeções realizadas pelo UAV corrobora com o resultado do teste estatístico. Percebeu-se que 6 das 11 inspeções, aproximadamente 54%, indisponibilizariam erroneamente os equipamentos, segundo as aferições dos ângulos de transição medidos pelo UAV.

Figura 4 – Teste T de *Student* Pareado para os ângulos de cobertura horizontal

		estatística	gl	p	Diferença média	Erro-padrão da Diferença	Intervalo de Confiança a 95%		
							Lim. Inferior	Lim. Superior	
Aeronave	UAV	t de Student	1.43	9.00	0.186	1.06	0.741	-0.616	2.74

Fonte: The jamovi project (2022)

A mesma metodologia foi aplicada para a comparação dos valores obtidos nas amostras dos ângulos de cobertura horizontal. São eles: Teste T Pareado bicaudal, 10 amostras, p -valor de 0,05, nível de significância de 0,05 e intervalo de confiança de 95%. As hipóteses foram: H_0 - Os valores médios dos ângulos de cobertura horizontal obtidos entre o UAV e a aeronave-laboratório são iguais e, H_1 - Os valores médios dos ângulos de cobertura horizontal obtidos entre o UAV e a aeronave-laboratório são diferentes. Consideram-se os ângulos de cobertura horizontal medidos pelo UAV iguais aos medidos pela aeronave, se diferirem em no máximo

0,08°. Os cálculos do teste estatístico estão expostos na Figura 4.

Percebe-se que a diferença média entre os valores do UAV e da aeronave é 1,06°, não atendendo à tolerância da OACI de 0,08°. Entretanto, por ser uma média, um valor com grande diferença influencia o resultado, visto que são apenas 10 amostras. O valor p foi de 0,186; portanto, maior que 0,05, que foi o nível de significância do teste. Dessa maneira, não se pode rejeitar a H_0 . Entretanto, não se atingiu o intervalo de confiança de 95%. Com isso não se pode concluir, com 95% de certeza, que as medições da cobertura horizontal realizadas pelo UAV serão iguais às da aeronave dentro do limite de 0,08°. Assim se alcança o OE 3, que era analisar comparativamente o desempenho do emprego do UAV em relação à aeronave-laboratório.

5 CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo de pesquisa analisar a influência da utilização do UAV na eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI. O ICEA desenvolveu uma arquitetura de inspeção em voo de PAPI baseada em UAV e uma campanha de inspeção em 11 PAPI serviu como prova de conceito.

O PAPI é um auxílio à navegação que guia o piloto para o pouso em condições visuais. Feixes óticos, com angulações diferentes, geram uma rampa e suas variações. Esses feixes precisam ser inspecionados periodicamente segundo exigência da OACI. Dentre os 10 parâmetros a serem inspecionados, o UAV foi capaz de aferir 4 parâmetros, os outros 6 parâmetros não foram testados.

A OACI cita três aspectos cruciais de uma inspeção em voo: a tripulação, a aeronave e o SPA. A tripulação de inspeção em voo deve ser habilitada para a missão, bem como deter capacidades técnicas para identificar os fenômenos passíveis de medição e o correto posicionamento no espaço para a aferição desses parâmetros.

A aeronave de inspeção em voo embarca equipamentos específicos para a inspeção. São eles: receptores dedicados aos equipamentos a serem inspecionados e o SIV, capazes de detectar e analisar os sinais recebidos e compará-lo com os padrões estabelecidos. A aeronave deve ter características operacionais semelhantes às aeronaves que utilizarão o auxílio à navegação. Especificamente para a inspeção de um PAPI, o SIV é dispensável.

Os SPA têm a função de garantir a precisão do posicionamento da aeronave em relação ao auxílio à navegação. Esses equipamentos podem ser baseados em solo, instalados numa posição conhecida ou independentes de estações baseadas em solo, garantindo maior flexibilidade na operação.

O emprego do UAV atendeu às exigências da OACI no que se refere ao SPA. O requisito “aeronave” foi atendido com ressalva. A autonomia das baterias do UAV não permite uma inspeção periódica completa; entretanto, baterias reservas diminuem o tempo de solo do UAV. O UAV não mede a coincidência da rampa do ILS com a do PAPI por não ter um receptor ILS. O aspecto “tripulação de inspeção em voo” também não foi completamente atendido. A destreza do operador do UAV influenciou negativamente os resultados. A utilização de um sistema de piloto automático poderia ter eliminado essa deficiência.

O emprego do UAV permite uma inspeção pós-processada. As medições são feitas e os dados serão analisados posteriormente pelo PI. Essa modalidade de inspeção possui a vantagem de não ser necessária a presença do PI durante as medições.

Quanto à metodologia aplicada para alcançar o OE 1, utilizou-se de pesquisa documental nos Relatórios de Inspeção em Voo relativos às inspeções que compuseram a campanha de inspeção do PAPI com o UAV, bem como nas normas que regem a inspeção em voo. Por meio desses, pôde-se analisar os procedimentos operacionais que envolvem a inspeção em voo periódica do PAPI e as suas execuções por meio da aeronave-laboratório, conhecendo suas características técnicas e operacionais.

Para o OE 2, utilizou-se de pesquisa documental no manual técnico do UAV, nas normas da OACI e DECEA, bem como em artigos acadêmicos que apresentaram o emprego de UAV em inspeção em voo. Com isso, conheceram-se as características técnicas do UAV. Com relação à análise do desempenho operacional do UAV durante as inspeções, também se aplicou a pesquisa documental no relatório da campanha de inspeção do PAPI com o UAV combinada com a metodologia prevista no MANINV para determinar os resultados das inspeções, segundo as medições aferidas pelo UAV.

Para analisar comparativamente o desempenho do emprego do UAV em relação à aeronave-laboratório, que foi o OE 3, aplicou-se o Teste T de *Student* para amostras pareadas. Com isso comparam-se os ângulos de transição aferidos pelo UAV com os aferidos pela aeronave-laboratório. O mesmo teste foi aplicado para a aferição da cobertura horizontal aferida pelo UAV em relação à aferida pela aeronave-laboratório.

Como resultado do OE 1, identificou-se que os ângulos de transição aferidos pela aeronave-laboratório podem diferir dos ângulos de homologação do PAPI em mais de $0,05^\circ$, isso porque os sistemas de referência são diferentes. O ajuste de um parâmetro fora de tolerância pode implicar em várias tentativas de correção por parte da equipe de manutenção e, para cada tentativa, há a necessidade de aferição pela aeronave-laboratório. A aferição errada dos ângulos baixo e alto podem influenciar na segurança da operação dos usuários do PAPI.

O OE 2 apresentou os seguintes resultados: percebeu-se que o padrão de medição dos ângulos de transição não obedeceu ao previsto pela OACI, que era medir os limites inferior e superior de cada feixe; a pequena distância entre o UAV e o PAPI atrelada à falta de um sistema de piloto automático afetou os resultados; a autonomia do UAV não é suficiente para uma inspeção periódica completa do PAPI, sendo necessário a disponibilidade de baterias reservas, e o perfil de medição dos ângulos de transição influenciam menos a circulação aérea que o padrão de voo desempenhado pela aeronave-laboratório.

O resultado do OE 3, proporcionado pelo teste estatístico T Pareado, tanto para os ângulos de transição quanto para os ângulos de cobertura horizontal, revelou que não foi possível atingir o intervalo de confiança de 95%, o que significa que os resultados apresentados pelo UAV retratam menos de 95% da população, o que não é aceitável pela OACI. Isso foi ratificado pelo fato de que 54% dos PAPI inspecionados pelo UAV seriam considerados deficientes, quando de fato não eram.

Consideraram-se os parâmetros aferidos pelo UAV, por ocasião da campanha de inspeção em voo de PAPI com UAV, sejam eles: cobertura angular, largura da rampa, largura dos setores inferior e superior e ângulo normal da rampa. Em nenhum deles o emprego do UAV testado pelo ICEA, limitado às condições que foi empregado, sejam elas: tipo de SPA utilizado, perfil de voo para a aferição dos parâmetros de inspeção, método de aferição e operadores do UAV foi capaz de influenciar a eficiência do emprego da aeronave-laboratório na inspeção em voo periódica de PAPI, que foi o objetivo de pesquisa.

Embora o UAV empregado pelo ICEA não seja capaz de substituir a aeronave-laboratório, uma possível contribuições para a FAB pelo emprego do UAV seria sua utilização pela equipe de manutenção para a calibração do auxílio antes do voo de inspeção. O fato de medir os feixes óticos no espaço, numa condição semelhante à da aeronave-laboratório, pode redundar em ajustes mais fidedignos que os gerados pelos métodos aplicados atualmente. Isso pode reduzir o tempo de inspeção em voo da aeronave-laboratório. Além disso, o emprego recorrente do UAV nas atividades de manutenção pode aperfeiçoar a operação do UAV para a inspeção em voo.

O emprego do UAV em áreas aeroportuárias é um novo problema que precisa ser estudado para viabilizar a operação. A integração ao UAV de um sistema de piloto automático é outro aspecto a ser estudado. Por fim, é válido pesquisar o enlace de comunicação e tramitação de dados em tempo real entre o UAV e uma base de inspeção em voo a longas distâncias, promovendo uma inspeção em tempo real com a equipe de inspeção em voo deslocada do local onde esteja ocorrendo a inspeção.

REFERÊNCIAS

- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 8. ed. rev. Florianópolis: UFSC, 2012. 318 p. ISBN 9788532806048.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume 2. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14971, 12 nov. 2020a.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. AIC N 18/09, de 27 de agosto de 2009. Utilização de Sistema de Posicionamento de Aeronave na Missão de Inspeção em Voo. **Boletim Interno Ostensivo [do DECEA]**, Rio de Janeiro, n. 116, 23 jun. 2009.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA N° 282/DGCEA, de 1° de dezembro de 2020. Aprovar a reedição do Manual que dispõe sobre os procedimentos operacionais de inspeção em voo. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 227, 14 dez. 2020b.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA N° 011/SDOP, de março de 2019. Designa o Grupo de Trabalho para a elaboração de estudos acerca da utilização de RPAS na inspeção em voo em auxílios visuais. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 47, 22 mar. 2019.
- COSTA, Diogo de Oliveira; OLIVEIRA, Neusa Maria Franco; D'AMORE, Roberto. The Feasibility of Remoted Piloted Aircrafts for VOR Flight Inspection. **Sensors**, [s. l.], 31 mar. 2020. DOI 10.3390/s20071947. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/1947>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 02 PAPI Uberlândia, 09/11/2020**. [S. l.], 2020a. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 03 PAPI Pelotas, 28/11/2020**. [S. l.], 2020b. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 04 PAPI Uberaba, 11/11/2020**. [S. l.], 2020c. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 04 PAPI Vitória, 08/03/2021**. [S. l.], 2021a. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 05 PAPI Uberaba, 11/11/2020**. [S. l.], 2020d. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 05 PAPI Vitória, 07/03/2020.** [S. l.], 2021b. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 07 PAPI Ilhéus, 11/03/2021.** [S. l.], 2020e. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 08 PAPI Uberlândia, 09/11/2020.** [S. l.], 2020f. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 14 PAPI Navegantes, 25/11/2020.** [S. l.], 2020g. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 20 PAPI Ilhéus, 11/03/2020.** [S. l.], 2021c. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Grupo Especial de Inspeção em Voo. **Relatório Final de Inspeção em Voo n. 21 PAPI Navegantes, 25/11/2020.** [S. l.], 2020h. Disponível em: <https://servicos.decea.mil.br/reliv/>. Acesso em: 16 maio 2022.

Do PRADO, A., KRUEGER, C. P. **ANÁLISE DA ACURÁCIA NOS POSICIONAMENTOS DIFERENCIAIS APLICANDO AS TÉCNICAS DGPS E RTK.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 55, n. 1, 2006. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43485>. Acesso em: 11 maio. 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Advisory Circular, 150/5345-28G, 29 de setembro de 2011. **PRECISION APPROACH PATH INDICATOR (PAPI) SYSTEMS,** [S. l.], 2011.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Doc 8071. **Manual on Testing of Radio Navigation Aids: Volume 1 - Testing on Ground-based Radio Navigation Systems,** [S. l.], 2018.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Doc 9157, Part 4, Fifth Edition, Amendment n° 1, 07 de dezembro de 2021. **AERODROME DESIGN MANUAL,** [S. l.], 7 dez. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **TÉCNICAS DE PESQUISA.** 9. ed. atual. São Paulo: Atlas, 2021. 315 p. ISBN 9788597026603. E-book.

MATRICE 600 PRO Especificações. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.dji.com/br/matrice600-pro/info#specs>. Acesso em: 24 abr. 2022.

RAHNAMA E., ASAADI, M., PARTO, K. **PRE-flight checks of navigation systems and PAPI lights using a UAV.** 2018 Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference (ICNS). pp. 2B4-1-2B4-7, doi: 10.1109/ICNSURV.2018.8384839. 2018.

RAMOS, Nelson Azoubel. **Avaliação e Comparação de Desempenho de Computadores: Metodologia e Estudo de Caso**. Orientador: Paulo Romero Martins Maciel. 2008. 60 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~tg/2008-2/nar.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SHAPIRO, S. S.; FRANCA, R. S. An Approximate Analysis of Variance Test for Normality. **Journal of the American Statistical Association**, [s. l.], ano 1972, p. 215-216, 5 abr. 2012. DOI 10.1080/01621459.1972.10481232. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1972.10481232>. Acesso em: 1 maio 2022.

THE JAMOVİ project. 2.3. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 8 jun. 2022.

TOGOLA, S.; KIEMDE, S. M. A.; KORA, A. D. Real Time and Post-Processing Flight Inspection by Drone: A Review. **Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal**, [s. l.], v. 6, ed. 3, p. 92-99, 2021. DOI 10.25046/aj060310. Disponível em: <https://www.astesj.com/v06/i03/p10/#1648221796869-173226aa-3795>. Acesso em: 22 fev. 2022.

TOGOLA, S.; KIEMDE, S. M. A.; KORA, A. D. Real Time and Post-Processing Flight Inspection by Drone: A Survey. **43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)**, [s. l.], p. 399-402, 2020. DOI 10.1109/TSP49548.2020.9163498. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9163498>. Acesso em: 22 fev. 2022.

VIEIRA, Sonia. **Introdução à Bioestatística**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 345 p. ISBN 9788535250121. Disponível em: <https://www.academia.edu/resource/work/32131333>. Acesso em: 4 abr. 2022.

WILKENS, Claus-Sebastian; HEINKE, Thorsten; SEIDE, Rolf. **Application of Unmanned Aircraft System as an Instrument in Flight Inspection**. Conference: 2018 International Flight Inspection Symposium, Monterey, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355701897_Application_of_Unmanned_Aircraft_Systems_as_an_Instrument_in_Flight_Inspection. Acesso em: 11 maio 2022.

APÊNDICE A – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pelo UAV segundo a fórmula prevista pela OACI

Tabela 9 – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição segundo a fórmula prevista pela OACI

Parâmetros	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4
Ângulo central do feixe (grau)	2,5	2,83	3,17	3,5
Largura da faixa de transição plana (minuto de arco)	3	3	3	3
Largura da faixa de transição plana (grau)	0,05	0,05	0,05	0,05
Ângulo do limite inferior do feixe (grau)	2,475	2,805	3,145	3,475
Ângulo do limite superior do feixe (grau)	2,525	2,855	3,195	3,525
Distância projetada no solo entre o UAV e o PAPI (metro)	300	300	300	300
Altura do limite inferior do feixe (metro)	12,967	14,699	16,484	18,217
Altura do limite superior do feixe (metro)	13,229	14,961	16,746	18,480
Largura da faixa de transição plana (metro)	0,262	0,262	0,262	0,262

Fonte: O autor

Notas: (a) Os ângulos considerados são de um PAPI genérico apresentados no MANINV. (b) A trajetória do voo do UAV é perpendicular ao solo a uma distância do PAPI projetada no solo de 300 metros.

APÊNDICE B – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pela aeronave

A trajetória de voo da aeronave é paralela ao solo a uma altura constante de 500 pés (152,4 metros), aproximando-se perpendicularmente ao eixo vertical do PAPI, conforme previsto no MANINV. Portanto, a altura da aeronave não varia; dessa forma, aplicou-se a fórmula para o cálculo do diâmetro angular para se obter a largura da faixa plana do feixe, na qual o PI pode visualizar o ângulo de transição. A distância entre a aeronave e o PAPI é diferente para cada medição dos ângulos de transição das caixas. Por isso, determinou-se cada distância por meio da fórmula da função tangente dos ângulos centrais de cada feixe.

$$\text{Fórmula do diâmetro angular: } D = \frac{2\pi dA}{360}$$

$$\text{Fórmula da função tangente: } \text{Tangente (A)} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

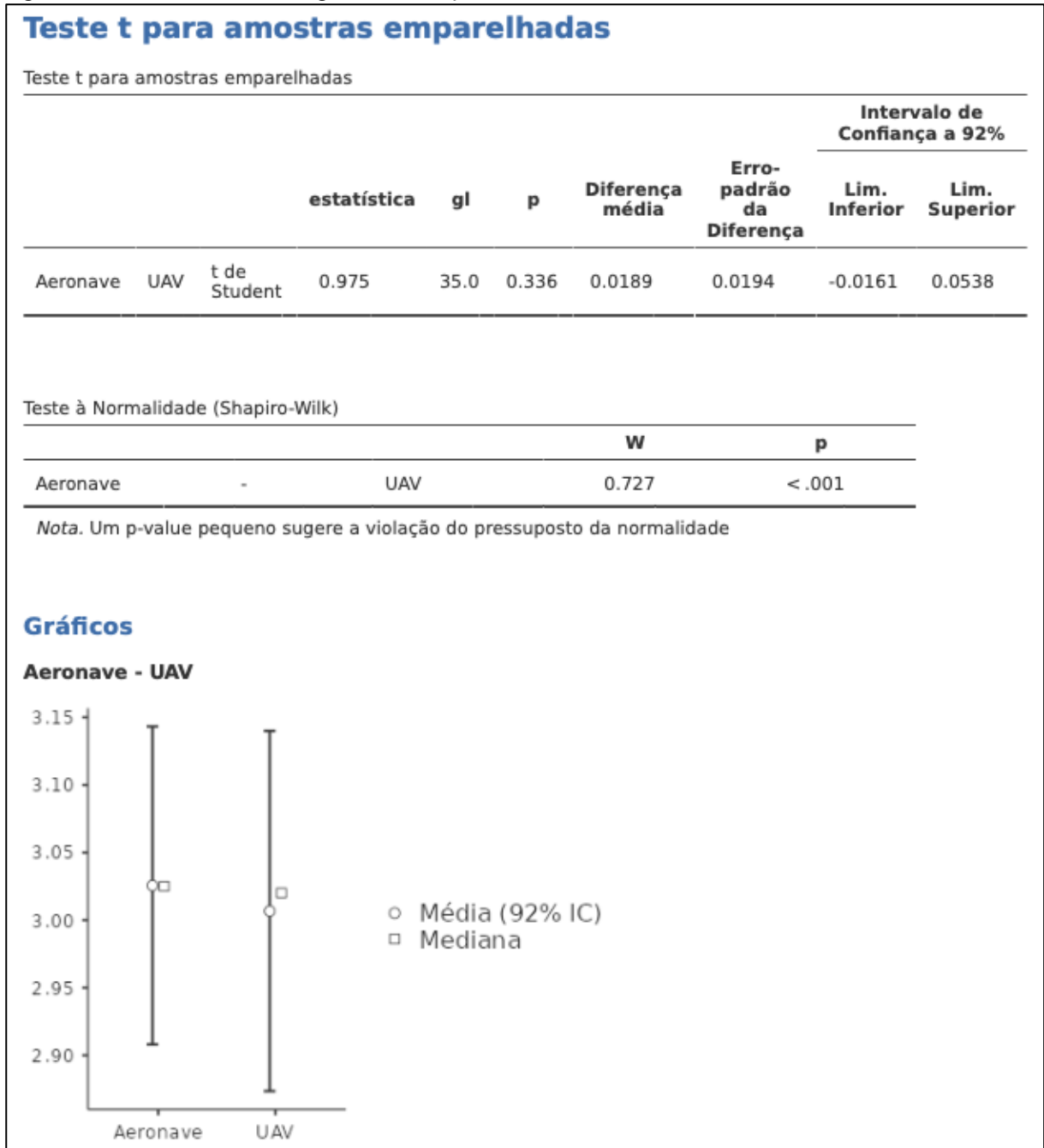
Tabela 10 – Cálculo da largura da faixa plana do feixe do ângulo de transição medido pela aeronave

Variável	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4
Ângulo central do feixe (grau)	2,5	2,83	3,17	3,5
Largura da faixa de transição plana (minuto de arco)	3	3	3	3
Largura da faixa de transição plana (grau)	0,05	0,05	0,05	0,05
Altura da aeronave em relação ao eixo horizontal do PAPI (metro)	152,4	152,4	152,4	152,4
Distância projetada no solo entre a aeronave e o PAPI (metro)	3.490,5	3.082,9	2.751,7	2.491,7
Largura da faixa de transição plana (metro)	3,0	2,7	2,4	2,2
Média das larguras das faixas de transição plana (metro)			2,5	

Fonte: O autor

APÊNDICE C – Teste T Pareado dos ângulos de transição

Figura 5 – Teste T Pareado dos ângulos de transição



Fonte: The jamovi project (2022)

APÊNDICE D – Teste T Pareado dos ângulos de cobertura horizontal

Figura 6 – Teste T Pareado dos ângulos de cobertura horizontal

Resultados

Teste t para amostras emparelhadas

Teste t para amostras emparelhadas

		estatística	gl	p	Diferença média	Erro-padrão da Diferença	Intervalo de Confiança a 95%	
Aeronave	UAV						Lim. Inferior	Lim. Superior
	t de Student	1.43	9.00	0.186	1.06	0.741	-0.616	2.74

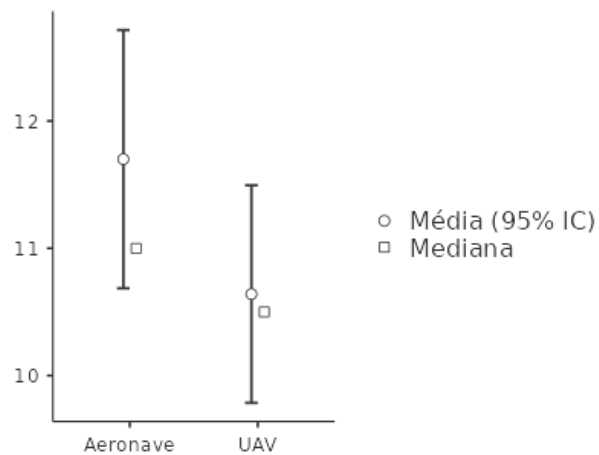
Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

		W	p
Aeronave	- UAV	0.927	0.418

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Gráficos

Aeronave - UAV



Fonte: The jamovi project (2022)

APÊNDICE E – Extrato das tolerâncias do PAPI

Tabela 11 – Extrato das tolerâncias do PAPI

Parâmetros	Tolerâncias
Operação, Intensidade e Brilho das Luzes	Todas as luzes deverão estar operando com a mesma intensidade relativa para cada ajuste selecionado.
Operação das Lâmpadas	Será tolerado um máximo de 50% das lâmpadas inoperantes, desde que haja, pelo menos, uma lâmpada em operação em cada caixa.
Coincidência com Rampa Eletrônica de Precisão (ILS / PAR)	A rampa visual e eletrônica deverão ser coincidentes dentro da área de 6.000 ft a 1.000 ft da cabeceira da pista, de tal forma que não haja indicações conflitantes que possam confundir o piloto.
Ângulo Normal da Rampa	Deverá estar dentro de 0,1° do estabelecido.
Largura da(s) Rampa(s)	Para o sistema com 0,34° de largura (instalação isolada) a largura não deverá ser menor que 0,24° e nem maior que 0,44°.
Largura dos Setores Inferior e Superior	Para sistema com 0,5° de largura (instalação conjugada com rampa eletrônica de precisão e também onde operem aeronaves de grande porte), não deverá ser menor que 0,4° e nem maior que 0,7°. O valor ideal é 0,33°. Entretanto poderá variar em ± 0,1° do valor ideal.
Cobertura Utilizável	No mínimo, 4 NM.
Cobertura Angular	O feixe de luz produzido pelas caixas do PAPI deverá ser visível através de um ângulo, em azimute, de no mínimo 10° ou conforme estabelecido em voo de homologação.
“Clearance” de Obstáculos	Uma indicação vermelha bem definida de todas as caixas deverá ser visível, mantendo-se “clearance” de 0,6° do maior obstáculo, que deverá ser verificada no prolongamento da linha central da pista.
Contraste e Identificação do Sistema	O sistema deverá prover uma informação de rampa que seja facilmente identificável e prontamente distinguível de outros auxílios visuais luminosos e luzes aeronáuticas de superfície dentro do ambiente no qual está instalado. Identificação errônea ou impossibilidade de pronta identificação do sistema tornará o auxílio “não utilizável”.

Fonte: Adaptada pelo autor com base em Brasil (2020b)

ANEXO A – Relatório N° 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Figura 7 – Relatório n° 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

RELATÓRIO FINAL	Número: 006/PPCN	Emitente: ICEA	UAS
	Data: 07/06/2021	Solicitante: Diretor do ICEA	
Inspeção em voo de auxílios visuais (PAPI) com o uso de UAS			
<p>1 FINALIDADE</p> <p>Este relatório pretende apresentar o resultado da prova de conceito de aplicação de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) na inspeção do Indicador de Precisão de Rampa de Aproximação (Precision Approach Path Indicator – PAPI) com a finalidade de apoiar as atividades de inspeção em voo do Grupo Especial de Inspeção Voo (GEIV).</p>			
<p>2 REFERÊNCIAS</p> <p>ANAC. 2017. RBAC-E 94 EMD 00. <i>Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : ANAC, 03 de Maio de 2017.</p> <p>DECEA. 2016. ICA 100-12. <i>Regras do Ar</i>. Rio de Janeiro : DECEA, 2016.</p> <p>—. 2020. ICA 100-40. <i>Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : DECEA, 01 de Julho de 2020.</p> <p>—. 2020. MANINV. <i>Manual Brasileiro de Inspeção em Voo</i>. Rio de Janeiro : DECEA, 2020.</p> <p>—. 2020. MCA 56-1. <i>Aeronaves Não Tripuladas para Uso Exclusivo em Apoio às Situações Emergenciais</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : DECEA, 01 de Julho de 2020.</p> <p>—. 2020. MCA 56-2. <i>Aeronaves Não Tripuladas para Uso Recreativo - Aeromodelos</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : DECEA, 01 de Julho de 2020.</p> <p>—. 2020. MCA 56-3. <i>Aeronaves Não Tripuladas Para Uso em Proveito dos Órgãos Ligados aos Governos Federal, Estadual e Municipal</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : DECEA, 01 de Julho de 2020.</p> <p>—. 2020. MCA 56-4. <i>Aeronaves Não Tripuladas Para Uso em Proveito dos Órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de Fiscalização da Receita Federal</i>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : DECEA, 01 de Julho de 2020.</p> <p>ICAO. 2018. Annex 10. <i>Radio Navigation Aids</i>. Montreal : ICAO, 2018. Vol. I, 7th edition.</p> <p>—. 2015. Doc 10019. <i>Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)</i>. Montreal, QC, Canadá : ICAO, 2015. 1st edition.</p> <p>—. 2018. Doc 8071. <i>Manual on Testing of Radio Navigation Aids</i>. Montreal : ICAO, 2018. Vol. I, 5th edition.</p> <p>—. 2004. Doc 9157. <i>Aerodrome Design Manual</i>. Montreal : ICAO, 2004. Vol. Part 4, 4th edition.</p> <p>—. 2020. UTM Guidance. <i>Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization</i>. Montreal, QC, Canadá : ICAO, 25 de Setembro de 2020. 3rd edition.</p>			
<p>3 ANEXOS</p> <p>a) ANEXO A - REQUISITOS TÉCNICOS</p> <p>b) ANEXO B – METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO EM VOO COM USO DE UAS</p> <p>c) ANEXO C – PROPOSTAS DE OPERACIONALIZAÇÃO</p> <p>d) ANEXO D – EXEMPLO DE CARTA DE ACORDO OPERACIONAL</p> <p>e) ANEXO E – SUGESTÕES DE EXTENSÃO DE PESQUISA</p>			

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	2/28
<p>4 SUMÁRIO DA SITUAÇÃO</p> <p>Em 2016, o GEIV iniciou testes para utilização de aeronaves remotamente pilotadas na aferição de auxílios à navegação. Em 2019, o trabalho ganhou impulso com uma nova estrutura criada pela Portaria DECEA nº 11, de março de 2019, que passou a reunir três unidades da Força Aérea Brasileira e estabeleceu o objetivo do GT de analisar a viabilidade da utilização do UAS nas atividades de inspeção em voo do PAPI, propondo uma visão prospectiva sobre o assunto e, apesar de não visar uma solução operacional aplicável imediatamente, tal cenário também é factível mediante o repasse da solução para a Indústria.</p> <p>Além do GEIV, também participaram deste estudo o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), organização militar responsável pela pesquisa e desenvolvimento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro, e o Instituto de Estudos Avançados (IEAv), que tem como atividade fim a ampliação do conhecimento científico e o domínio de tecnologias estratégicas para fortalecimento do poder aeroespacial brasileiro.</p> <p>Entretanto, antes de iniciar as tratativas com o IEAv, o ICEA interagiu, sem êxito, com a empresa XMobots a fim de buscar uma solução da problemática aqui apresentada.</p> <p>A equipe do IEAv foi dedicada a apresentar uma solução para o problema e reuniu militares com expertise multidisciplinar, composta por especialistas em cartografia, fotogrametria, programação, fotointeligência, computação de alto desempenho e sensores embarcados, para compreender os principais pontos a serem abordados.</p> <p>O resultado deste trabalho incluiu a identificação de UAS com a precisão de navegação necessária para o projeto e sensor imageador e o desenvolvimento de aplicativo instalado em <i>tablet</i> para coleta e tratamento de dados coletados e de metodologia específica, com base dos requisitos repassados pelo ICEA durante as campanhas.</p> <p>A equipe responsável pelo projeto iniciou o processo de registro do aplicativo junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), com previsão de conclusão até outubro de 2021. Após o registro, será possível repassar o protótipo à indústria para o desenvolvimento de um produto operacional.</p> <p>4.1 CAMPANHAS</p> <p>A Equipe UAS responsável pela coordenação e realização das campanhas foi composta pelos seguintes militares do ICEA e do IEAv:</p> <div data-bbox="464 1588 1099 1883" style="border: 1px solid black; height: 132px; width: 398px; margin: 10px auto;"></div>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	3/28
<p>Foram planejadas quatorze campanhas para a pesquisa e desenvolvimento da metodologia, critérios e aplicativo de suporte para a inspeção em voo do PAPI com o UAS. Devido a problemas técnicos, não foi possível realizar uma das campanhas planejadas e, assim, somente treze campanhas foram realizadas, sendo suficientes para se obter os resultados apresentados neste relatório.</p>	
<p>As três últimas campanhas, realizadas nos aeródromos de Uberlândia e Uberaba, Pelotas e Navegantes, Vitória e Ilhéus, foram utilizadas para consolidar e validar a metodologia e os sistemas desenvolvidos.</p>	
<p>Em todas as campanhas, a Equipe UAS era complementada por pilotos inspetores e operadores de teodolito do GEIV, que, apesar de não operar diretamente o sistema em todas as missões, puderam confrontar os resultados obtidos com a metodologia praticada atualmente pelo GEIV.</p>	
<p>4.2 <u>METODOLOGIA DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS</u></p>	
<p>Para a realização de coleta e tratamento dos dados do projeto, foi utilizado um UAS DJI Matrice 600 PRO®, com RTK (Real Time Kinematic), para maior precisão no posicionamento 3D da aeronave. O UAS foi equipado com uma câmera fotográfica Nikon® D3100, acoplada por meio do Gimbal original do UAS.</p>	
<p>Durante o desenvolvimento do projeto, a Equipe pensou na possibilidade de melhoria na identificação das transições das luzes do PAPI com o uso de um filtro para a câmera. Essa possibilidade foi testada com o uso de um papel celofane acoplado à lente da câmera e atingiu resultados satisfatórios, mostrando-se efetivo para reduzir o reflexo das luzes do PAPI nas laterais das caixas e melhorou a percepção da transição das luzes. Outra possibilidade, não testada, seria o uso de filtros polarizados.</p>	
<p>Para efetuar a inspeção de PAPI a curtas distancias utilizando um UAS, a sua acurácia posicional é fator determinante. A acurácia posicional fornecida apenas pelo GPS não basta para se atingir as precisões desejadas para obtenção dos ângulos verticais, no caso mais crítico de 0,05°. Constata-se daí que a integração com um RTK, exibido na Figura 1, é o primeiro requisito para o sistema. A técnica do RTK baseia-se na medição de fase da onda portadora dos sinais dos satélites, a qual é corrigida por meio de dados enviados por uma estação de referência, permitindo-se obter uma acurácia horizontal de cerca de 2 cm.</p>	
<p>Após a fixação da constelação pelo UAS e pela antena do RTK, os dados apresentaram correção posicional dentro de 1 segundo de intervalo e não houve variação planimétrica e altimétrica que ultrapassasse as precisões nominais do equipamento: Horizontal: $1 \text{ cm} \pm 1 \text{ ppm}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ cm}$) e Vertical: $2 \text{ cm} \pm 1 \text{ ppm}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ cm}$).</p>	
<p>Para o funcionamento do RTK, a antena de referência foi colocada sobre um tripé de topografia e o conjunto posicionado sobre um ponto de referência conhecido e registrado pelo ICA no sítio aeronáutico. Durante os estudos, observou-se que, para permitir que o UAS obtivesse link com a antena do RTK, era necessário que a decolagem da aeronave ocorresse próxima a esta antena. Isso impôs uma restrição aos pontos possíveis para utilização da solução proposta no projeto àqueles próximos à cabeceira servida ou ao PAPI inspecionado. Outros pontos resultaram em grande tempo de voo para posicionamento do UAS e consequente redução da autonomia utilizável e aumento do tempo necessário para a inspeção.</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021

4/28

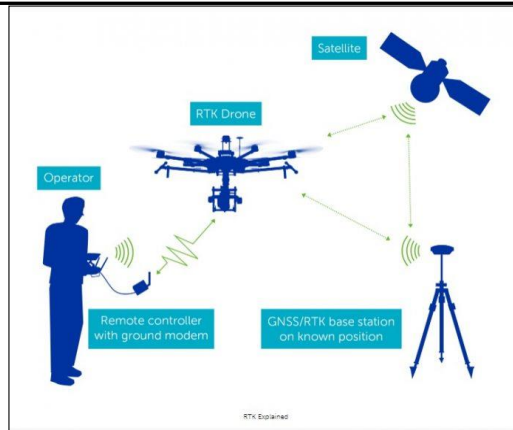


Figura 1 – Esquema de funcionamento do RTK.

Fonte: <https://www.heliguy.com/blog/2019/01/24/is-rtk-the-future-of-drone-mapping/>

Durante as campanhas, buscou-se a realização de voos de inspeção do GEIV para coleta de dados de referência e comparação com os resultados obtidos pelo UAS. A inspeção do GEIV obedeceu aos procedimentos e metodologias previstos no Manual Brasileiro de Inspeção em Voo – MANINV (DECEA, 2020).

A inspeção realizada com o UAS utilizou um aplicativo para tablet para a coleta dos dados de posição (3D) do UAS e registro dos eventos de transição das luzes do PAPI. Esse aplicativo, então, com base nos dados coletados, calculava os ângulos das transições, registrando os resultados em um relatório simplificado. Cabe ressaltar que, como o objetivo do projeto era realizar uma prova de conceito e não desenvolver um produto operacional, o layout do relatório gerado pelo sistema (Figura 2) não obedeceu ao modelo previsto no MANINV. Pela mesma razão, a interface do aplicativo (Figura 3) pode ser melhorada e ter funcionalidades adicionais, tais como acesso à base de dados do ICA ao invés da inserção manual dos dados geográficos de PAPI, PO e cabeceira.

```

Caixa 1: 2.4131889869195358 2.4353684901864456 2.4043760594645263 2.398338491406174
Caixa 2: 2.8376298187187445 2.887057953157506 2.7822478766862084 2.7975485470383616
Caixa 3: 3.1802585227008775 3.2840644374663452 3.035185241284408 3.1088990612172864
Caixa 4: 3.7103541157651483 3.7591324147798915 3.6587631512763052 3.695555645281148

Media CX 1: 2.4128180069941703
Media CX 2: 2.8261210489002053
Media CX 3: 3.1521018156672294
Media CX 4: 3.705951331775623

Angulo Normal da Rampa: 2.989114322837176
Abertura da Rampa: 0.32598076676702403
  
```

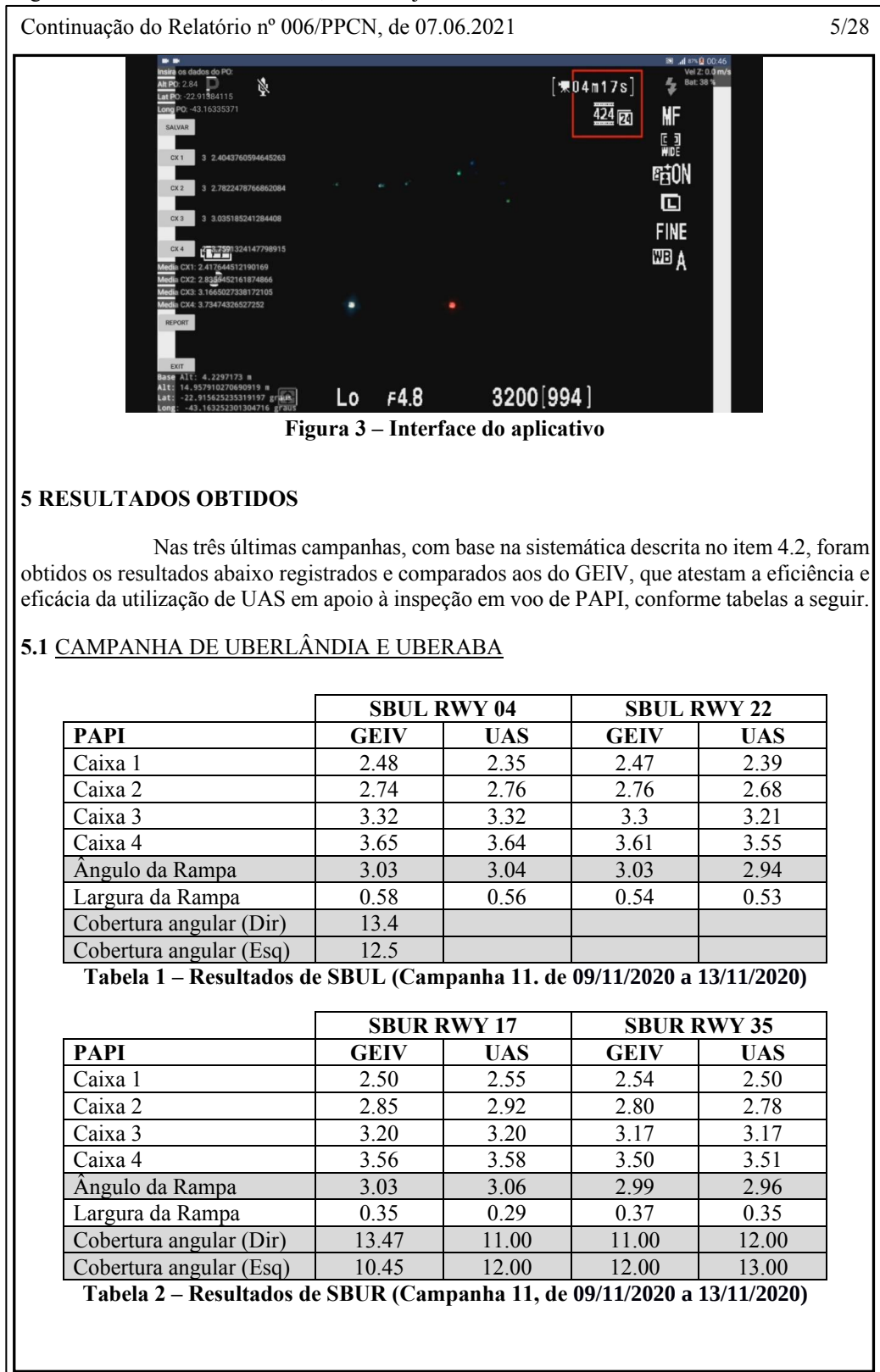
Figura 2 – Relatório de inspeção

Os padrões de inspeção com o UAS utilizados envolveram manobras verticais (para a inspeção do ângulo da rampa) e manobras horizontais (para a inspeção da abertura horizontal), conforme o descrito no ANEXO B – METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO EM VOO COM USO DE UAS.

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021



5 RESULTADOS OBTIDOS

Nas três últimas campanhas, com base na sistemática descrita no item 4.2, foram obtidos os resultados abaixo registrados e comparados aos do GEIV, que atestam a eficiência e eficácia da utilização de UAS em apoio à inspeção em voo de PAPI, conforme tabelas a seguir.

5.1 CAMPANHA DE UBERLÂNDIA E UBERABA

PAPI	SBUL RWY 04		SBUL RWY 22	
	GEIV	UAS	GEIV	UAS
Caixa 1	2.48	2.35	2.47	2.39
Caixa 2	2.74	2.76	2.76	2.68
Caixa 3	3.32	3.32	3.3	3.21
Caixa 4	3.65	3.64	3.61	3.55
Ângulo da Rampa	3.03	3.04	3.03	2.94
Largura da Rampa	0.58	0.56	0.54	0.53
Cobertura angular (Dir)	13.4			
Cobertura angular (Esq)	12.5			

Tabela 1 – Resultados de SBUL (Campanha 11. de 09/11/2020 a 13/11/2020)

PAPI	SBUR RWY 17		SBUR RWY 35	
	GEIV	UAS	GEIV	UAS
Caixa 1	2.50	2.55	2.54	2.50
Caixa 2	2.85	2.92	2.80	2.78
Caixa 3	3.20	3.20	3.17	3.17
Caixa 4	3.56	3.58	3.50	3.51
Ângulo da Rampa	3.03	3.06	2.99	2.96
Largura da Rampa	0.35	0.29	0.37	0.35
Cobertura angular (Dir)	13.47	11.00	11.00	12.00
Cobertura angular (Esq)	10.45	12.00	12.00	13.00

Tabela 2 – Resultados de SBUR (Campanha 11, de 09/11/2020 a 13/11/2020)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021

6/28

As tabelas 1 e 2 comparam a avaliação dos ângulos de transição, rampa e cobertura angular coletados pelo voo com a aeronave do GEIV e dados obtidos com os procedimentos e metodologias aplicados no uso de UAS Matrice 600, na mesma campanha, e no ambiente das cabeceiras de pista dos aeródromos de Uberlândia e Uberaba.

5.2 CAMPANHA DE NAVEGANTES E PELOTAS

PAPI	SBNF RWY 07		SBNF RWY 25	
	GEIV	UAS	GEIV	UAS
Caixa 1	2.59	2.28	2.59	2.67
Caixa 2	2.89	2.90	2.89	2.96
Caixa 3	3.21	3.17	3.21	3.24
Caixa 4	3.52	3.44	3.52	4.05
Ângulo da Rampa	3.05	3.04	3.05	3.10
Largura da Rampa	0.32	0.27	0.32	0.28
Cobertura angular (Dir)	11	11.00	11.12	10.00
Cobertura angular (Esq)	15	9.00	15	9.00

Tabela 3 - Resultados de SBNF (Campanha 12, de 25/11/2020 a 29/11/2020)

PAPI	SBPK RWY 06		SBPK RWY 24
	GEIV	UAS	
Caixa 1	2.53	2.44	NÃO POSSUI PAPI
Caixa 2	2.84	2.77	
Caixa 3	3.19	3.16	
Caixa 4	3.56	3.48	
Ângulo da Rampa	3.02	2.96	
Largura da Rampa	0.35	0.40	
Cobertura angular (Dir)	11.00	9.78	
Cobertura angular (Esq)	10.00	9.62	

Tabela 4 - Resultados de SBPK (Campanha 12, de 25/11/2020 a 29/11/2020)

As tabelas 3 e 4 compilam os resultados obtidos nas cabeceiras de pistas dos aeródromos de Navegantes e Pelotas nos mesmos moldes da campanha anterior para que fosse possível a validação dos procedimentos e metodologias aplicados no uso do UAS.

5.3 CAMPANHA DE VITÓRIA E ILHÉUS

PAPI	SBVT RWY 06		SBVT RWY 24	
	GEIV	UAS	GEIV	UAS
Caixa 1	4.32	3.98	3.63	6.43
Caixa 2	3.96	3.64	3.30	6.86
Caixa 3	3.48	3.25	2.75	6.87
Caixa 4	3.24	3.07	2.32	6.51
Ângulo da Rampa	3.72	3.44	3.02	6.86
Largura da Rampa	0.48	0.39	0.48	0.02
Cobertura angular (Dir)				
Cobertura angular (Esq)				

Tabela 5 - Resultados de SBVT (Campanha 14, de 08/03/2021 a 12/03/2021)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021					7/28
PAPI	SBIL RWY 11		SBIL RWY 29		
	GEIV	UAS	GEIV	UAS	
Caixa 1	3.56	3.57	3.59	3.59	
Caixa 2	3.16	3.08	3.20	3.11	
Caixa 3	2.78	2.67	2.86	2.79	
Caixa 4	2.44	2.22	2.60	2.54	
Ângulo da Rampa	2.97	2.88	3.03	2.95	
Largura da Rampa	0.37	0.40	0.34	0.32	
Cobertura angular (Dir)					
Cobertura angular (Esq)					

Tabela 6 - Resultados de SBIL (Campanha 14, de 08/03/2021 a 12/03/2021)

As tabelas 5 e 6, compilam os resultados obtidos nas cabeceiras de pistas dos aeródromos de Vitória e Ilhéus.

O levantamento em SBVT foi dificultado pela chuva constante. A realização do voo somente foi possível, com algum resultado, no primeiro dia, quando foi feito o levantamento vertical da RWY06. Para a RWY24 só foi possível voar durante o dia e, pela posição do sol, a visualização das transições do PAPI foi muito prejudicada, evidenciando que voos durante o dia, especialmente com o sol alinhado com o PAPI, podem ser inviáveis.

5.4 CAMPANHA DE SÃO LUÍS E PORTO VELHO

Não foi possível realizar a coleta de dados em São Luís e em Porto Velho, referente à Campanha 13, devido a pane no UAS Matrice. O UAS não realizou a conexão entre o controle e a aeronave, tornando o voo impraticável. Foram tentadas soluções logísticas para que um controle reserva fosse enviado para São Luís, porém sem sucesso.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para a análise dos resultados, fez-se a comparação entre os resultados obtidos pelo UAS e o GEIV, contabilizando os resultados da diferença entre os valores obtidos dentro da tolerância do equipamento (0.1 grau).

Em seguida, foi feita a comparação estatística da média dos resultados obtidos pelo UAS com os resultados obtidos pelo GEIV, calculando-se a correlação entre eles por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson, conforme a seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \text{ onde}$$

r = coeficiente de correlação;
 x_i = valores da variável x em uma amostra
 \bar{x} = média aritmética dos valores da variável x
 y_i = valores da variável y em uma amostra
 \bar{y} = média aritmética dos valores da variável y

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021		8/28
O resultado deste cálculo foi interpretado conforme a tabela abaixo:		
Coeficiente	Significado	
± 0.9	correlação muito forte.	
± 0.7 a 0.9	correlação forte.	
± 0.5 a 0.7	correlação moderada.	
± 0.3 a 0.5	correlação fraca.	
± 0 a 0.3	correlação desprezível.	
Tabela 7 – Interpretação do Coeficiente de Pearson (MUKAKA, 2012)		
Os resultados analisados foram agrupados em três classes: diferenças entre resultados UAS e GEIV (Tabela 8); Resultados do ângulo normal da rampa (Tabela 9); e Correlação entre resultados UAS e GEIV (Tabela 10).		
6.2 DADOS ESPÚRIOS OBTIDOS EM SBVT		
Os resultados obtidos em SBVT mostraram-se muito fora da tolerância do equipamento. Tal comportamento não foi observado nas outras localidades avaliadas. Por causa da escassez de tempo, não foi possível conduzir uma análise mais aprofundada para determinar a causa da diferença acima do normal nos resultados lá obtidos. As causas possíveis estão ligadas a:		
<ul style="list-style-type: none"> a) <u>Erro no posicionamento das caixas do PAPI</u>: a proximidade de execução do voo do UAS reduz a tolerância do erro de instalação das caixas do PAPI. Quanto maior a proximidade do sistema, maior a precisão a ser adotada na instalação. Tal erro não fica evidenciado pelo voo do GEIV uma vez que as leituras são obtidas a uma distância do sistema em que a tolerância ao erro se torna maior. b) <u>Interferências de outras antenas</u> localizadas no aeroporto no RTK do UAS: algumas interferências podem inserir erro nas coordenadas do UAS. Como relatado no item anterior, qualquer erro próximo ao sistema pode resultar em diferenças grandes no resultado. c) <u>Percepção da transição pelo operador</u>: os resultados obtidos por operador que não fosse piloto do GEIV podem sofrer variações maiores, por falta de treinamento e prática. d) <u>Erro nos dados topográficos inseridos no UAS</u>: o UAS utiliza altitudes ortométricas, enquanto as informações aeronáuticas apresentam altitudes geométricas. Erro no cálculo da conversão das altitudes aeronáuticas para a inserção no sistema pode introduzir erro na avaliação. Além disso, diferenças na planimetria (latitude e longitude), devido ao grande nível de acurácia exigido pelo sistema, pode ser um fator contribuinte para erros. 		
Devido ao desvio não identificado na inspeção dos PAPI de SBVT, estes dados foram considerados espúrios, de causa não identificável e de origem local. Tais resultados e sua análise serão apresentados no estudo, para efeito de comparação, porém não foram considerados na análise final.		

Fonte: Brasil (2019)

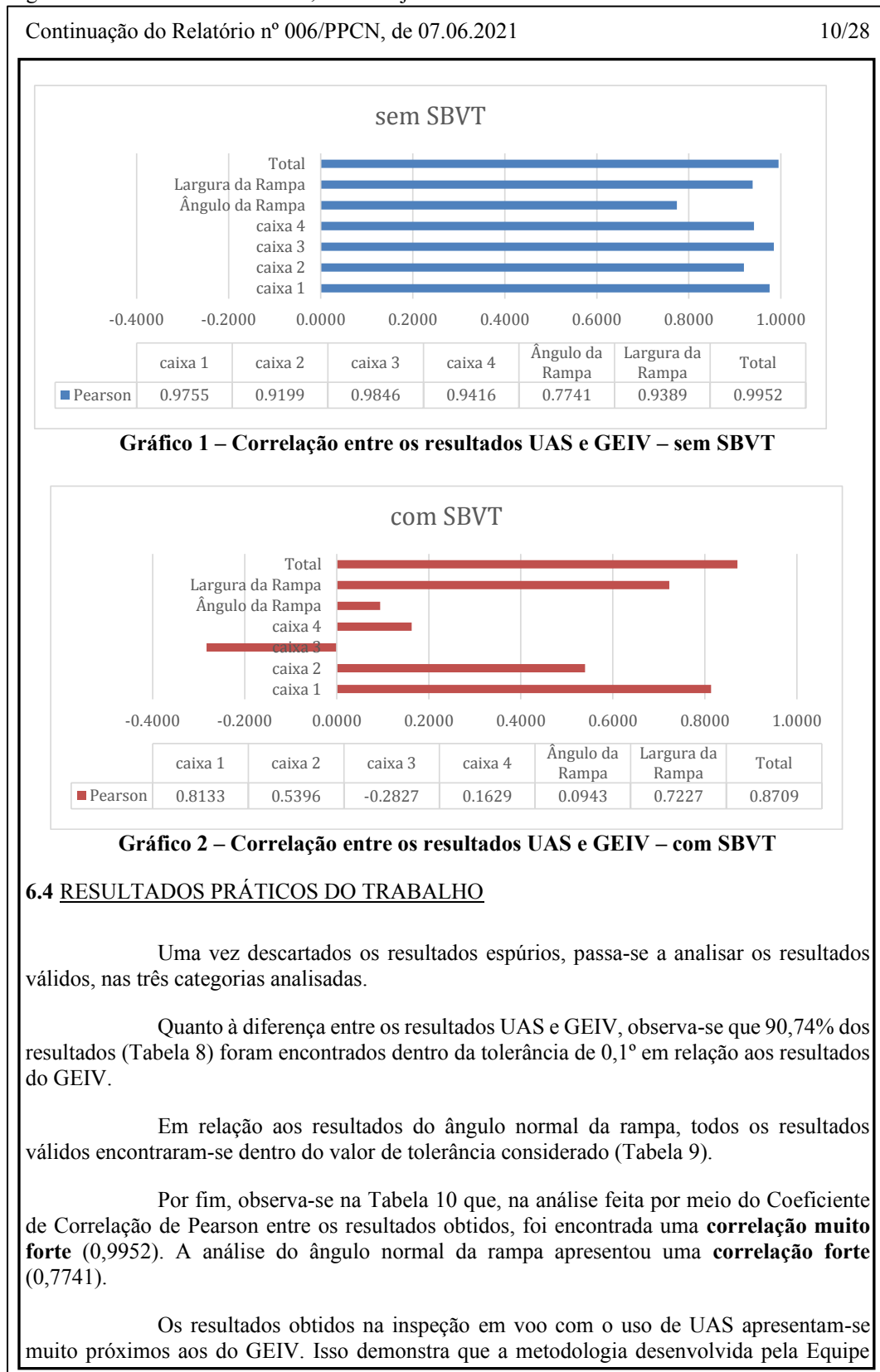
ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021		9/28																									
6.3 EFEITOS DOS DADOS ESPÚRIOS DE SBVT SOBRE OS RESULTADOS																											
<p>Conforme apresentado em 6.2, os resultados obtidos em SBVT apresentaram um erro muito acima do que o encontrado nas outras localidades e, por isso, causaram forte influência negativa sobre os resultados obtidos. Esses resultados, apesar de terem sido descartados no âmbito do projeto, serão apresentados neste Relatório, por motivo de transparência.</p> <p>Em relação à diferença entre os resultados encontrados pelo UAS e pelo GEIV, dos 12 resultados encontrados, 11 estavam fora da tolerância de 0.1° (Tabela 8). Sem SBVT, o número de resultados fora da tolerância caem de 16 (24,24% do total) para 5 (9,26% do total).</p>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferenças UAS x GEIV</th> <th>Dentro da tolerância</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>c/ SBVT</td> <td>50</td> <td>66</td> <td>75,76%</td> </tr> <tr> <td>s/ SBVT</td> <td>49</td> <td>54</td> <td>90,74%</td> </tr> </tbody> </table>				Diferenças UAS x GEIV	Dentro da tolerância	Total	%	c/ SBVT	50	66	75,76%	s/ SBVT	49	54	90,74%												
Diferenças UAS x GEIV	Dentro da tolerância	Total	%																								
c/ SBVT	50	66	75,76%																								
s/ SBVT	49	54	90,74%																								
Tabela 8 – Diferenças entre resultados UAS e GEIV																											
<p>Em relação aos resultados do ângulo normal da rampa, SBVT apresentou os dois únicos resultados encontrados fora da tolerância definida para esse projeto: foram 11 resultados encontrados e SBVT apresentou os dois fora de tolerância.</p> <p>Isso causou uma redução de 18,18% no índice de resultados dentro da tolerância (de 100% para 81,82%), conforme visto na Tabela 9.</p>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ângulo Normal da Rampa</th> <th>Dentro da tolerância</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>c/ SBVT</td> <td>9</td> <td>11</td> <td>81,82%</td> </tr> <tr> <td>s/ SBVT</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>100,00%</td> </tr> </tbody> </table>				Ângulo Normal da Rampa	Dentro da tolerância	Total	%	c/ SBVT	9	11	81,82%	s/ SBVT	9	9	100,00%												
Ângulo Normal da Rampa	Dentro da tolerância	Total	%																								
c/ SBVT	9	11	81,82%																								
s/ SBVT	9	9	100,00%																								
Tabela 9 – Resultados do ângulo normal da rampa																											
<p>A influência desses resultados espúrios são mais evidenciados quando se aplica o Coeficiente de Correlação de Pearson. A correlação entre os resultados do UAS e do GEIV cai de 0,774071792 (correlação forte) para 0,094343291 (correlação desprezível).</p>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>c/ VT</th> <th>s/ VT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>caixa 1</td> <td>0,813293541</td> <td>0,975533103</td> </tr> <tr> <td>caixa 2</td> <td>0,539561026</td> <td>0,919877073</td> </tr> <tr> <td>caixa 3</td> <td>-0,282699816</td> <td>0,984646644</td> </tr> <tr> <td>caixa 4</td> <td>0,162907367</td> <td>0,941589732</td> </tr> <tr> <td>Ângulo da Rampa</td> <td>0,094343291</td> <td>0,774071792</td> </tr> <tr> <td>Largura da Rampa</td> <td>0,722672911</td> <td>0,938861592</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>0,870910389</td> <td>0,995235482</td> </tr> </tbody> </table>					c/ VT	s/ VT	caixa 1	0,813293541	0,975533103	caixa 2	0,539561026	0,919877073	caixa 3	-0,282699816	0,984646644	caixa 4	0,162907367	0,941589732	Ângulo da Rampa	0,094343291	0,774071792	Largura da Rampa	0,722672911	0,938861592	Total	0,870910389	0,995235482
	c/ VT	s/ VT																									
caixa 1	0,813293541	0,975533103																									
caixa 2	0,539561026	0,919877073																									
caixa 3	-0,282699816	0,984646644																									
caixa 4	0,162907367	0,941589732																									
Ângulo da Rampa	0,094343291	0,774071792																									
Largura da Rampa	0,722672911	0,938861592																									
Total	0,870910389	0,995235482																									
Tabela 10 – Correlação entre resultados UAS e GEIV																											
<p>A diferença entre a correlação dos resultados do UAS e do GEIV é melhor visualizadas comparando-se o Gráfico 1 – Correlação entre os resultados UAS e GEIV – sem SBVT com o Gráfico 2 – Correlação entre os resultados UAS e GEIV – com SBVT</p>																											

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021



Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	11/28
<p>UAS mostra-se viável para o desenvolvimento operacional, visando a sua aplicação em cenário real.</p> <p>É importante ressaltar que foi observado, durante o estudo, que a falta de experiência dos operadores do UAS na inspeção do PAPI influenciou negativamente os resultados, sendo, em si, um fator de introdução de erro no sistema. A realização da inspeção em voo com UAS por pilotos inspetores experientes tende a melhorar os resultados obtidos.</p> <p>Observou-se, também, que o aprimoramento da interface desenvolvida para o protótipo de testes pode melhorar os resultados. O desenvolvimento da plataforma focou na coleta e tratamento dos dados e não teve a participação de operadores. Com isso, algumas questões de interface homem-máquina (IHM) precisam ser revistas para a operacionalização da inspeção de PAPI com o uso de UAS.</p> <p>7 LIÇÕES APRENDIDAS</p> <p>7.1 Um tempo de voo de cinco a dez minutos é bastante para a coleta de grande volume de dados para a média dos ângulos e cobertura angular.</p> <p>7.2 O uso de filtros na câmera melhoram a percepção da transição das luzes do PAPI. Estudos feitos no âmbito do projeto apontam que o uso do filtro azul mostrou os melhores resultados, uma vez que este filtro bloqueia a luz vermelha. Para a operacionalização, é recomendável a aquisição de filtros de cristal. O uso de filtros polarizados não foi pesquisado e pode apresentar benefícios adicionais à atividade.</p> <p>7.3 Durante o estudo, observou-se que o uso do UAS evidencia desvios na instalação do PAPI normalmente não observáveis a olho nu e, portanto, não identificáveis durante a inspeção em voo do GEIV, especialmente quando é necessário instalar o sistema desalinhado. Entretanto, o estudo demonstrou que, quando a instalação do sistema desalinhado é feita com precisão, o UAS pode ser utilizado normalmente para sua inspeção, sem afetar o resultado.</p> <p>7.4 Temperaturas ambientais elevadas interferem no funcionamento dos equipamentos, podendo resultar em descarga mais rápida das baterias ou travamento dos sistemas, uma vez que o UAS possui limites operacionais de temperaturas.</p> <p>7.5 As coordenadas geográficas necessitam de precisão mínima de décimos de segundos para não ocasionar discrepâncias nos dados coletados pelo UAS. Assim, a determinação das coordenadas passa a ser um fator crítico.</p> <p>7.6 A escolha da fonte correta dos dados geográficos é essencial para a inspeção em voo. É altamente recomendável a utilização de um banco de dados geográficos único, bem como a determinação de que os sistemas de inspeção obtenham as informações de posicionamento (latitude, longitude e altitude) diretamente desse banco de dados, descartando, assim, erros provenientes da inserção manual dos dados.</p> <p>7.7 A utilização de pontos de referência fora da cabeceira da pista resultaram em melhor aproveitamento da missão, uma vez que não se fez necessária a retirada da antena do RTK da cabeceira a cada aproximação. A determinação de pontos de referência próximos à cabeceira inspecionada e fora da faixa de pista pode ser fator fundamental para a operacionalização da inspeção com o uso de UAS. Destaca-se que o melhor cenário operacional é a utilização de ponto do PO rebatido na lateral da pista.</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	12/28
<p>7.8 Operações durante o dia podem apresentar dificuldade de visualização das transições das luzes, por ofuscamento ou reflexo da luz solar. As operações noturnas, além de reduzir o problema de ofuscamento, coincidem com períodos de menor movimentação e temperaturas mais adequadas ao voo do UAS.</p>	
<p>7.9 A apresentação do resultado na tela do tablet durante a inspeção pode influenciar o operador a buscar um valor ótimo, às vezes diferente do realmente apresentado pelo PAPI. O IHM deve retornar ao operador um aviso de registro do evento, porém, pode apresentar o resultado somente após o término da inspeção, na forma de um relatório preliminar.</p>	
<p>7.10 O produto comercial vem com bloqueio de no-fly zone sobre aeródromos, obrigando a solicitação de liberação (por meio eletrônico) junto ao fabricante. O desenvolvimento de um produto próprio poderia reduzir tal burocracia, trazendo maior flexibilidade à atividade.</p>	
<p>8 AÇÕES RECOMENDADAS</p>	
<p>8.1 ALTERAÇÕES REGULAMENTARES</p>	
<p>8.1.1 ICA 100-40 - AERONAVES NÃO TRIPULADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO</p>	
<p>A ICA 100-40 traz o processo de acesso do UAS no espaço aéreo. Para as operações no sítio aeroportuário, ela faz diversas exigências para garantir a segurança das operações no aeroporto, tanto para aeronaves tripuladas quanto para as não tripuladas e a equipe envolvida na sua operação.</p>	
<p>Tais exigências fazem sentido quando aplicadas a operações pontuais, porém, no caso da inspeção em voo, elas tornam-se uma dificuldade, se o processo for feito a cada vez que a inspeção for necessária.</p>	
<p>Assim, para a operacionalização da inspeção em voo, sugere-se a inclusão de um novo item no capítulo 11 (Regras de acesso ao espaço aéreo), seção 2 (Regras específicas), contendo os procedimentos de coordenação entre a Equipe UAS e o ATC, bem como os procedimentos adotados para garantir a segurança operacional das operações tripuladas e não tripuladas, em substituição à Avaliação de Risco Operacional (ARO), à Análise de Impacto sobre a Segurança Operacional (AISO) e à Carta de Acordo Operacional (CAOp).</p>	
<p>Durante as campanhas de inspeção com o UAS, a Equipe adotou uma CAOp (ANEXO D – EXEMPLO DE CARTA DE ACORDO OPERACIONAL) padronizada, a qual foi substituída, durante o período da COVID, por uma Ata de Intenções, assinada pelo Operador, pela AAL e pelo PSNA do aeródromo. O conteúdo desta Ata de Intenções pode servir de base para o texto do regulamento para permitir a inspeção com o uso do UAS em área patrimonial do aeródromo.</p>	
<p>Adicionalmente, é oportuna a revisão do uso do termo “VMC” como requisito para as VLOS: as condições especificadas na ICA 100-12, aplicadas a aeronaves tripuladas, pode não fazer sentido quando utilizadas por aeronaves menores e com maior capacidade de manobra, especialmente em operações VLL e com raio de operação menor que 5 km.</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	13/28
<p>8.1.2 MCA 56-3 - AERONAVES NÃO TRIPULADAS PARA USO EM PROVEITO DOS ÓRGÃOS LIGADOS AOS GOVERNOS FEDERAL, ESTADUAL E MUNICIPAL</p>	
<p>As alterações propostas em 8.1.1, caso adotadas, já atendem às operações de inspeção com o uso de PAPI dentro da área patrimonial do aeródromo. Entretanto, caso seja do entendimento da autoridade responsável de que tais alterações não cabem a uma ICA, estas podem ser inseridas na MCA 56-3, em capítulo específico.</p>	
<p>8.1.3 MANINV</p>	
<p>Os padrões de inspeção utilizados pelo GT encontram-se no ANEXO B – METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO EM VOO COM USO DE UAS a este Relatório. O texto do anexo pode servir de base para a inserção da metodologia de inspeção de PAPI com o uso do UAS no MANINV.</p>	
<p>8.1.4 OUTRAS PUBLICAÇÕES</p>	
<p>A fim de permitir a operacionalização e padronização das inspeções de PAPI com o uso do UAS, é recomendável que seja desenvolvido um Manual, demonstrando com o uso de imagens obtidas a partir do aplicativo, os momentos de transição e dos limites da cobertura angular (Caixa 1 e 4). Tal Manual irá auxiliar a atenuar a subjetividade na escolha correta do instante do evento para cálculo dos parâmetros angulares. Esse manual deverá incluir as ações de preparação de missão (coleta de dados, preparação e checagem de equipamento), de pré-voos (verificação de equipamento, instalação da antena, inserção dos dados geográficos), da operação do UAS (pilotagem, coordenação do voo, posicionamento inicial, padrões de deslocamento), de operação do aplicativo (inserção dos dados, observação das informações essenciais do voo, ativação do evento) e da captura e tratamento dos dados (geração dos relatórios, registros de ocorrências).</p>	
<p>8.2 <u>PROCESSO DE REGISTRO DE SOFTWARE</u></p>	
<p>8.2.1 Acelerar o processo de patente do aplicativo desenvolvido pelo IEAv para que a solução passe a ser utilizada de maneira comercial. Ou, ainda, que sejam estabelecidos acordos com a iniciativa privada para que a solução ganhe escala e assistência técnica integral caso seja repassada ao GEIV.</p>	
<p>8.3 <u>DETERMINAÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA PARA RTK</u></p>	
<p>8.3.1 A determinação de pontos de referência no través da cabeceira servida pelo PAPI e fora da faixa de pista favorece a inspeção, ao permitir que, durante operações de pouso e de decolagem, a equipe permaneça próxima à pista, com a antena do RTK instalada.</p>	
<p>8.3.2 Seria desejável, também, a construção de uma base de altura fixa, eliminando a necessidade da instalação de um tripé de cartografia e a conseqüente medição da altura de instalação. Isso reduziria sobremaneira o tempo necessário para a configuração do sistema e reduziria as fontes de erro do sistema (medição e inserção manual da altura da antena do RTK).</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

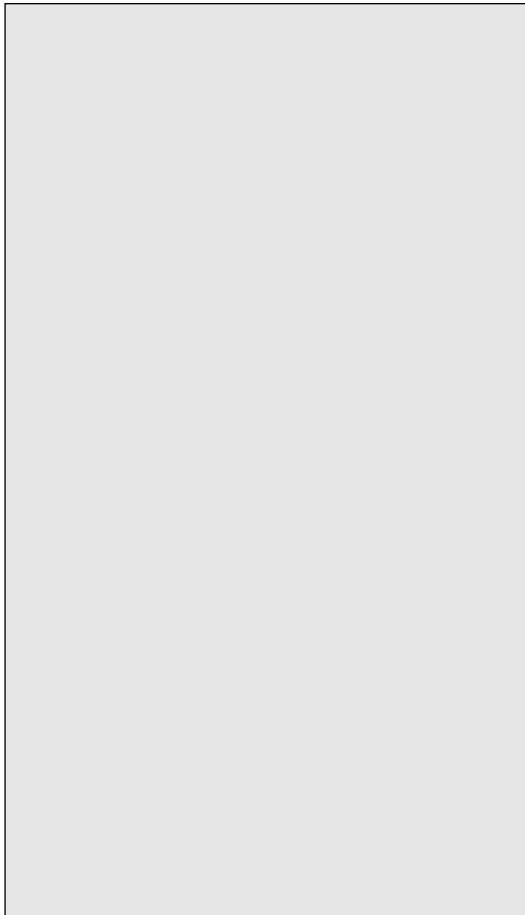
Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	14/28
<p>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS</p> <p>O trabalho de pesquisa para a utilização de UAS na aferição de auxílios à navegação foi significativamente impulsionado quando o ICEA buscou a participação do IEAv, unindo-se ao GEIV, para compor a equipe que visou desenvolver as soluções aplicadas no projeto. A colaboração entre as OM, solidificada pela Portaria DECEA nº 11, de março de 2019, foi fundamental para o sucesso do projeto.</p> <p>O trabalho desta Equipe, desenvolvido em São José dos Campos e em diversos aeródromos, concentrados em treze campanhas de levantamento de dados e validação, demonstrou a viabilidade da utilização de um UAS para a inspeção em voo de PAPI. Os resultados obtidos durante as campanhas demonstram alto grau de confiabilidade e fidedignidade com os resultados obtidos pelo GEIV. Estes resultados apresentaram correlação de 99,52%, de acordo com o coeficiente de correlação de Pearson, com 90,74% dos dados dentro do limite de tolerância estabelecido no projeto.</p> <p>Por meio da interação entre o ICEA, o IEAv e o GEIV, foi possível desenvolver um sistema protótipo que, nos testes, demonstrou precisão e acurácia satisfatórias com potencial para economizar horas de voo de aeronaves tripuladas para inspeção do PAPI, reduzir custos com diárias e reduzir emissão de CO₂. Vale ressaltar que o protótipo, para ser operacionalizado, precisa ser aprimorado a fim de tornar a ferramenta mais amigável, bem como contar com base de dados para reduzir a necessidade de inserção manual de coordenadas geográficas.</p> <p>A alta precisão de navegação do UAS exigida para tal inspeção, dada a proximidade do PAPI em que a inspeção em voo é realizada, demanda, também, alta precisão de instalação do PAPI. O mesmo nível de precisão não é exigida nas inspeções realizadas com aeronaves, tendo em vista que a distância maior em que é feita acarreta uma maior tolerância no posicionamento das caixas. Tal fato ficou evidenciado na campanha realizada em SBYS, em que os resultados obtidos pela Equipe UAS foram discrepantes em relação aos resultados do GEIV. Tal hipótese foi reforçada após reunião realizada com o PAME, em que este esclareceu sobre a metodologia de instalação das caixas do PAPI utilizada pelo Parque.</p> <p>Dessa forma, é possível afirmar que os procedimentos e metodologias desenvolvidos no âmbito do estudo são compatíveis aos procedimentos e evoluções que a aeronave do GEIV realiza durante a inspeção em voo.</p> <p>A solução de coleta e tratamento de dados utilizada no projeto, entretanto, precisa de refinamento para a sua aplicação operacional, sendo necessário o seu desenvolvimento voltado à operação e às necessidades do GEIV, tendo em vista que o objetivo do projeto foi demonstração de viabilidade, não o desenvolvimento de soluções operacionais.</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Continuação do Relatório nº 006/PPCN, de 07.06.2021	15/28
Elaborado por:	
Revisado por:	
Aprovado por:	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

16/28				
<p>ANEXO A- REQUISITOS TÉCNICOS</p>				
<p>1 AERONAVE</p> <p>1.1 A aeronave empregada deve ter capacidade de navegação horizontal e vertical, com velocidade vertical mínima menor ou igual a 1 m/s, uma vez que, na distância em que a inspeção do PAPI com o UAS é realizada, a transição das luzes se dá muito rapidamente, portanto, a aeronave deve ter capacidade de evolução vertical lenta.</p> <p>1.2 A aeronave deve ter capacidade de estabilização de voo com limites mínimos de vento omnidirecional de 30 kt (Ref.: Doc 8168 – PANS-OPS, Volume II) sem que ultrapassasse as precisões nominais do equipamento horizontal: $1\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$ ($1 \times 10^{-6}\text{ cm}$) e vertical: $2\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$ ($1 \times 10^{-6}\text{ cm}$).</p>				
<p>2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO</p> <p>2.1 O UAS deve ser provido com sistema de posicionamento DGPS com correção de posicionamento cinemático em tempo real (RTK). Referência: item 6.4.4 do MANINV (DECEA, 2020), Tabela 6-1.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">AUXÍLIO/SISTEMA</th> <th style="text-align: center;">SPA REQUERIDO UNIFIS 3000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">PAPI/VASIS</td> <td style="text-align: center;">DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tabela 6-1 (MANINV)</p> <p>2.2 O erro máximo vertical e horizontal aceitável para o sistema de posicionamento, medido a 60 m do PAPI, é de $2\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$ ($1 \times 10^{-6}\text{ cm}$).</p>	AUXÍLIO/SISTEMA	SPA REQUERIDO UNIFIS 3000	PAPI/VASIS	DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM
AUXÍLIO/SISTEMA	SPA REQUERIDO UNIFIS 3000			
PAPI/VASIS	DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM			
<p>3 SISTEMA ÓTICO</p> <p>3.1 O sistema ótico tem que ser capaz de se comunicar com a UAS e ter a possibilidade de acoplar um filtro ótico.</p> <p>3.2 Não é necessário outras capacidades específicas, podendo ser utilizado o sistema ótico embarcado na aeronave, desde que este não apresente distorções de imagem advindos de lentes especiais, como lente grande angular, por exemplo.</p>				
<p>4 SISTEMA DE C2</p> <p>4.1 Para permitir a coleta de dados para a inspeção do auxílio é necessário que o UAS utilizado seja capaz de comunicar-se, por meio de rede sem fio, com um tablet, o qual continha o aplicativo de coleta e análise dos dados da inspeção. O conjunto mínimo de dados requerido é:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Geolocalização (latitude, longitude e altura/altitude); b) Imagens obtidas por meio do sistema ótico; c) Informações cinemáticas do UAS (velocidades verticais e horizontais) e 				

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo A – Requisitos Técnicos (Continuação)	17/28
d) Informação de bateria.	
<p>5 SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS</p>	
<p>5.1 O sistema de coleta e tratamento de dados deve ser capaz de capturar em tempo real, a partir dos dados enviados pelo UAS (previstos em 4.1 deste Anexo), a geolocalização e informações cinemáticas do UAS, utilizando-as o cálculo dos planos angulares das transições das luzes do PAPI.</p>	
<p>5.2 Para esse cálculo, o sistema necessita de informações geográficas da cabeceira e do PO do PAPI. Tais informações devem ser carregadas a partir de um banco de dados offline (atualizado e carregado na memória do tablet a cada início de missão).</p>	
<p>5.3 A partir das informações de posicionamento e cinemática do UAS e das informações geográficas da cabeceira e do PO, o sistema deve ser capaz de calcular os valores de inspeção constantes no MANINV (DECEA, 2020):</p>	
<p>a) Largura da rampa; b) Ângulo normal da rampa; e c) Cobertura angular.</p>	
<p>5.4 O sistema deve ser capaz de registrar os valores encontrados em relatório configurável, de acordo com os modelos previstos no MANINV.</p>	
<p>5.5 O sistema deve ser capaz de registrar todos os dados de voo do UAS, incluindo dados posicionais e cinemáticos, e da interação do inspetor com o IHM (registro de eventos), a fim de permitir a análise pós voo da inspeção realizada.</p>	
<p>5.6 O sistema deve ser capaz de registrar, automaticamente, informações de tempo de voo, taxa de desgaste de bateria, duração total da bateria entre troca e disponibilizá-las em relatório eletrônico configurável.</p>	
<p>5.7 O sistema deve permitir o registro manual de informações adicionais, tais como ocorrências, observações, lições aprendidas etc.</p>	
<p>6 CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE INSPEÇÃO</p>	
<p>6.1 De acordo com o Doc 8071, Volume I (ICAO, 2018), todos os equipamentos utilizados para calibração, teste ou manutenção de auxílios à navegação aérea devem ser sujeitos a checagens regulares de calibração e os procedimentos de calibração e seus registros devem ser devidamente documentados.</p>	
<p>6.2 Procedimentos de calibração dos sistemas de navegação e voo do UAS deverão ser verificados rotineiramente, de acordo com as recomendações de seus fabricantes.</p>	
<p>6.3 Procedimento de verificação da precisão do sistema posicional da aeronave deve ser feito antes do início de cada missão, a fim de mitigar possíveis problemas causados por interferências ou erros do DGPS/ RTK.</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

18/28

ANEXO B – METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO EM VOO COM USO DE UAS

1 ANÁLISE DO ÂNGULO E LARGURA DA RAMPA

1.1 METODOLOGIA DE VARREDURA VERTICAL

1.1.3 A metodologia de varredura vertical é realizada por meio de evoluções verticais do UAS, de modo a registrar todas as transições das luzes do PAPI (Figura 4). Em cada seção de voo, é recomendável realizar, no mínimo, sete passagens, sendo cada passagem considerada uma subida ou uma descida do UAV. O operador deve observar no tablet, por meio das imagens transmitidas pela câmera acoplada ao UAV, a transição das luzes das caixas do PAPI e registrar o evento de transição. O aplicativo de inspeção (desenvolvido pelo IEAv) armazena o dado de posição do UAV no momento do registro e, ao fim da seção, emite o relatório com os resultados calculados.

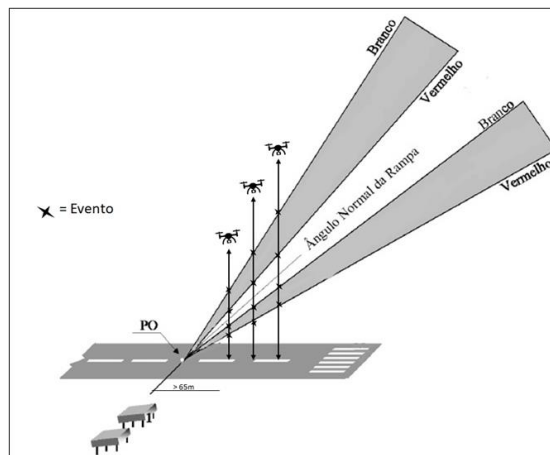


Figura 4 – Metodologia de varredura vertical

1.1.4 Para a realização da metodologia de varredura vertical, é recomendado o uso de filtro azul acoplado à câmera.

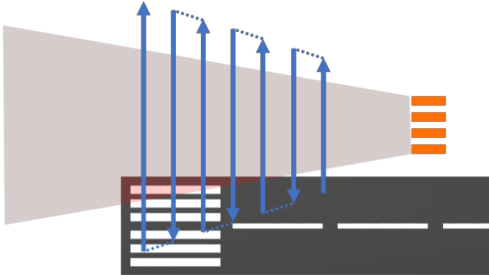
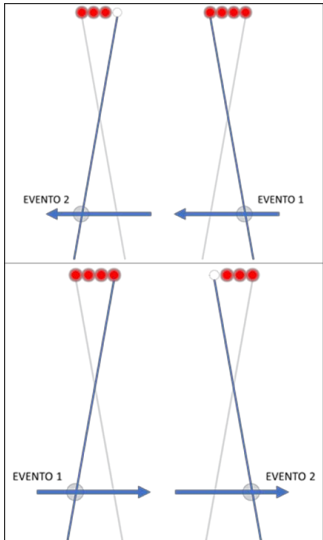
1.1.5 As passagens (subidas e descidas) podem ser feitas tanto mantendo-se as trajetórias verticais, como, também, a cada ciclo, com afastamento incremental em relação ao PAPI.

1.1.6 Para permitir uma maior precisão no cálculo dos ângulos dos feixes do PAPI, é recomendável que sejam feitas, no mínimo, cinco passagens por medição.

1.1.7 O resultado tende a ser melhor à medida em que se aumenta o número de medições, ou seja, quanto mais medições forem executadas, melhor será o resultado. Contudo, já é possível obter resultados compatíveis com os do GEIV após a realização de três medições.

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo B – Metodologias de Inspeção em Voo com uso de UAS (Continuação)	19/28
<h3 style="margin: 0;">2 ANÁLISE DA COBERTURA ANGULAR</h3> <h4 style="margin: 0;">2.1 METODOLOGIA DE VARREDURA HORIZONTAL INCREMENTAL</h4> <p style="margin: 0;">2.1.1 A metodologia de varredura horizontal incremental é realizada por meio de evoluções horizontais do UAV. Para a realização do voo, o UAV deve ser posicionado inicialmente a uma altura em que seja possível observar as luzes vermelhas do PAPI. Em seguida, o UAV deve ser afastado lateralmente, mantendo a altura inicial, até que todas as luzes estejam apagadas (posição inicial).</p> <p style="margin: 0;">2.1.2 Da posição inicial, é feito o deslocamento lateral do UAV (em sentido perpendicular ao eixo da pista), conforme Figura 5, registrando-se o momento em que todas as luzes do PAPI estejam acesas. O sentido do voo deve ser mantido até que a luz da primeira caixa do sentido do voo apague. A passagem seguinte será feita no sentido contrário à passagem anterior, com posicionamento do UAV um pouco mais afastado do PAPI.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p style="text-align: center; margin: 0;">Figura 5 – Varredura horizontal incremental</p> <p style="margin: 0;">2.1.3 Os eventos que devem ser registrados devem ser o momento em que a última caixa se acende e, a seguir, o momento em que a primeira caixa se apaga (Figura 6).</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p style="text-align: center; margin: 0;">Figura 6 – Eventos da varredura horizontal</p>	

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo B – Metodologias de Inspeção em Voo com uso de UAS (Continuação) 20/28

2.1.4 Para a realização da metodologia de varredura vertical, é recomendado o uso de filtro azul acoplado à câmera e o UAS deve ser posicionado de modo a visualizar somente luzes brancas do PAPI.

2.1.5 Para permitir uma maior precisão no cálculo dos ângulos dos feixes do PAPI, é recomendável que sejam feitas, no mínimo, sete passagens por medição.

2.1.6 O resultado tende a ser melhor à medida em que se aumenta o número de medições, ou seja, quanto mais medições forem executadas, melhor será o resultado. Contudo, já é possível obter resultados compatíveis com os do GEIV após a realização de três medições.

2.2 METODOLOGIA DE VARREDURA HORIZONTAL LATERAL INCREMENTAL

2.2.1 A metodologia de varredura horizontal lateral incremental é similar à metodologia de varredura horizontal incremental, exceto que as varreduras são feitas nas caixas 1 e 4 isoladamente (Figura 7).

2.2.2 Após o posicionamento inicial, o UAV é deslocado horizontalmente em sentido perpendicular ao eixo da pista até que a luz da caixa 1 ou 4 (conforme a que estiver sendo analisada) acenda. Em seguida, o UAV é afastado do PAPI e é deslocado em sentido contrário ao deslocamento anterior, até que a luz do PAPI apague.

2.2.3 Similar às demais observações, quanto maior o número de leituras, melhor será o resultado obtido.

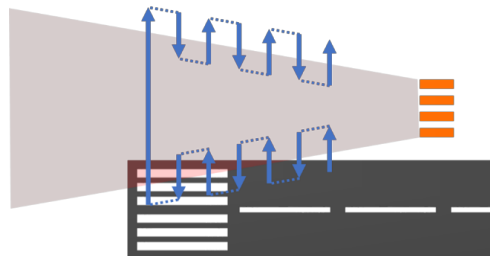


Figura 7 – Varredura horizontal incremental do feixe lateral

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

21/28
<p>ANEXO C – PROPOSTAS DE OPERACIONALIZAÇÃO</p> <p>Durante o projeto, algumas alternativas foram estudadas para a operacionalização da UAS para inspeção em voo de PAPI.</p> <p>Tais alternativas podem ser aplicadas gradualmente, servindo de base para a política futura do DECEA nesta atividade.</p> <p>1 UTILIZAÇÃO DO UAS PELO GEIV PARA INSPEÇÃO DE PAPI</p> <p>1.1 Inicialmente, o UAS pode ser empregado pelo GEIV, com sua aplicabilidade sendo gradualmente incrementada. Recomenda-se que a aplicação do UAS comece por voos pré inspeção, a fim de verificar a configuração do PAPI a ser avaliado. Esta utilização já apresenta vantagens ao reduzir a necessidade de diversas passagens para correção do sistema, antes da sua aprovação.</p> <p>1.2 Com o nível de confiança no processo, o UAS pode começar a ser empregado em inspeções periódicas ou, ainda, para estender o tempo entre estas inspeções. Por exemplo, para as inspeções de auxílios eletrônicos, o Doc 8071 Volume I (ICAO, 2018), no item 1.15.16, prevê a extensão do tempo entre as inspeções periódicas conforme o seguinte:</p> <p style="padding-left: 40px;">“1.15.16 If a test/inspection is not conducted prior to the expiration of the appropriate time window, various actions may be considered:</p> <p style="padding-left: 80px;">a) extension of the expiration after engineering evaluation and/or ground maintenance reinforcement;”</p> <p>1.3 A operacionalização desta proposta permitiria centralizar a realização da inspeção com o uso do UAS, o que traz uma vantagem em relação à doutrina operacional, ao treinamento e centralização da capacitação de pessoal e à logística (uma vez que não seria necessário distribuir peças de reposição e contratos de manutenção para os UAS).</p> <p>1.4 A desvantagem da proposta é que a realização de uma inspeção, obrigatoriamente, exigiria o deslocamento de aeronave do GEIV, reduzindo a vantagem econômica do uso do UAS para a inspeção do PAPI. Outra desvantagem é que, em localidades que possuem ILS instalado, o PAPI é correntemente inspecionado em conjunto com o ILS. Assim, a inspeção com o UAS obrigaria o GEIV a realizar um pouso que, normalmente, não seria realizado.</p> <p>2 UTILIZAÇÃO DO UAS PELOS REGIONAIS</p> <p>2.1 Outra possibilidade é a aquisição de UAS para distribuição entre os Regionais. Para operacionalizar esta proposta, além da aquisição dos UAS, seria necessário o treinamento de pessoal técnico destas Organizações para a condução das inspeções.</p> <p>2.2 Da mesma forma que a proposta presente no item 1 deste Anexo, a aplicação do UAS nas inspeções poderia se dar de maneira gradativa, iniciando como apoio à engenharia, a fim de verificar o ajuste do PAPI antes de uma inspeção de homologação e das inspeções periódicas, passando a ser aplicado em inspeções periódicas e/ou para aumentar o tempo entre tais inspeções.</p>

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo C – Propostas de operacionalização (Continuação)	22/28
<p>2.3 Outros itens de inspeção do PAPI, não incluídos no escopo do projeto, como a verificação da cobertura nominal e da liberação de obstáculos, necessitariam continuar sendo realizados pelo GEIV ou, substituídos por outras metodologias, não pesquisadas no Projeto.</p>	
<p>2.4 A vantagem desta proposta dá-se pela flexibilidade e agilidade que ela pode trazer, uma vez que o Regional passaria a gerenciar as inspeções dos aeródromos sob sua responsabilidade, desonerando o GEIV (permitindo, assim, que o GEIV concentre suas energias nas inspeções de auxílios à navegação e procedimentos IFR).</p>	
<p>2.5 A desvantagem reside na fragmentação do serviço, o que exigiria fortes ações doutrinárias para manter o padrão operacional, bem como a dificuldade logística de se manter uma rede de peças sobressalentes e serviços de manutenção para os UAS.</p>	
<p>3 DESCENTRALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO DE PAPI PARA O AAL</p>	
<p>3.1 A terceira proposta estudada foi a utilização do UAS para a inspeção do PAPI pelo próprio Administrador Aeroportuário Local (AAL).</p>	
<p>3.2 Dessa forma, a responsabilidade de adquirir o UAS, treinar e manter os seus inspetores e o cuidado com a logística para a manutenção do UAS recairia sobre o AAL.</p>	
<p>3.3 Esta proposta aparenta ser a mais ágil, uma vez que o serviço de inspeção estaria nas mãos do próprio mantenedor, sem a delegação da responsabilidade de supervisionar tal serviço, o que continuaria com o GEIV.</p>	
<p>3.4 O AAL poderia ele mesmo realizar a atividade de inspeção ou, ainda, contratar empresas especializadas.</p>	
<p>3.5 A desvantagem desta aplicação também se volta à questão da doutrina operacional causada pela fragmentação do serviço, assim como no item 2.5.</p>	
<p>4 PROCESSO DE INSPEÇÃO DE PAPI COM O USO DE UAS</p>	
<p>4.1 É do entendimento do Grupo de Trabalho que, apesar da descentralização da execução, o controle e validação das inspeções deveria continuar a cargo do GEIV, independentemente da modalidade de implementação das inspeções de PAPI com o uso de UAS escolhida.</p>	
<p>4.2 Para tal, seria necessário o desenvolvimento de um processo de submissão, análise e homologação de inspeções.</p>	
<p>4.3 Essencialmente, o processo deverá incluir:</p>	
<p>a) O cadastro de inspetores (sejam eles pilotos inspetores do GEIV, especialistas e técnicos dos Regionais, técnicos ligados aos AAL ou empregados de uma empresa particular), com os requisitos mínimos de capacitação, treinamento inicial e recorrente e de manutenção técnica;</p>	
<p>NOTA: o cadastro de pilotos de UAS já é regulamentado pela ICA 100-40 (DECEA, 2020), não sendo necessário o desenvolvimento de requisitos específicos para tal.</p>	

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo C – Propostas de operacionalização (Continuação)	23/28
<ul style="list-style-type: none">b) O cadastro de equipamentos utilizados na inspeção, incluindo o UAS e seus subsistemas e o sistema de coleta e tratamento de dados. Este sistema poderá ser desenvolvido por uma empresa contratada pelo DECEA e disponibilizado para utilização, mediante contrato de concessão, com base no sistema desenvolvido no âmbito deste Projeto.c) O envio dos dados coletados na inspeção, na forma de Relatório de Inspeção;d) A análise e critérios de aprovação do Relatório de Inspeção (recomenda-se a análise de cumprimento de requisitos ao invés da análise do resultado em si);e) O arquivamento dos Relatório de Inspeção; ef) A supervisão dos serviços, por parte do DECEA, na forma de protocolos de inspeção (à semelhança dos protocolos o USOAP).	


Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

24/28

ANEXO D – EXEMPLO DE CARTA DE ACORDO OPERACIONAL



MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA
INSTITUTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

ATA

Ata celebrada para estabelecer as condições operacionais a fim de permitir a realização de campanha de inspeção em voo com uso de aeronave não tripulada conduzida pelo Grupo Especial de Inspeção em voo (GEIV), pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e pelo Instituto de Estudos Avançados (IEAv), do Comando da Aeronáutica (**Equipe UAS**), em coordenação com Administração Aeroportuária Local, da Infraero (**EPTA-UL**).

Nos termos desta Ata, a **Equipe UAS** compromete-se a:

- a) Observar os procedimentos de prevenção de FOD ao transitar na área de movimento de SBUL;
- b) Não utilizar nenhum tipo de cobertura enquanto na área de movimento de SBUL;
- c) Cumprir, fielmente, as autorizações e instruções da TWR-UL, referentes ao voo da aeronave não tripulada;
- d) Realizar o voo UAS somente dentro dos perfis de voo coordenados com o EPTA-UL e com a TWR-UL, constantes no Anexo I a esta Ata;

NOTA: Em caso de necessidade da realização eventual de voo com perfil diferente do estabelecido no Anexo I, a Equipe UAS deverá coordenar com a TWR-UL, a qual poderá autorizar, de acordo com as condições de tráfego no momento do voo e considerando a prioridade dada às aeronaves tripuladas.




- e) Realizar, com antecedência de uma hora, brifim com a equipe de serviço da TWR-UL por meio do telefone [REDACTED].

NOTA: No brifim, deverão ser informados a hora prevista para início, a duração da atividade, o número de participantes, o meio de contato alternativo (celular) para falha de comunicações e a descrição das atividades.

- f) Coordenar com a TWR-UL, por meio de rádio UHF (canal 03), o acesso à área de pista;
- g) Chamar a TWR-UL na frequência VHF 118.80 MHz antes da decolagem da aeronave não tripulada mantendo contato bilateral constante nesta frequência durante a realização das atividades.
- h) Somente realizar o voo em condições meteorológicas de modo que seja possível manter a RPA constantemente no alcance visual do piloto, evitando


ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo D – Exemplo de Carta de Acordo Operacional (Continuação)	25/28
<p>o ingresso deste em formações que restrinjam a visualização do equipamento.</p> <p>i) Interromper imediatamente o voo da RPA e informar à TWR-UL no caso de ocorrência de condições meteorológicas adversas ao voo da RPA.</p> <p>j) Não permitir que a RPA se aproxime de pessoas e veículos não participantes do ensaio RPA ou, ainda, de aeronaves tripuladas, em voo ou em solo.</p> <p>k) Interromper, imediatamente, o voo da RPA, se assim orientado pela TWR-UL, informando quando a RPA estiver no solo e a Equipe RPA estiver afastada da RWY.</p> <p>NOTA: Será considerado o afastamento da RWY quando a Equipe RPA estiver a uma distância igual ou superior à dos pontos de espera da RWY.</p> <p>Nos termos desta Ata, a EPTA-UL compromete-se a:</p> <p>a) Autorizar o ingresso e início da atividade do UAS, em coordenação com tráfego aéreo local;</p> <p>a) Informar à Equipe UAS do estimado de chegada de aeronave com antecedência de 10 minutos em relação ao ETA, solicitando a interrupção das atividades e saída da Equipe da área de manobras;</p> <p>b) Informar à Equipe UAS do início de táxi de aeronave no pátio, solicitando a interrupção das atividades e saída da Equipe da área de manobras;</p> <p>c) Fornecer apoio, na medida do possível, para deslocamento da Equipe UAS na área de movimento do aeródromo.</p>	
<p>As concordam com os termos acima. Casos não previstos serão resolvidos taticamente entre os envolvidos na operação.</p>	
<p>(a)  Gerência – TAUL</p>	
<p>(b)  Coordenador da Campanha UAS</p>	
<p>(c)  Superintendente SBUL em exercício</p>	

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo D – Exemplo de Carta de Acordo Operacional (Continuação)	26/28
ANEXO I	
<p>O voo da aeronave não tripulada será realizado dentro da área circular com centro na cabeceira da pista servida pelo PAPI, com raio de 100 metros e altura de 50 metros.</p>	
<p>O perfil de voo compreende três manobras:</p>	
<p>a) Deslocamento vertical: a partir da cabeceira da pista, a aeronave não tripulada é elevada até uma altura em que seja possível observar a transição da última caixa do PAPI da luz vermelha para a luz branca, descendo em seguida. Esta manobra é repetida tantas vezes quanto for necessário para a Equipe UAS coletar os dados da inspeção do PAPI.</p> <p>b) Deslocamento longitudinal à pista: A partir da cabeceira da pista, a RPA é elevada a uma altura de cerca de 5 a 15 metros e deslocada longitudinalmente próximo ao eixo da pista, até ser possível observar a transição da última caixa do PAPI da luz vermelha para a luz branca. Em seguida, a RPA é conduzida de volta à vertical da cabeceira. Esta manobra é repetida tantas vezes quanto for necessário para a Equipe UAS coletar os dados da inspeção do PAPI.</p> <p>c) Deslocamento lateral à pista: A partir da cabeceira da pista, a RPA é elevada a uma altura de cerca de 5 a 15 metros e deslocada perpendicularmente ao eixo da pista, até ser possível observar a última caixa do PAPI apagar. Em seguida, a RPA é conduzida de volta à vertical da cabeceira e deslocada perpendicularmente ao eixo da pista, em sentido contrário ao primeiro, até ser possível observar a primeira caixa do PAPI apagar. Esta manobra é repetida tantas vezes quanto for necessário para a Equipe UAS coletar os dados da inspeção do PAPI.</p>	
 <p>The image is an aerial photograph from Google Earth showing a runway and taxiway. A red circle is drawn around the PAPI (Precision Approach Path Indicator) lights at the runway head. The runway is dark asphalt, and the surrounding area is reddish-brown earth. A scale bar at the bottom right indicates 100 meters, and a north arrow is also present.</p>	
<p>Figura 8 - Área de operação da aeronave não tripulada (THR 04)</p>	

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

Anexo D – Exemplo de Carta de Acordo Operacional (Continuação)

27/28



Figura 9 - Área de operação da aeronave não tripulada (THR 22)

ANEXO A – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021 (continuação)

Figura 7 – Relatório nº 006/PPCN, de 07 de junho de 2021

28/28
<p>ANEXO E – SUGESTÕES DE EXTENSÃO DE PESQUISA</p> <p>Durante a pesquisa da aplicação do UAS para inspeção em voo do PAPI, foram identificadas oportunidades de pesquisa para complementar a realizada pelo ICEA. Estas propostas não pretendem encerrar o assunto e não necessitam ser conduzidas pelo ICEA.</p> <p>1 DESENVOLVIMENTO DE UM UAS ESPECÍFICO PARA APLICAÇÕES EM SÍTIO AEROPORTUÁRIO</p> <p>1.1 Um UAS voltado para as aplicações em sítio aeroportuário poderia eliminar a burocracia de solicitação para empresas externas para o desbloqueio de no-fly zone. Este UAS poderia ter um processo de liberação inicial, ligado ao cadastro no SARPAS tanto do UAS quanto da organização responsável pelo seu uso no sítio aeroportuário, com o carregamento de documentos comprobatórios do uso constante.</p> <p>2 UTILIZAÇÃO DO UAS PARA ANÁLISE DO POSICIONAMENTO DAS CAIXAS DO PAPI</p> <p>2.1 Esta seria uma aplicação reversa da inspeção em voo: a partir da determinação da posição ótima do plano da transição do feixe, com base nas informações geográficas da cabeceira da pista e do PO.</p> <p>2.2 Uma aplicação alternativa desta metodologia é a utilização desta para a determinação dos pontos ótimos para a localização das caixas do PAPI para a instalação inicial do sistema.</p> <p>3 APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (AI) PARA LEITURA AUTOMÁTICA DAS TRANSIÇÕES DAS LUZES DO PAPI</p> <p>3.1 A AI pode ser utilizada para otimizar as missões de inspeção, realizando a identificação e registro dos eventos de transição, reduzindo ainda mais o tempo de voo da aeronave.</p> <p>4 DESENVOLVIMENTO DE FILTROS PARA AS LENTES DO SISTEMA ÓTICO DO UAS PARA IDENTIFICAÇÃO DA TRANSIÇÃO DAS LUZES DO PAPI</p> <p>4.1 A pesquisa de filtros específicos (apropriados ao comprimento de onda da luz do PAPI) é uma oportunidade para aprimorar a inspeção com o UAS, auxiliando a definir melhor o momento correto da transição das luzes do PAPI.</p> <p>4.2 A pesquisa pode incluir materiais polarizados e especificar filtros para a varredura vertical e para a varredura horizontal.</p>

Fonte: Brasil (2019)

ANEXO B – SPA requerido



Figura 8 – SPA requerido

AUXÍLIO/SISTEMA	SPA REQUERIDO
	UNIFIS 3000
LOC CAT I/II/III	DGPS, DRTT ou UNICAM
GS CAT I/II/III	DGPS, DRTT ou UNICAM
LOC CAT I DESLOCADO	DGPS ou DRTT
AZIMUTE PAR	DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM
RAMPA PAR	DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM
PAPI/VASIS	DGPS, DRTT, THD (*) ou UNICAM
VOR/DVOR	GPS
GBAS	DGPS

Fonte: Brasil (2020b, p. 38)

ANEXO C – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 04 de Uberlândia



Figura 9 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 04 de Uberlândia

Página 1 de 1										
 <p>RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 8 PAPI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">LOCAL: UBERLÂNDIA (SBUL)</td> <td>ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO</td> <td>DATA DA INSPEÇÃO: 09/11/2020</td> </tr> <tr> <td>PISTA: 04</td> <td>DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 315,97 METROS</td> <td>TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL</td> </tr> </table>	LOCAL: UBERLÂNDIA (SBUL)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I	ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 09/11/2020	PISTA: 04	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 315,97 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL
LOCAL: UBERLÂNDIA (SBUL)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I								
ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 09/11/2020								
PISTA: 04	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 315,97 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL								
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO								
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS								
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,58°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,65°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,25°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,32°							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,03°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,75°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,74°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,42°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,48°							
LARGURA DA RAMPA	0,50°	LARGURA DA RAMPA	0,58°							
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10 DIR 10	COBERTURA ANGULAR	ESQ 12 DIR 13							
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO	SPA UTILIZADO	DGPS							
		SN DPGS 125	SN DRTT SN THD							
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO										
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-	LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT							
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-	COBERTURA UTILIZÁVEL	-							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT	COBERTURA ANGULAR	SAT							
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	SAT	CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-							
LARGURA DA RAMPA	SAT	CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-							
ENERGIA SECUNDÁRIA	-									
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS										
1- Inspeção especial para avaliação operacional do projeto RPAS , conforme ofício nº 224/PPCN/635, de 26 de fevereiro de 2020 , do ICEA ao GEIV.										
II - PROVIDÊNCIAS										
1- Os dados obtidos foram disponibilizados para a equipe do ICEA.										
III - PARECER										
1- O auxílio foi inspecionado com resultados satisfatórios.										
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO	TEC	OP	PI: CP BENEVIDES							
IRRESTRITO	X	X	OSIV: 3S PONTES							
RESTRITO			OSP: 1S BRAVO							
NÃO UTILIZÁVEL			ANV: IU-50 3603							
			HVDS: 00:25							
		JOSÉ EVÂNIO GUEDES JÚNIOR Ten Cel Av Comandante do GEIV								
Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc , informando o código: U2FCFF2C.PPUFQODL.22P2OCT3.GY5Y5OGM										
										

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020f)

ANEXO D – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 22 de Uberlândia



Figura 10 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 22 de Uberlândia

Página 1 de 1												
		LOCAL: UBERLÂNDIA (SBUL)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I								
RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 2 PAPI		ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 09/11/2020								
		PISTA: 22		DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 299,07 METROS		TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL/PERIÓDICA						
DADOS PREVISTOS					DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO							
ITENS VERIFICADOS					ITENS VERIFICADOS							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO		3,58°			ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO		3,61°					
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO		3,25°			ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO		3,30°					
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA		3,00°			ÂNGULO NORMAL DA RAMPA		3,03°					
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO		2,75°			ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO		2,76°					
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO		2,42°			ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO		2,47°					
LARGURA DA RAMPA		0,50°			LARGURA DA RAMPA		0,54°					
COBERTURA ANGULAR		ESQ	10	DIR	10	COBERTURA ANGULAR		ESQ	12	DIR	11	
PERÍODO DA INSPEÇÃO		DIURNO				SPA UTILIZADO		DGPS				
		SN DPGS		125		SN DRTT		SN THD				
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO												
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES			SAT			LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR			SAT			
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS			SAT			COBERTURA UTILIZÁVEL			SAT			
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA			SAT			COBERTURA ANGULAR			SAT			
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR			-			CLEARANCE DE OBSTÁCULOS			SAT			
LARGURA DA RAMPA			SAT			CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA			SAT			
ENERGIA SECUNDÁRIA			-									
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS												
1- Inspeção ESPECIAL para avaliação operacional do projeto RPAS, conforme ofício nº 224/PPCN/635, de 26 de fevereiro de 2020, do ICEA ao GEIV e periódica do auxílio.												
II - PROVIDÊNCIA												
1- Os dados obtidos foram disponibilizados para a equipe do ICEA.												
III - PARECER												
1- O auxílio foi inspecionado com resultados satisfatórios.												
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO		TEC	OP	JOSÉ EVÂNIO GUEDES JÚNIOR Ten Cel Av Comandante do GEIV				PI:	CP BENEVIDES			
IRRESTRITO		X	X					OSIV:	3S PONTES			
RESTRITO								OSP:	1S BRAVO			
NÃO UTILIZÁVEL								ANV:	IU-50 3603			
						HVDS:	00:30					
Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc , informando o código: RE5UH4HL.2M333ZVH.LRXV73HC.KTWZJJ3Q												
												

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020a)

ANEXO E – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 17 de Uberaba



Figura 11 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 17 de Uberaba

Página 1 de 1										
 <p>RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 5 PAPI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">LOCAL: UBERABA (SBUR)</td> <td>ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO</td> <td>DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020</td> </tr> <tr> <td>PISTA: 17</td> <td>DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 248,67 METROS</td> <td>TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL</td> </tr> </table>	LOCAL: UBERABA (SBUR)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I	ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020	PISTA: 17	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 248,67 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL
LOCAL: UBERABA (SBUR)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I								
ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020								
PISTA: 17	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 248,67 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL								
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO								
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS								
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,56°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,20°							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,02°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,85°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,50°							
LARGURA DA RAMPA	0,34°	LARGURA DA RAMPA	0,35°							
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10 DIR 10	COBERTURA ANGULAR	ESQ 12 DIR 10							
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO									
	SPA UTILIZADO	DGPS								
	SN DPGS 125	SN DRTT	SN THD							
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO										
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-	LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT							
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-	COBERTURA UTILIZÁVEL	-							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT	COBERTURA ANGULAR	SAT							
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-	CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-							
LARGURA DA RAMPA	SAT	CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-							
ENERGIA SECUNDÁRIA	-									
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS										
<p>1- Inspeção especial para avaliação operacional do projeto RPAS , conforme ofício nº 224/PPCN/635, de 26 de fevereiro de 2020 , do ICEA ao GEIV.</p> <p>2- Durante a inspeção foi observado uma divergência na coordenada da longitude do ponto de toque, com isso foi realizada a alteração da coordenada no banco de dados do auxílio, de -47,36788936° para -47,96788936°.</p> <p>3- Foi realizado ajuste na caixa nº 1 do auxílio, de 2.40° para 2.50°.</p>										
II - PROVIDÊNCIAS										
1- Os dados obtidos foram disponibilizados para a equipe do ICEA.										
III - PARECER										
1- O auxílio foi inspecionado com resultados satisfatórios.										
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO	TEC	OP	PI: CP BENEVIDES							
IRRESTRITO	X	X	OSIV: 3S PONTES							
RESTRITO			OSP: 1S BRAVO							
NÃO UTILIZÁVEL			ANV: IU-50 3603							
			HVDS: 00:55							
<p>Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc, informando o código: M2QZMFAH.H7IMLK2B.E2YHGERD.CKJOT5NC</p>										

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020d)

ANEXO F – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 35 de Uberaba



Figura 12 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 35 de Uberaba

Página 1 de 1										
 <p>RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 4 PAPI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">LOCAL: UBERABA (SBUR)</td> <td>ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO</td> <td>DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020</td> </tr> <tr> <td>PISTA: 35</td> <td>DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 270,48 METROS</td> <td>TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL</td> </tr> </table>	LOCAL: UBERABA (SBUR)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I	ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020	PISTA: 35	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 270,48 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL
LOCAL: UBERABA (SBUR)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA I								
ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 11/11/2020								
PISTA: 35	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 270,48 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL								
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO								
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS								
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,50°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,17°							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	2,98°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,80°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,54°							
LARGURA DA RAMPA	0,34°	LARGURA DA RAMPA	0,37°							
COBERTURA ANGULAR	ESQ 13 DIR 12	COBERTURA ANGULAR	ESQ 12 DIR 11							
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO		SPA UTILIZADO	DGPS						
		SN DPGS	125	SN DRTT		SN THD				
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO										
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-		LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT						
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-		COBERTURA UTILIZÁVEL	-						
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT		COBERTURA ANGULAR	SAT						
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-		CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-						
LARGURA DA RAMPA	SAT		CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-						
ENERGIA SECUNDÁRIA	-									
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS										
1- Inspeção ESPECIAL para avaliação operacional do projeto RPAS, conforme ofício nº 224/PPCN/635, de 26 de fevereiro de 2020, do ICEA ao GEIV.										
II - PROVIDÊNCIA										
1- Os dados obtidos foram disponibilizados para a equipe do ICEA.										
III - PARECER										
1- O auxílio foi inspecionado com resultados satisfatórios.										
CLASSIFICAÇÃO		TEC	OP			PI:	CP BENEVIDES			
DO AUXÍLIO						OSIV:	3S PONTES			
IRRESTRITO		X	X			OSP:	1S BRAVO			
RESTRITO				JOSÉ EVÂNIO GUEDES JÚNIOR Ten Cel Av		ANV:	IU-50 3603			
NÃO UTILIZÁVEL				Comandante do GEIV		HVDS:	00:20			
<p>Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc, informando o código: 3CU37RW3.V7YPO4L4.UEBMVQU4.R5R67BWD</p> 										

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020c)

ANEXO G – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 07 de Navegantes



Figura 13 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 07 de Navegantes

Página 1 de 1				
		LOCAL: NAVEGANTES (SBNF) ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA II		
RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 14 PAPI		ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO DATA DA INSPEÇÃO: 25/11/2020		
		PISTA: 07 DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 329,59 METROS TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL		
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO		
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS		
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,45°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,16°	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,01°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,87°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,47°	
LARGURA DA RAMPA	0,34°	LARGURA DA RAMPA	0,29°	
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10° DIR 10°	COBERTURA ANGULAR	ESQ 11° DIR 14°	
PERÍODO DA INSPEÇÃO		SPA UTILIZADO		
DIURNO		DGPS		
		SN DPGS	124	
		SN DRTT	114	
		SN THD	109	
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO				
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	SAT		LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	SAT		COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT		COBERTURA ANGULAR	SAT
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-		CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	SAT
LARGURA DA RAMPA	SAT		CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	SAT
ENERGIA SECUNDÁRIA	-			
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS				
1. Inspeção Especial para a avaliação operacional do projeto RPAS, conforme ofício Nº 224/PPCN/625 de 26/02/2020 do ICEA ao GEIV e inspeção Periódica do auxílio. 2. A inspeção foi realizada com a utilização do DRTT no ponto DGPS (AP-1319). 3. O maior obstáculo de referência para verificação de Clearance é uma vegetação com 1.29° de elevação a 4.80° de azimute do lado direito do sentido de pouso. 4. A caixa 3 foi ajustada de 3.05° para 3.16° e a caixa 4 foi ajustada de 3.24° para 3.45°.				
II - PARECER				
1. O banco de dados apresentou resultados satisfatórios para sua validação. 2. O auxílio opera irrestrito técnica e operacionalmente.				
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO				
	TEC	OP		
IRRESTRITO	X	X		
RESTRITO				
NÃO UTILIZÁVEL				
		JOSÉ EVÂNIO GUEDES JÚNIOR Ten Cel Av Comandante do GEIV		
		PI:	CP HOSEL / CP TEIXEIRA	
		OSIV:	SO CRISTIANO	
		OSP:	SO WERNECK / 3S OLIVEIRA	
		ANV:	IU-93A 6053	
		HVDS:	01:25	
Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc , informando o código: 45E667RV.QFQ375VI.MZLIG5OF.M45TODXU				
				

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020g)

ANEXO H – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 25 de Navegantes


Figura 14 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 25 de Navegantes

		LOCAL: NAVEGANTES (SBNF)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA II	
		ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 25/11/2020	
RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 21 PAPI		PISTA: 25	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 329,59 METROS		TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL
DADOS PREVISTOS			DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO		
ITENS VERIFICADOS			ITENS VERIFICADOS		
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO		3,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO		3,52°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO		3,17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO		3,21°
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA		3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA		3,05°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO		2,83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO		2,89°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO		2,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO		2,59°
LARGURA DA RAMPA		0,34°	LARGURA DA RAMPA		0,32°
COBERTURA ANGULAR	ESQ	10°	DIR	10°	
PERÍODO DA INSPEÇÃO		DIURNO		SPA UTILIZADO	
		SN DPGS	124	SN DRTT	114
				SN THD	109
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO					
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES		SAT		LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS		SAT		COBERTURA UTILIZÁVEL	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA		SAT		COBERTURA ANGULAR	
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR		-		CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	
LARGURA DA RAMPA		SAT		CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	
ENERGIA SECUNDÁRIA		-			
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS					
1. Inspeção Especial para avaliação operacional do projeto RPAS , conforme ofício nº 224/PPCN/625 de 26/02/2020 do ICEA ao GEIV e inspeção Periódica do auxílio.					
2. A inspeção foi realizada com a utilização do DRTT no ponto DGPS (AP-1319).					
3. O maior obstáculo de referência para verificação de clearance é uma vegetação com 0.90° de elevação a 4.70° de azimute do lado direito do sentido de pouso.					
4. A caixa 1 foi ajustada de 2.30° para 2.59° e a caixa 4 foi ajustada de 3.85° para 3.52°.					
II - PARECER					
1. O banco de dados apresentou resultados satisfatórios para sua validação.					
2. O auxílio opera irrestrito técnica e operacionalmente.					
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO		TEC	OP	PI:	CP HOSSEL / CP TEIXEIRA
IRRESTRITO		X	X	OSIV:	1S PORTUGAL
RESTRITO				OSP:	SO WERNECK / 3S OLIVEIRA
NÃO UTILIZÁVEL				ANV:	IU-93A 6053
				HVDS:	01:25
				Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL https://adoc.fab.mil.br/adoc , informando o código: 24ZKLCMB.47LCYJQT.YCZWYCRA.MXI7K7CZ	
					


Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020h)

ANEXO I – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Pelotas

Figura 15 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Pelotas

Página 1 de 1													
 <p>RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 3 PAPI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">LOCAL: PELOTAS (SBPK)</td> <td colspan="2">ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA II</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO</td> <td colspan="2">DATA DA INSPEÇÃO: 28/11/2020</td> </tr> <tr> <td>PISTA: 06</td> <td>DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 258,34 METROS</td> <td colspan="2">TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL</td> </tr> </table>	LOCAL: PELOTAS (SBPK)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA II		ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 28/11/2020		PISTA: 06	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 258,34 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL	
LOCAL: PELOTAS (SBPK)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA II											
ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 28/11/2020											
PISTA: 06	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 258,34 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL											
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO											
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS											
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3,56°										
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3,19°										
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3,01°										
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2,84°										
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2,53°										
LARGURA DA RAMPA	0,34°	LARGURA DA RAMPA	0,35°										
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10° DIR 10°	COBERTURA ANGULAR	ESQ 10° DIR 11°										
PERÍODO DA INSPEÇÃO		SPA UTILIZADO											
DIURNO		-											
SN DPGS		SN DRTT											
		SN THD 123											
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO													
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-	LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT										
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-	COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT										
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT	COBERTURA ANGULAR	SAT										
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-	CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-										
LARGURA DA RAMPA	SAT	CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-										
ENERGIA SECUNDÁRIA	-												
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS													
1- Inspeção ESPECIAL para avaliação operacional do projeto RPAS, conforme ofício nº 224/PPCN/635, de 26 FEV 2020, do ICEA ao GEIV.													
2- O maior obstáculo encontrado foi uma árvore com 1,5° de elevação a 4° do lado direito do sentido de pouso.													
3 - Devido à pane no SIV, a inspeção foi realizada com o THD (SN 123).													
II - PROVIDÊNCIAS													
1 - Os dados necessários para a avaliação operacional do projeto RPAS, obtidos na inspeção, foram entregues ao SO GLAUCIO pertencente à equipe do ICEA.													
III - PARECER													
1- O auxílio foi inspecionado com resultados satisfatórios.													
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO	TEC	OP	PI: MJ DOMINGOS \ MJ FRANÇA										
IRRESTRITO	X	X	OSIV: 3S PONCIANO										
RESTRITO			OSP: SO AUGUSTO \ 1S DIOGO										
NÃO UTILIZÁVEL			ANV: IU-50 3602										
JOSÉ EVÂNIO GUEDES JÚNIOR Ten Cel Av Comandante do GEIV			HVDS: 00:15										


Assinado digitalmente por JOSE EVANIO GUEDES JUNIOR
 ESTE DOCUMENTO DEVE SER AUTENTICADO NO PORTAL <https://adoc.fab.mil.br/adoc>,
 informando o código: FRFGGUZN.5LMQK7R5.S4IFHTTM.EDL6S4FR



Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020b)

ANEXO J – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Vitória



Figura 16 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 06 de Vitória

Página 1 de 1										
 <p>RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 04 PAPI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">LOCAL: VITÓRIA (SBVT)</td> <td>ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA III</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO</td> <td>DATA DA INSPEÇÃO: 08/03/2021</td> </tr> <tr> <td>PISTA: 06</td> <td>DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 255,90 METROS</td> <td>TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL</td> </tr> </table>	LOCAL: VITÓRIA (SBVT)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA III	ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 08/03/2021	PISTA: 06	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 255,90 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL
LOCAL: VITÓRIA (SBVT)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA III								
ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 08/03/2021								
PISTA: 06	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 255,90 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL								
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO								
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS								
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	4.28°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	4.32°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.95°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.96°							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.70°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.72°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	3.45°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	3.48°							
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	3.12°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	3.24°							
LARGURA DA RAMPA	0.50°	LARGURA DA RAMPA	0.48°							
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10° DIR 10°	COBERTURA ANGULAR	ESQ 11° DIR 14°							
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO	SPA UTILIZADO								
		SN DGPS	108							
		SN DRTT	-							
		SN THD	-							
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO										
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-	LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT							
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-	COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT							
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT	COBERTURA ANGULAR	SAT							
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-	CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-							
LARGURA DA RAMPA	SAT	CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-							
ENERGIA SECUNDÁRIA	-									
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS										
1. Inspeção ESPECIAL para avaliação do projeto RPAS, conforme ofício n.º 224/PPCN/635, de 26 FEV 2020, do ICEA ao GEIV.										
2. Os resultados obtidos em voo foram disponibilizados para a equipe do ICEA.										
II - PARECER										
1. O auxílio opera irrestrito.										
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO	TEC	OP	PI: CP BENEVIDES							
IRRESTRITO	X	X	OSIV: 3S PONTES							
RESTRITO			OSP: SO WERNECK e SO MAGNO							
NÃO UTILIZÁVEL			ANV: IU-50 3604							
			HVDS: 00:20							
		BRUNO MICHEL MARCONDES ALVES Ten Cel Av Comandante do GEIV								

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2021a)

ANEXO K – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 24 de Vitória


Figura 17 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 24 de Vitória

 		LOCAL: VITÓRIA (SBVT)		ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA III	
		ÓRGÃO MANTENEDOR: INFRAERO		DATA DA INSPEÇÃO: 08/03/2021	
RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº <input type="text" value="05"/> PAPI		PISTA: 24	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 296,54 METROS	TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL	
DADOS PREVISTOS			DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO		
ITENS VERIFICADOS			ITENS VERIFICADOS		
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.58°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.63°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.25°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.30°	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.00°		ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.02°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.75°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.75°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.42°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.32°	
LARGURA DA RAMPA	0.50°		LARGURA DA RAMPA	0.48°	
COBERTURA ANGULAR	ESQ	10°	DIR	10°	
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO		SPA UTILIZADO		DGPS
	SN DPGS	108	SN DRTT	-	SN THD
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO					
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-		LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT	
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-		COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT		COBERTURA ANGULAR	SAT	
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-		CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-	
LARGURA DA RAMPA	SAT		CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-	
ENERGIA SECUNDÁRIA	-				
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS					
1. Inspeção ESPECIAL para avaliação do projeto RPAS, conforme ofício n.º 224/PPCN/635, de 26 FEV 2020, do ICEA ao GEIV.					
2. Os resultados obtidos em voo foram disponibilizados para a equipe do ICEA.					
II - PARECER					
1. O auxílio opera irrestrito.					
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO	TEC	OP			PI: CP BENEVIDES
IRRESTRITO	X	X			OSIV: 3S PONTES
RESTRITO			BRUNO MICHEL MARCONDES ALVES Ten Cel Av		OSP: SO WERNECK e SO MAGNO
NÃO UTILIZÁVEL			Comandante do GEIV		ANV: IU-50 3604
					HVDS: 00:35

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2021b)

ANEXO L – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 11 de Ilhéus



Figura 18 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 11 de Ilhéus

		LOCAL:		ÓRGÃO SUPERVISOR:	
		ILHÉUS (SBIL)		CINDACTA III	
RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº <input type="text" value="20"/> PAPI		ÓRGÃO MANTENEDOR:		DATA DA INSPEÇÃO:	
		SOCICAM		11/03/2021	
		PISTA:	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA:	TIPO DA INSPEÇÃO:	
		11	305,00 METROS	ESPECIAL	
DADOS PREVISTOS			DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO		
ITENS VERIFICADOS			ITENS VERIFICADOS		
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.50°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.56°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.17°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.16°	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.00°		ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	2.97°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.83°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.78°	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.50°		ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.44°	
LARGURA DA RAMPA	0.34°		LARGURA DA RAMPA	0.38°	
COBERTURA ANGULAR	ESQ	10°	DIR	10°	11°
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO		SPA UTILIZADO		DGPS
	SN DGPS	121	SN DRTT	-	SN THD
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO					
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-		LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT	
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-		COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT	
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT		COBERTURA ANGULAR	SAT	
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-		CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-	
LARGURA DA RAMPA	SAT		CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-	
ENERGIA SECUNDÁRIA	-				
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS					
1. Inspeção ESPECIAL para avaliação do projeto RPAS, conforme ofício n.º 224/PPCN/635, de 26 FEV 2020, do ICEA ao GEIV.					
2. Os resultados obtidos em voo foram disponibilizados para a equipe do ICEA.					
II - PARECER					
1. O auxílio opera irrestrito.					
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO		TEC	OP	PI:	CP BENEVIDES
IRRESTRITO		X	X	OSIV:	3S PONTES
RESTRITO				OSP:	SO RIBAS
NÃO UTILIZÁVEL				ANV:	IU-50 3603
BRUNO MICHEL MARCONDES ALVES Ten Cel Av Comandante do GEIV				HVDS:	00:40

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2021c)

ANEXO M – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 29 de Ilhéus

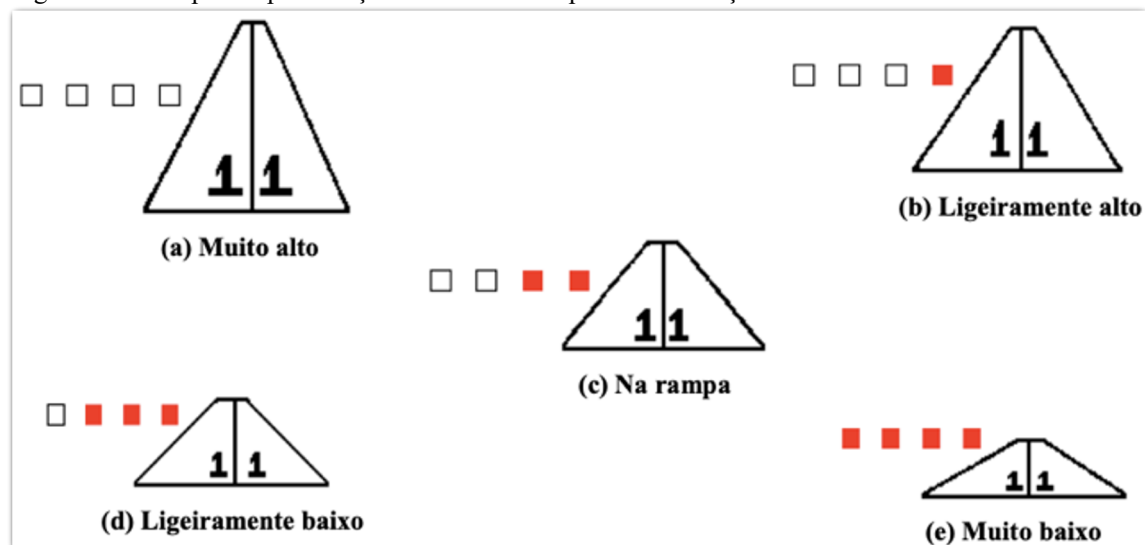
Figura 19 – Relatório da inspeção do PAPI da cabeceira 29 de Ilhéus

Página 1 de 2			
 RELATÓRIO FINAL DE INSPEÇÃO EM VOO Nº 07 PAPI		LOCAL: ILHÉUS (SBIL)	ÓRGÃO SUPERVISOR: CINDACTA III
		ÓRGÃO MANTENEDOR: SOCICAM	DATA DA INSPEÇÃO: 11/03/2021
		PISTA: 29	DISTÂNCIA DO PO À CABECEIRA: 216,71 METROS
		TIPO DA INSPEÇÃO: ESPECIAL	
DADOS PREVISTOS		DADOS DA INSPEÇÃO EM VOO	
ITENS VERIFICADOS		ITENS VERIFICADOS	
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO ALTO	3.59°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.17°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO ALTO	3.20°
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.00°	ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	3.03°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.83°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO MÉDIO BAIXO	2.86°
ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.50°	ÂNGULO DE TRANSIÇÃO BAIXO	2.60°
LARGURA DA RAMPA	0.34°	LARGURA DA RAMPA	0.34°
COBERTURA ANGULAR	ESQ 10° DIR 10°	COBERTURA ANGULAR	ESQ 11° DIR 10°
PERÍODO DA INSPEÇÃO	DIURNO	SPA UTILIZADO	
		SN DPGS	121
		SN DRTT	-
		SN THD	-
DADOS GERAIS DA INSPEÇÃO			
INTENSIDADE E BRILHO DAS LUZES	-	LARGURA DOS SETORES INFERIOR E SUPERIOR	SAT
OPERAÇÃO DAS LÂMPADAS	-	COBERTURA UTILIZÁVEL	SAT
ÂNGULO NORMAL DA RAMPA	SAT	COBERTURA ANGULAR	SAT
COINCIDÊNCIA COM ILS / PAR	-	CLEARANCE DE OBSTÁCULOS	-
LARGURA DA RAMPA	SAT	CONTRASTE E IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA	-
ENERGIA SECUNDÁRIA	-		
I - CONSIDERAÇÕES GERAIS			
1. Inspeção ESPECIAL para avaliação do projeto RPAS, conforme ofício n.º 224/PPCN/635, de 26 FEV 2020, do ICEA ao GEIV. 2. Os resultados obtidos em voo foram disponibilizados para a equipe do ICEA.			
II - PARECER			
1. O auxílio opera irrestrito.			
CLASSIFICAÇÃO DO AUXÍLIO			
TEC	OP	PI:	CP BENEVIDES
X	X	OSIV:	3S PONTES
IRRESTRITO		OSP:	SO RIBAS
RESTRITO		ANV:	IU-50 3603
NÃO UTILIZÁVEL		HVDS:	00:55
		BRUNO MICHEL MARCONDES ALVES Ten Cel Av	
		Comandante do GEIV	

Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2020e)

ANEXO N – Rampa de aproximação do PAPI e suas possíveis variações

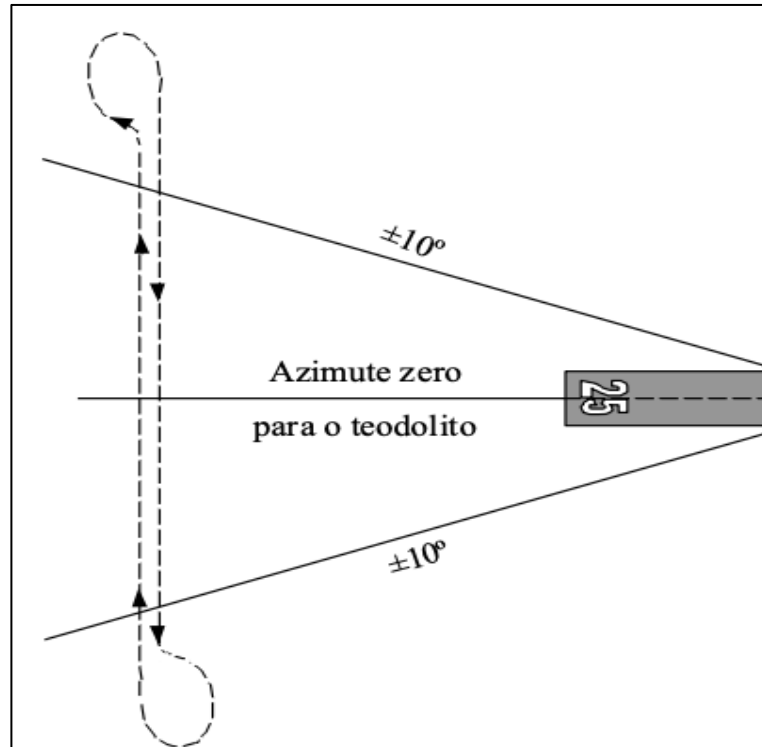
Figura 20 – Rampa de aproximação do PAPI e suas possíveis variações



Fonte: Brasil (2020b, p. 137)

ANEXO O – Cobertura angular do PAPI

Figura 21 – Cobertura angular do PAPI



Fonte: Brasil (2020b, p. 156)