

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

HEITOR CARVALHO HEBMÜLLER

Integração da metodologia SORA ao processo de Autorização de Projeto de
RPA no Brasil

São Carlos

2024

HEITOR CARVALHO HEBMÜLLER

Integração da metodologia SORA ao processo de Autorização de Projeto de
RPA no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Aeronáutica, da Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Aeronáutico.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Eguea

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos
2024

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

H443i Hebmüller, Heitor Carvalho
Integração da metodologia SORA ao processo de
autorização de projeto de RPA no Brasil / Heitor
Carvalho Hebmüller; orientador João Paulo Eguea. São
Carlos, 2024.

Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica)
-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2024.

1. Certificação. 2. Drone. 3. SORA. 4. ANAC. 5.
RPA. 6. RPAS. I. Título.

ERRATA


[illegible]

FOLHA DE APROVAÇÃO
Approval sheet

| |
|--|
| Candidato / Student: Heitor Carvalho Hebmüller |
| Título do TCC / Title : Integração da metodologia SORA ao processo de Autorização de Projeto de RPA no Brasil |
| Data de defesa / Date: 16/12/2024 |

| Comissão Julgadora / Examining committee | Resultado / result |
|--|--------------------|
| Professor Doutor João Paulo Eguea | APROVADO |
| Instituição / Affiliation: EESC - SAA | |
| Professor Doutor Álvaro Martins Abdalla | APROVADO |
| Instituição / Affiliation: EESC - SAA | |
| Professor Doutor Ricardo Afonso Angélico | APROVADO |
| Instituição / Affiliation: EESC - SAA | |

Presidente da Banca / Chair of the Examining Committee:



Professor Doutor João Paulo Eguea
(assinatura / signature)

*Este trabalho é dedicado à minha família, por
serem meu porto seguro e nunca terem medido
esforços para me apoiar em minha jornada.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e à minha irmã, por quem sou eternamente grato por todo o apoio, compreensão e amor incondicional sobre os quais todo o resto pôde ser construído.

Às grandes amizades que fiz durante a graduação, cujo companheirismo e convivência diária tornou possível superar todos os desafios encontrados no percurso.

A todos da empresa AL Drones, não só por todo o conhecimento transmitido que foi fundamental para elaboração desse trabalho, mas também por toda a contribuição para a minha formação profissional.

Ao meu orientador, por ter desempenhado essa função com dedicação e amizade, em nome de quem também aproveito para agradecer a todos os professores que contribuíram positivamente para a minha formação acadêmica.

*“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre os ombros
de gigantes.”*

(Sir Isaac Newton, 1675)

RESUMO

HEBMÜLLER, H. C. **Integração da metodologia SORA ao processo de Autorização de Projeto de RPA no Brasil**. 2024. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

Com o crescente uso de drones no mundo, se faz necessária a existência de regulamentações mais robustas e capazes de avaliar o risco de cada tipo de produto e operação dessa tecnologia emergente. Assim, esse trabalho investiga como integrar o *Specific Operations Risk Assessment* (SORA), recomendada pela European Union Aviation Safety Agency (EASA), ao processo de Autorização de Projeto de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) exigido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), por meio da análise documental das normas de certificação brasileira e europeia. O principal objetivo é utilizar os *Operational Safety Objectives* (OSO) apresentados no SORA como meio de cumprimento com requisitos para RPA de Classe 2 do RBAC-E nº94, uma vez que não há uma Instrução Suplementar (IS) publicada para eles. Como resultado, foi possível observar uma boa correlação entre os OSO e os requisitos de Classe 2, sendo possível delimitar uma proposta de meio alternativo de cumprimento com requisitos para eles a partir dessa análise.

Palavras-chave: Certificação. Drone. RPA. RPAS. ANAC. SORA

ABSTRACT

HEBMÜLLER, H. C. **Integration of the SORA methodology into the drone Design Authorization process in Brazil.** 2024. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

With the growing use of drones worldwide, there is an increasing need for more robust regulations capable of assessing the risk of each type of product and operation within this emerging technology. Thus, this study investigates how to integrate the Specific Operations Risk Assessment (SORA) methodology, recommended by the European Union Aviation Safety Agency (EASA), into the Remotely Piloted Aircraft (RPA) Design Authorization process required by the Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), through a documentary analysis of Brazilian and European certification standards. The main objective is to use the Operational Safety Objectives (OSO) presented in SORA as a means of compliance with the requirements for Class 2 RPAS under RBAC-E No. 94, since no Supplementary Instruction (IS) has been published for them. As a result, a strong correlation between the OSO and Class 2 requirements was observed, allowing for the delineation of an alternative means of compliance with these requirements based on this analysis.

Keywords: Certification. Drone. RPA. RPAS. ANAC. SORA

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxograma SORA | 32 |
| Figura 2 - Objetivos de Segurança Operacional (OSO) | 37 |
| Figura 3 - OSO #2 | 39 |
| Figura 4 - OSO #4 | 41 |
| Figura 5 - OSO #5 | 51 |
| Figura 6 - OSO #6 | 53 |
| Figura 7 - OSO #9 | 55 |
| Figura 8 - OSO #13 | 56 |
| Figura 9 - OSO #17 | 57 |
| Figura 10 - OSO #19 | 58 |
| Figura 11 - OSO #20 | 59 |
| Figura 12 - OSO #23 | 60 |
| Figura 13 - OSO #24 | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Correlação entre os requisitos ANAC e os OSO do SORA..... | 44 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ADS | <i>Airworthiness Design Standard</i> |
| AGL | <i>Above Ground Level</i> |
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| ARC | <i>Air Risk Class</i> |
| BVLOS | <i>Beyond Visual Line of Sight</i> |
| C2 | Comando e Controle |
| ConOps | Conceito Operacional |
| DADS | <i>Design Authorization Data Sheet</i> |
| EASA | European Union Aviation Safety Agency |
| EVLOS | <i>Extended Visual Line of Sight</i> |
| FAA | Federal Aviation Administration |
| FHA | <i>Functional Hazard Assessment</i> |
| GRC | <i>Ground Risk Class</i> |
| ICAO | International Civil Aviation Organization |
| IS | Instrução Suplementar |
| JARUS | Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems |
| OSO | <i>Operational Safety Objectives</i> |
| PMD | Peso Máximo de Decolagem |
| PN | <i>Part Number</i> |
| RAB | Registro Aeronáutico Brasileiro |
| RBAC | Regulamento Brasileiro da Aviação Civil |
| RPA | <i>Remotely-Piloted Aircraft</i> |
| RPAS | <i>Remotely-Piloted Aircraft System</i> |
| RPS | <i>Remote Pilot Station</i> |
| SAIL | <i>Specific Assurance and Integrity Level</i> |
| SARPAS | Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas |
| SISANT | Sistema de Aeronaves Não Tripuladas |
| SORA | <i>Specific Operations Risk Assessment</i> |
| UAS | <i>Unmanned Aircraft System</i> |
| VLOS | <i>Visual Line of Sight</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.1 O tema e sua importância | 25 |
| 1.2 Objetivos..... | 26 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 28 |
| 2.1 Regulamentação ANAC | 28 |
| 2.2 Regulamentação EASA | 31 |
| 3 METODOLOGIA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA | 35 |
| 4 ANÁLISE DOS REQUISITOS | 37 |
| 4.1 Aplicação do OSO #02..... | 39 |
| 4.2 Aplicação do OSO #04..... | 41 |
| 4.3 Correlação OSO e RBAC..... | 44 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 46 |
| REFERÊNCIAS | 48 |
| APÊNDICE | 51 |
| 1 Aplicação do OSO #05..... | 51 |
| 2 Aplicação do OSO #06..... | 53 |
| 3 Aplicação do OSO #09..... | 55 |
| 4 Aplicação do OSO #13..... | 56 |
| 5 Aplicação do OSO #17..... | 57 |
| 6 Aplicação do OSO #19..... | 58 |
| 7 Aplicação do OSO #20..... | 59 |
| 8 Aplicação do OSO #23..... | 60 |
| 9 Aplicação do OSO #24..... | 61 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 O tema e sua importância

Em 2005 o Federal Aviation Administration (FAA) emitiu o primeiro certificado de aeronavegabilidade para um *drone*, o General Atomics Altair (EUA, 2022). Com isso, o FAA passou a colaborar com os fabricantes para coletar dados técnicos e operacionais dessas aeronaves para poder melhorar os processos regulatórios dessa tecnologia. Já em 2011, a International Civil Aviation Organization (ICAO, 2011) publicou a Circular 328, que exigiu que os drones demonstrassem nível de segurança equivalentes ao das aeronaves tripuladas para que pudessem ser integradas ao espaço aéreo.

Desde então, não só a tecnologia dos *drones* mudou bastante, mas a regulamentação também precisou evoluir para se manter atualizada.

Hoje, é possível encontrar disponível no mercado opções de *drones* para os mais diversos usos, como mapeamento, inspeção, vigilância, transporte de carga e pulverização, sem contar os *drones* de uso recreativo. Esses *drones* possuem os mais diversos tamanhos, níveis de automatização e funcionalidades, sem contar com o custo relativamente menor do que o de uma aeronave tripulada. Esses fatores fizeram com que o uso dessa tecnologia crescesse de forma bastante acelerada.

No início de 2022, o número de *drones* registrados no Brasil era de mais de 90 mil, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (BRASIL, 2022). Hoje, estão registrados no SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas) mais de 169 mil drones (BRASIL, 2021a). Em comparação, o número total de aeronaves tripuladas com matrícula ativa no RAB (Registro Aeronáutico Brasileiro) é de pouco mais de 21 mil (BRASIL, 2023a). Apesar de os números do SISANT não serem exatamente comparáveis com os do RAB, em função de haver nele aeronaves que não estão mais em uso, a comparação permite perceber que a quantidade de *drones* que adentram o espaço aéreo é significativa.

Para contemplar não só o crescente uso dessa tecnologia, mas também toda a gama de aplicações desenvolvidas para ela, regulamentações específicas para *drones* tiveram que ser implementadas, uma vez que a utilização do processo desenvolvido para aeronaves tripuladas (como no caso do General Atomics Altair) não era adequado. A regulamentação para essa tecnologia, ao mesmo tempo que precisa ser robusta para que os *drones* não impactem negativamente a segurança do voo, deve também ser flexível para não limitar o desenvolvimento extremamente dinâmico e acelerado que é característico dela, em especial

quando comparada à aviação tripulada. Assim, uma regulamentação para essas aeronaves não tripuladas se faz essencial, para que o crescimento acelerado dessa tecnologia não apresente riscos inaceitáveis para a aviação tripulada e para as pessoas em solo.

Nesse contexto, foi desenvolvida o *Specific Operations Risk Assessment* (SORA), uma metodologia para a análise de risco de operações com *drones* criada pelo Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (JARUS, 2024), que serve de base para o desenvolvimento desse trabalho.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo analisar a metodologia SORA, investigando como ela pode ser agregada ao processo de Autorização de Projeto instituído pela ANAC para as aeronaves não tripuladas. Como objetivo específico, espera-se encontrar formas de utilizar os *Operational Safety Objectives* (OSO) propostos pelo SORA como meio de cumprimento com requisitos para *Remotely-Piloted Aircraft System* (RPAS) de Classe 2 do RBAC-E N° 94 (BRASIL, 2023b).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Regulamentação ANAC

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, s.d.) foi criada em 2005 com a finalidade de regular e fiscalizar a aviação civil no Brasil. A regulação é feita através dos Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC), que legislam sobre os mais diversos assuntos necessários para a segurança do voo no Brasil. Para os *drones*, há o RBAC-E N° 94 (Requisitos Gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil), regulamento de vigência limitada que visa estabelecer condições para a operação segura de aeronaves não tripuladas no Brasil (BRASIL, 2023b).

Algumas definições trazidas pelo RBAC-E N° 94 serão amplamente utilizadas ao longo deste trabalho e, com isso, serão aqui apresentadas. A ANAC utiliza o termo Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para se referir a todo *drone* que possua uma finalidade não recreativa. A RPA é controlada a partir de uma Estação de Pilotagem Remota (RPS), que contém todos os componentes necessários para que o piloto remoto opere a aeronave. Por fim, o conjunto composto por RPA e RPS recebe o nome Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS).

A principal regra estipulada pela ANAC a fim de aumentar a segurança da operação de RPA no Brasil, considerando seu atual estágio de desenvolvimento tecnológico, é que as RPA operem em áreas distantes de terceiros. Uma área é considerada distante de terceiro quando somente pessoas envolvidas (indispensável para a operação) e pessoas anuentes (dispensável para a operação, mas que concorde expressamente com o risco) estão sujeitas a algum risco decorrente da operação. Ou seja, essa área existe a partir de uma certa distância horizontal do volume do espaço aéreo em que a RPA opera, a depender de sua performance.

O RBAC-E N° 94 estabelece também diferentes tipos de operação baseados na capacidade do piloto remoto de observar a RPA no ar. A operação VLOS (*Visual Line of Sight*) ocorre quando o piloto remoto é capaz de manter contato visual direto com a RPA e, portanto, ver sua atitude, posição e identificar se há ameaças no espaço aéreo em sua proximidade, tornando esse tipo de operação intrinsecamente mais segura. É possível tirar proveito desse aumento de segurança também por meio de uma operação EVLOS (*Extended Visual Line of Sight*), na qual o piloto remoto não é mais capaz de ver a aeronave, mas há uma ou mais pessoas envolvidas na operação que cumprem a função de observador. O observador não só mantém contato visual direto com a RPA, mas também deve ser capaz de se comunicar com o piloto

remoto para poder relatar qualquer situação anormal. Por fim, há a operação BVLOS (*Beyond Visual Line of Sight*), em que não há nenhuma forma de contato visual direto com a RPA.

Além disso, esse Regulamento Especial utiliza um sistema de classes baseadas no Peso Máximo de Decolagem (PMD) para dividir os tipos de RPA, sejam elas:

- Classe 1: RPA com PMD maior que 150kg;
- Classe 2: RPA com PMD maior do que 25kg e menor ou igual a 150kg; e
- Classe 3: RPA com PMD menor ou igual a 25kg.

Encerradas as definições preliminares, a Subparte E do RBAC-E N° 94 (daqui em diante chamado apenas de RBAC) discorre sobre o processo de Autorização de Projeto de RPAS. Esse processo é análogo à certificação de produto utilizada para a aviação tripulada, de forma que somente é permitida a operação de RPAS no Brasil caso ela tenha seu projeto autorizado pela ANAC, exceto para RPA que já possuam um Certificado de Tipo (Classe 1), ou que sejam de Classe 3 e operem exclusivamente VLOS e abaixo de 400ft AGL (*Above Ground Level*). Em Suma, o processo de Autorização de Projeto da ANAC se destina a RPAS que atendam pelo menos uma das seguintes circunstâncias: ser Classe 2, operar BVLOS ou operar acima de 400ft AGL.

Os requisitos definidos na Subparte E são, por natureza, pouco específicos, por não apresentarem como devem ser cumpridos. Para prover orientações específicas e sugerir um meio de cumprimento com requisitos, a ANAC redigiu a Instrução Suplementar IS N° E94-002 (Autorização de Projeto de RPAS – Requisitos Técnicos) (BRASIL, 2021b). Essa IS orienta a demonstração de cumprimento com os requisitos das seções E94.405 (Projeto do RPAS – Geral) e E94.407 (Projeto do RPAS para operações BVLOS). Não há nessa IS, ou em outra, recomendação de meio de cumprimento com os requisitos para RPAS Classe 2 (seção E94.409), fato que motiva o tema dessa monografia.

Os requisitos apresentados para o processo de Autorização de Projeto são, como o próprio nome sugere, bastante focados no projeto da RPAS. De um modo geral, é exigido que os principais sistemas da RPAS, como os sistemas de geração e armazenamento de combustível/energia, propulsão e comando e controle, sejam projetados e instalados de forma a prover desempenho e confiabilidade adequadas para a operação da aeronave. Além disso, dentro dos requisitos gerais há exigências quanto à documentação a ser apresentada (Manual de Voo, Manual de Manutenção e Relatório de Análise de Segurança).

A apresentação do Relatório de Análise de Segurança é um dos requisitos da seção E94.405 sendo, portanto, aplicável à todas as RPAS que se enquadram no processo de

Autorização de Projeto. A IS N° E94-002, em seu parágrafo 5.4.3, detalha o conteúdo desse relatório, sendo basicamente exigida uma análise dos principais sistemas que tenham impacto na segurança do voo, a consequência de falhas nesses sistemas e como elas são mitigadas a fim de não oferecer riscos considerados inaceitáveis a outras aeronaves no ar ou a pessoas no solo. Dessa forma, o relatório de análise de segurança torna evidente o viés de projeto associado ao processo de Autorização de Projeto da ANAC.

Por fim, para entender melhor o passo a passo do processo de Autorização de Projeto da ANAC, é interessante verificar a IS N° E94-001 (Autorização de Projeto de Sistemas de Aeronave Remotamente Pilotada – Procedimentos Gerais) (BRASIL, 2019). Essa IS apresenta as etapas que devem ser seguidas e qual o papel, tanto da ANAC, quanto do requerente em cada uma delas. A IS divide o processo de Autorização de Projeto em quatro etapas: preliminar, inicial, demonstração e verificação de cumprimento e final.

A etapa preliminar envolve tudo o que antecede a Autorização de Projeto, incluindo os ensaios de desenvolvimento do produto e uma reunião inicial com a ANAC para familiarização com o projeto e discussão da base de requisitos. Já a etapa inicial compreende a solicitação de abertura do processo e envio do Plano de Trabalho, documento que serve de guia para o processo, incluindo para isso a base de requisitos utilizada, os meios de cumprimento com esses requisitos, uma descrição geral dos sistemas e características da RPA e o Conceito Operacional (ConOps).

A etapa de demonstração e verificação de cumprimento é a mais extensa do processo, abrangendo toda a submissão dos dados técnicos necessários para embasar o que foi descrito no Plano de Trabalho. É nessa etapa também em que se insere o Relatório de Análise de Segurança descrito anteriormente, além da apresentação dos resultados dos ensaios (em solo ou em voo) que foram previstos no Plano de Trabalho. Com isso, a ANAC realiza a análise de todos os dados enviados, culminando em uma nova campanha de ensaios com o testemunho da ANAC, para que sejam avaliados os aspectos de maior subjetividade ou que mais tenham impacto na segurança do voo. Por fim, após serem respondidos todos os questionamentos da ANAC, ocorre a etapa final, que consiste no encerramento do processo dado pela emissão do ofício de Autorização de Projeto, juntamente com o *Design Authorization Data Sheet (DADS)*.

2.2 Regulamentação EASA

Na Europa, entrou em vigor em dezembro de 2020 o Regulamento de Execução (EU) 2019/947 (UNIÃO EUROPEIA, 2019), pelo qual a European Union Aviation Safety Agency (EASA) estabeleceu as regras e procedimentos para a operação dos *Unmanned Aircraft System* (UAS), termo europeu utilizado para se referir a RPAS. Vale ressaltar que, apesar de cada país europeu possuir sua respectiva agência de aviação civil, elas cumprem muito mais um papel executor, enquanto fica à cargo da EASA definir a legislação aeronáutica vigente na União Europeia.

O Regulamento 2019/947 também divide os UAS em três categorias: *Open*, *Specific* e *Certified*. A categoria *Open* é definida no Artigo 4 desse regulamento, sendo comporta por RPAS que possuem um PMD menor do que 25kg, que voem a uma distância segura de pessoas não anuentes, em condição VLOS, abaixo de 120m e que não carreguem cargas perigosas. No outro extremo, a categoria *Certified* é composta por RPAS que transportam pessoas ou produtos perigosos, ou ainda por *drones* que voam sobre multidões de pessoas. Como o próprio nome sugere, essas aeronaves exigem um Certificado de Tipo para operarem. Por fim, a categoria *Specific* (daqui em diante chamada de categoria Específica) engloba todos os outros tipos de *drones* e operações, como por exemplo: operações BVLOS, que voem acima de 120m ou de *drones* que pesem mais do que 25kg.

Nota-se, portanto, que os drones que se enquadram na categoria Específica se assemelham bastante aos RPAS para os quais são exigidos Autorização de Projeto no Brasil. A principal diferença sendo que a operação sobre pessoas é permitida para a categoria Específica (desde que não sejam multidões), enquanto esse tipo de operação não é permitido no Brasil.

Segundo o Artigo 5 (*'Specific' category of UAS operations*) do Regulamento 2019/947, é exigido para as RPAS dessa categoria uma Autorização Operacional para voar na Europa. Para isso, o requerente deve enviar, juntamente com o pedido de Autorização Operacional, um relatório de análise de segurança que deve atender aos critérios estabelecidos no Artigo 11. Esse artigo sugere o uso do *Specific Operations Risk Assessment* (SORA) para esse fim.

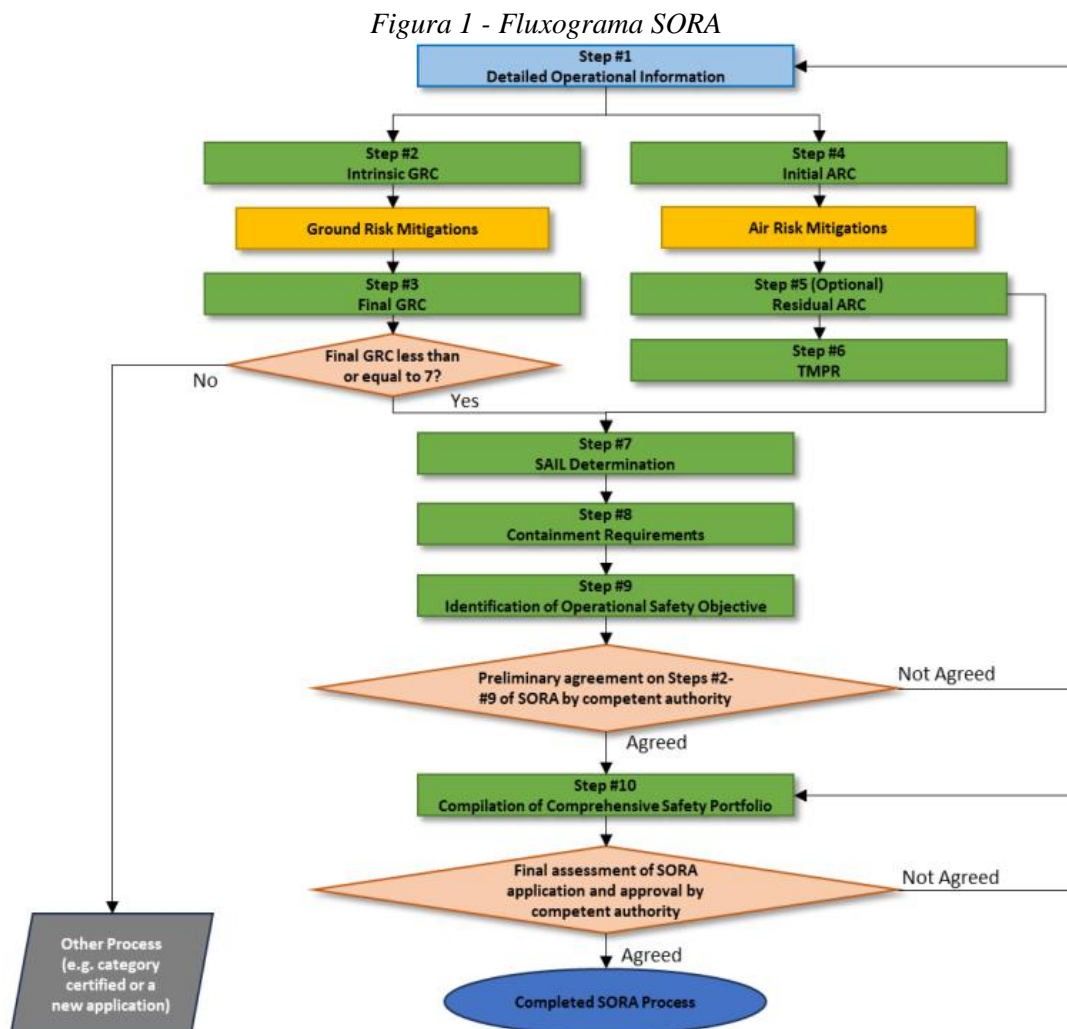
O SORA (JARUS, 2024) é uma metodologia de análise de risco criada pela Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (JARUS), um grupo formado por especialistas de agências reguladoras (como FAA, ANAC e EASA) que objetiva criar um conjunto de requisitos capazes de abordar aspectos técnicos e operacionais que garantam um nível aceitável de segurança na operação de RPAS. Apesar de o Regulamento 2019/947

recomendar a versão 2.0 do SORA, em maio de 2024 a JARUS publicou a versão 2.5 da metodologia, que será utilizada como base para este trabalho.

A metodologia SORA é dividida em 10 (dez) passos, entre eles:

- A análise detalhada do ConOps pretendido, visando entender quais as características do espaço aéreo local, a densidade populacional na região e como a performance da aeronave impacta nas margens de segurança associadas ao volume operacional utilizado;
- Os riscos daquela operação ao solo e ao espaço aéreo, bem como uma análise das formas de mitigação a esses riscos que são aplicáveis à operação;
- A determinação do *Specific Assurance and Integrity Level* (SAIL) e consequente identificação dos *Operational Safety Objectives* (OSO) a serem cumpridos.

Um fluxograma do processo SORA é apresentado na Figura 1.



Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O SAIL resulta de uma combinação do *Ground Risk Class* (GRC) e do *Air Risk Class* (ARC), ou seja, do risco ao solo e ao ar que aquela determinada operação oferece, após consideradas todas as mitigações aceitáveis pelo SORA. O SAIL varia de 1 a 6 (ordem crescente de risco) e, a partir dele, é possível determinar não só os requisitos de contenção (Passo #8), mas também identificar com que nível de robustez cada um dos 17 OSO devem ser cumpridos (Passo #9). Os OSOs são os mesmos para todas as RPAS da categoria Específica, a diferença é justamente com que nível de robustez é necessária a comprovação de cumprimento com eles, a depender do risco da operação (SAIL).

O nível de robustez, conforme definido pelo SORA, é composto pelo nível de Integridade (os requisitos a serem cumpridos) e pelo nível de Garantia (como é demonstrado esse cumprimento). Assim, se o SAIL da operação exige o cumprimento com nível de robustez médio de um determinado OSO, seria necessário atender ao nível médio tanto de integridade quanto de garantia descritos para ele.

3 METODOLOGIA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

A metodologia empregada nesse trabalho baseia-se na análise documental tanto do RBAC-E N° 94 quanto da metodologia SORA para que se possa determinar até que ponto os OSOs apresentados no SORA podem ser utilizados como meio de cumprimento com requisitos de RPAS Classe 2 no processo de Autorização de Projeto da ANAC.

O intuito é analisar todos os OSOs, apresentando nesse trabalho aqueles que forem relevantes para os requisitos de Classe 2. Assim, para cada caso será apresentado o OSO seguido do requisito de Classe 2 do RBAC associado a ele e uma análise do autor desse trabalho apresentando a justificativa e a lógica utilizada para isso.

Na Seção 4 (Análise dos Requisitos) será apresentado o processo para apenas um OSO, a título de exemplo da metodologia. A análise de todos os outros OSO serão apresentadas no Apêndice dessa monografia, a fim de manter a clareza e objetividade. Em seguida, na Seção 4.3 (Correlação OSO e RBAC), será apresentada uma tabela com o resultado obtido, que associará os requisitos para RPAS Classe 2 com os respectivos OSO. A tabela será então analisada e serão feitas as ressalvas necessárias.

Por fim, a Seção 5 (Conclusões) servirá de encerramento para o tópico, sugerindo não só formas de expandir esse tema, mas também outras possibilidades de uso do SORA em combinação com os procedimentos da ANAC para RPAS.

4 ANÁLISE DOS REQUISITOS

Como descrito na seção anterior, o desenvolvimento do projeto se dará através da análise dos OSO, oriundos do Passo #9 do SORA. A Figura 2 apresenta uma visão geral de todos os 17 OSOs (número e descrição), seguidos de uma coluna que apresenta com que nível de robustez cada um deles deve ser atendido, a depender do SAIL da operação. Por fim, a coluna mais à direita apresenta de que instituição depende o cumprimento daquele OSO (operador, organização de treinamento e fabricante, respectivamente). Vale ressaltar que a numeração dos OSO é inconsistente devido à modificação que eles sofreram no decorrer das diferentes versões do SORA.

Figura 2 - Objetivos de Segurança Operacional (OSO)

| OSO ID | Operational Safety Objective | SAIL | | | | | | Dependencies (Crit. references as per Annex E) | | |
|--------|--|------|-------------------|-----|----|---|----|---|--------------|----------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | Operator | Training org | Designer |
| OSO#01 | Ensure the Operator is competent and/or proven | NR | L | M | H | H | H | x | | |
| OSO#02 | UAS manufactured by competent and/or proven entity | NR | NR | L | M | H | H | | | x |
| OSO#03 | UAS maintained by competent and/or proven entity | L | L | M | M | H | H | Crit. 1 Crit. 2 | | Crit. 1 |
| OSO#04 | UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) | NR | NR | NR | L | M | H | | | x |
| OSO#05 | UAS is designed considering system safety and reliability | NR | NR ^(d) | L | M | H | H | | | x |
| OSO#06 | C3 link characteristics are appropriate for the operation | NR | L | L | M | H | H | x | | x |
| OSO#07 | Conformity check of the UAS configuration | L | L | M | M | H | H | Crit. 1 Crit. 2 | | Crit. 1 |
| OSO#08 | Operational procedures are defined, validated and adhered to | L | M | H | H | H | H | x | | Crit. 1 |
| OSO#09 | Remote crew trained and current | L | L | M | M | H | H | x | x | |
| OSO#13 | External services supporting UAS operations are adequate to the operation | L | L | M | H | H | H | x | | |
| OSO#16 | Multi crew coordination | L | L | M | M | H | H | Crit. 1 Crit. 3 | Crit. 2 | |
| OSO#17 | Remote crew is fit to operate | L | L | M | M | H | H | x | | |
| OSO#18 | Automatic protection of the flight envelope from human errors | NR | NR | L | M | H | H | | | x |
| OSO#19 | Safe recovery from human error | NR | NR | L | M | M | H | | | x |
| OSO#20 | A Human Factors evaluation has been performed and the HMI found appropriate for the mission | NR | L | L | M | M | H | x | | x |
| OSO#23 | Environmental conditions for safe operations defined, measurable and adhered to | L | L | M | M | H | H | x | | x |
| OSO#24 | UAS designed and qualified for adverse environmental conditions | NR | NR | M | H | H | H | | | x |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

É interessante notar que, apesar da metodologia SORA ser baseada majoritariamente em aspectos operacionais, há dentre os OSOs objetivos relacionados também ao projeto do RPAS. Espera-se, portanto, que principalmente os OSOs relacionados a projeto possam ser aproveitados como meio de cumprimento com requisitos no processo de Autorização de Projeto da ANAC.

O Anexo E do SORA apresenta em detalhes cada um dos OSOs, bem como quais os critérios para atender a eles. Os critérios são divididos por nível de robustez (baixo, médio ou alto), devendo ser atendidos no nível correto a depender do SAIL da operação.

Conforme apresentado na Seção 2.2, o SAIL resulta de uma combinação do risco ao solo e do risco ao ar, de forma que quanto maior o seu valor, maior é o risco oferecido por aquela operação. Assim, a partir dele é possível determinar com que nível de robustez cada um dos OSOs devem ser cumpridos.

Como os critérios de definição do SAIL são distintos da definição de Classes utilizada pela ANAC, não é possível delimitar qual seria o SAIL de um RPAS Classe 2. O intuito é analisar se o cumprimento com os OSOs (independentemente do nível de robustez exigido pelo SAIL de uma operação específica) poderia servir de meio de cumprimento para os requisitos do RBAC. Assim, para cumprir com um requisito do RBAC poderia ser exigido a demonstração de cumprimento com um nível de robustez mais alto de um OSO do que seria exigido pelo SORA, dado o seu SAIL.

Por fim, vale ressaltar que somente serão abordados os OSOs que são pertinentes para os requisitos de Classe 2. Caso o OSO aborde apenas critérios que já possuam meio de cumprimento previsto na IS N° E94-002 (como os requisitos gerais E94.405, ou requisitos operacionais do RBAC, que também são relevantes para RPAS Classe 2), eles não serão abordados aqui. No caso de um OSO pertinente possuir relação com os requisitos que possuem IS, comentários complementares serão feitos sobre eles.

Em sequência, serão apresentadas as análises do OSO #02 e do OSO #4, de forma a exemplificar o processo de desenvolvimento do projeto. A fim de manter o corpo principal do trabalho conciso e objetivo, a análise de todos os outros OSOs relevantes serão apresentados no Apêndice dessa monografia. Na Seção 4.3 será apresentada uma tabela que resume o resultado obtido.

4.1 Aplicação do OSO #02

Figura 3 - OSO #2

| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|---|-----------|--|---|--|
| | | Low (SAIL III) | Medium (SAIL IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #02 UAS manufactured by competent and/or proven entity | Criterion | As a minimum, manufacturing procedures cover: <ul style="list-style-type: none"> • specification of materials, • suitability and durability of materials used, • processes necessary to allow for repeatability in manufacturing and conformity within acceptable tolerances, • configuration control. | Same as Low. In addition, manufacturing procedures also cover: <ul style="list-style-type: none"> • verification of incoming products, parts, materials, and equipment, • identification and traceability, • in-process and final inspections & testing, • control and calibration of tools, • handling and storage, • non-conforming item control. | Same as Medium. In addition, the manufacturing procedures also cover: <ul style="list-style-type: none"> • personnel competence and qualification, • supplier control. |
| | Comments | N/A | N/A | N/A |

| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of ASSURANCE | | |
|---|-----------|---|---|--|
| | | Low (SAIL III) | Medium (SAIL IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #02 UAS manufactured by competent and/or proven entity | Criterion | The declared manufacturing procedures are developed to a standard considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority ¹ . | Same as Low. In addition, evidence is available that each UAS has been manufactured in conformance to its design. | Same as Medium. In addition: <ul style="list-style-type: none"> • manufacturing procedures, • conformity of the UAS to its design and specification are recurrently verified through process or product audit by a competent third party(ies). |
| | Comments | ¹ National Aviation Authorities (NAAs) may define the standards and/or the means of compliance they consider adequate. The SORA Annex E will be updated at a later point in time with a list of adequate standards based on the feedback provided by the NAAs. | N/A | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

Esse OSO visa garantir que o RPAS foi manufacturado por entidade competente. Assim, ele pode ser utilizado como meio de cumprimento para o requisito E94.409(g) “As estruturas primárias da aeronave devem ser projetadas e fabricadas por meios aceitáveis de projeto e produção” (BRASIL, 2023b), por ser o único requisito de Classe 2 a comentar sobre a fabricação.

Mesmo se o OSO for atendido apenas para um nível de integridade baixo, a apresentação das especificações do material, sua durabilidade, processos de manufatura que garantam as tolerâncias e a repetibilidade necessárias já pode ser suficiente para atender a parcialmente o requisito. Os outros níveis de integridade agregam mais informações ao processo de manufatura e poderiam ser exploradas caso o SAIL da operação, ou a ANAC, exigissem.

Esse OSO não é capaz de atender a parte de projeto das estruturas primárias, que também é parte do requisito. Porém, isso será atendido pelo OSO #4, conforme análise presente na Seção 4.2 dessa monografia.

Vale ressaltar também que o controle de configuração exigido pelo nível baixo de integridade desse OSO também é requerido pela ANAC. Isso fica claro pelo item 5.4.2.4 da IS N° E94-002, que exige que o manual de manutenção liste todos os PN (*Part Number*), versões de *software* e de *firmware* de todos os componentes do RPAS. Além disso, o requisito E94.413(b) do RBAC exige que qualquer modificação de projeto em um RPAS de Classe 2 ou 3 que tenha tido seu projeto autorizado só pode ser realizada caso se garanta que ela continua cumprindo com todos os requisitos aplicáveis, de forma que o controle de configuração se faz necessário também após o término do processo de Autorização de Projeto.

4.2 Aplicação do OSO #04

Figura 4 - OSO #4

| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|---|---|--|--|--|
| | | Low (SAIL IV) | Medium (SAIL V) | High (SAIL VI) |
| OSO #04 UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) | Criterion | The UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) ¹ considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority to contribute to the overall safety objective of 10-4/FH for the loss of control of the operation. | The UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) ¹ considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority to contribute to the overall safety objective of 10-5/FH for the loss of control of the operation. | The UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) ¹ considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority to contribute to the overall safety objective of 10-6/FH for the loss of control of the operation. |
| | Comments | ¹ Examples of Airworthiness Design Standards (ADS) are: <ul style="list-style-type: none">the EASA Special Condition Light-UAS, orthe NATO STANAG 4671 - Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (USAR),the NATO STANAG 4703 - Light Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements,the JARUS Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems (LURS), orthe JARUS Certification Specification for Light Unmanned Aeroplane Systems (LUAS). <i>The applicant is free to propose their own Airworthiness Design Standard(s) to the competent authority.</i> <i>When aspects of an Airworthiness Design Standards (ADS) is covered by an OSO (for instance OSO#05), the OSO requirement takes precedence.</i> | | |
| | Alternative criterion taking credit for functional test-based methods | The applicant has evidence of at least 30,000 FTB flight hours meeting one of the set of conditions described either in section E.3(c) or section E.3(d). | N/A ² | |
| | Comments | N/A | ² Functional test-based method are not considered feasible for operations with a SAIL V or VI | |
| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | Low (SAIL IV) | Medium (SAIL V) | High (SAIL VI) |
| OSO #04 UAS components essential to safe operations are designed to an Airworthiness Design Standard (ADS) | Criterion | The applicant declares ¹ that the required level of integrity has been achieved. | The applicant has supporting evidence that the required level of integrity is achieved. This is typically done by testing, analysis, simulation ² , inspection, design review or through operational experience. | A competent third party validates the claimed level of integrity. |
| | Comments | ¹ Supporting evidence for this declaration may still be requested by the competent authority. | ² When simulation is used, the validity of the targeted environment used in the simulation needs to be justified. | N/A |
| | Alternative criterion taking credit for functional test-based methods | The Operator declares ³ that the FTB flying hours have been executed according to principles/standards ⁴ considered adequate by the competent authority in charge of granting the Operational Authorization. | N/A ⁵ | |
| | Comments | ³ Supporting evidence for this declaration may still be requested by the competent authority. ⁴ For example ASTM F3478-20: "Standard Practice for Development of a Durability and Reliability Flight Demonstration Program for Low Risk Unmanned Aircraft Systems (UAS) under FAA Oversight." | ⁵ Functional test-based method are not considered feasible for operations with a SAIL V or VI | |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

Esse OSO visa garantir que os componentes essenciais para a operação do RPAS foram projetados de acordo com um *Airworthiness Design Standard* (ADS), como por exemplo, uma norma ASTM. No SORA, isso é exigido apenas de operações com SAIL maior ou igual a 4.

Porém, grande parte dos requisitos de Classe 2 apresentados no RBAC envolvem justamente exigências quanto à adequação e ao grau de segurança que eles oferecem.

Segundo o Anexo E do SORA, enquanto os outros OSOs relacionados ao projeto abordam aspectos mais específicos de alguns sistemas e suas funcionalidades, o OSO #4 tem o objetivo de garantir que a RPA como um todo é projetada seguindo um ADS. Assim, o OSO #4 foca principalmente em aspectos de estruturas, construção e desempenho de voo. Com isso, os seguintes requisitos do RBAC poderiam ser atendidos por esse OSO:

- (a) considerando o seu envelope de voo operacional, a RPA deve:
 - (1) ser segura em controle e manobra durante todas as fases do voo;
 - (2) ter desempenho adequado, levando em conta o máximo peso de operação, todas as condições de carregamento e altitudes de operação;
- (b) os sistemas de geração, armazenamento e distribuição de energia para qualquer sistema do RPAS devem ser capazes de:
 - (1) fornecer a energia requerida para a operação adequada de cargas conectadas durante todas as condições pretendidas de operação;
- (c) cada sistema de alimentação do sistema de propulsão da RPA deve ser projetado, arranjado e construído para:
 - (1) garantir o funcionamento adequado do sistema de propulsão em todas as condições de operação e manobras pretendidas; e
 - (2) fornecer a quantidade mínima necessária de combustível/energia para garantir o funcionamento do grupo motopropulsor em sua máxima tração/ potência, além da operação de todos os sistemas que se utilizam dessa fonte de alimentação;
- (d) O sistema de armazenamento de combustível/energia para alimentação do sistema de propulsão da RPA deve:
 - (1) resistir às cargas esperadas em todas as fases de operação; e
 - (2) ser construído, arranjado e instalado de forma a minimizar condições perigosas à aeronave;
- (e) o sistema de propulsão da RPA deve ser construído, arranjado e instalado de forma a garantir um pouso seguro. A operação adequada do sistema de propulsão deve ser garantida quando for necessária ao funcionamento adequado do sistema de recuperação de emergência;
- (f) as estruturas primárias da aeronave devem resistir às cargas esperadas em todas as fases de operação;
- (g) as estruturas primárias da aeronave devem ser projetadas e fabricadas por meios aceitáveis de projeto e produção;

- (m) cada componente de um sistema essencial para a segurança do voo deve:
- (1) ser de um tipo e projeto apropriado para a função pretendida; e
 - (2) ser instalado de acordo com as limitações especificadas para aquele componente; (BRASIL, 2023b)

Não há uma indicação por parte da ANAC de padrões que poderiam ser aceitos para esse fim. Porém, como a IS N° E94-002 recomenda as normas ASTM F2908-14 (ASTM, 2014a) e F2909 (ASTM, 2014b) para os manuais de voo e de manutenção, respectivamente, seria razoável supor que a utilização das normas ASTM F2910 (ASTM, 2019) ou ASTM F3298 (ASTM, 2020), que estabelecem critérios para o projeto e construção de sUAS (*small* UAS) e UAS, respectivamente, poderiam ser normas também aceitas pela ANAC. Vale ressaltar que o próprio SORA nos comentários desse critério também sugere algumas ADS poderiam ser seguidas.

Outro aspecto interessante é que o SORA prevê dois critérios distintos para comprovação de alguns OSOs, como é o caso do OSO #4. Isso é feito através de ensaios, nesse caso em 30000 horas de voo, seguindo os métodos baseados em testes funcionais. Isso permite que mesmo que uma RPA não tenha sido originalmente projetada de acordo com um ADS ela ainda assim pode comprovar o grau necessário de segurança necessário através de uma campanha de ensaios em voo bem-sucedida.

4.3 Correlação OSO e RBAC

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos da análise dos OSOs. Na primeira coluna são apresentados os requisitos do RBAC, enquanto na segunda coluna são apresentados os meios de cumprimento encontrados com base na análise do SORA.

Tabela 1 - Correlação entre os requisitos ANAC e os OSO do SORA

| Requisitos ANAC (Classe 2) | Meios de Cumprimento |
|----------------------------|-------------------------|
| E94.9(b) | OSO #17 |
| E94.9(c) | OSO #9 |
| E94.409(a)(1) e (2) | OSO #4 |
| E94.409(b)(1) | OSO #4 |
| E94.409(b)(2) | OSO #5 |
| E94.409(c)(1) e (2) | OSO #4 |
| E94.409(d)(1) | OSO #4 |
| E94.409(d)(2) | OSO #4, OSO #5 |
| E94.409(e) | OSO #4, OSO #5 |
| E94.409(f) | OSO #4 |
| E94.409(g) | OSO #2, OSO #4 |
| E94.409(h) | OSO #5 |
| E94.409(i) | OSO #20 |
| E94.409(j) | OSO #6, IS 5.4.6 |
| E94.409(k) | IS 5.4.6 |
| E94.409(l) | OSO #5, OSO #9, OSO #19 |
| E94.409(m)(1) e (2) | OSO#4 |
| E94.409(n) | OSO #5, OSO #6, OSO #13 |
| E94.409(o) | OSO #23, OSO #24 |
| E94.409(p) | OSO #5, OSO #6 |

Fonte: Autor (2024)

É interessante notar que foi encontrada uma boa correlação entre os OSO e os requisitos do RBAC, de forma que 11 dos 17 OSOs foram utilizados (64,7% de aproveitamento). Em especial no caso dos OSO #4 e OSO#5, por se tratar de objetivos relacionados ao projeto dos componentes e a análise de falhas, são os que mais puderam ser relacionados aos requisitos de

Classe 2. Isso confirma o viés de projeto relacionado ao processo de Autorização de Projeto da ANAC, que foi descrito anteriormente.

Vale ressaltar também que nem todo OSO apresenta requisitos diretos para atingir os níveis de integridade. Conforme abordado na Seção 4.2, referente ao OSO #4, muitos deles exigem a adesão a algum ADS (como normas ASTM, por exemplo), sendo que nem sempre o SORA sugere um ADS, dizendo apenas para utilizar normas aceitas pela autoridade certificadora local. Como a ANAC não possui uma IS que estabeleça os meios de cumprimento com requisitos aceitáveis por ela, não há uma declaração oficial da autoridade brasileira quanto a padrões aceitos. Isso significa que ao selecionar as normas para cumprir com os OSOs e, consequentemente, com os requisitos do RBAC, eles seriam considerados pela ANAC como meios alternativos de cumprimento com requisitos. Dessa forma, só seria possível validar a utilização desses OSOs (e das normas sugeridas) conduzindo de fato um processo de Autorização de Projeto para um RPAS de Classe 2 e, assim, submetendo essa proposta à avaliação da ANAC.

É interessante notar também que os requisitos E94.409(j) e E94.409(k) podem ser associados ao parágrafo 5.4.6 da IS N° E94-002. Esse parágrafo apresenta um meio de cumprimento aceitável com o requisito E94.407(a) do RBAC sobre a apresentação de informações e alertas relevantes para a consciência situacional do piloto remoto em operações BVLOS. Porém, como nem toda operação com RPAS Classe 2 é BVLOS, os requisitos (j) e (k) do parágrafo E94.409 refletem as mesmas necessidades, de forma que o parágrafo 5.4.6 da IS é aqui sugerido como possível meio de cumprimento.

Por fim, os requisitos E94.9(b) e E94.9(c) não são parte da Autorização de Projeto para RPAS de Classe 2, mas são requisitos que o piloto remoto deve cumprir para operar um RPAS dessa classe. Assim, os OSOs relacionados a eles foram inseridos no Apêndice, de forma a complementar esse estudo e fomentar a discussão sobre as recomendações para trabalhos futuros, presente na próxima seção dessa monografia.

5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo investigar a possibilidade de integração do SORA ao processo de Autorização de Projeto da ANAC por meio da utilização dos OSO como meio de cumprimento com requisitos do RBAC para RPAS de Classe 2. Para isso, uma análise documental foi conduzida para estabelecer a correlação entre esses dois processos.

Com isso, foi possível perceber que o SORA, por ser uma metodologia de análise de risco específica para a operação de RPAS, configura uma ferramenta bastante interessante e versátil, podendo ser sim incorporada aos processos da autoridade aeronáutica brasileira. Assim, o principal objetivo de verificar o uso dos OSOs como meio de cumprimento com os requisitos de RPAS Classe 2 foi atingido com sucesso, mesmo que alguns dos OSOs não permitam um cumprimento direto, como discutido na seção anterior. Porém, o uso do SORA nos procedimentos da ANAC ainda pode ser muito mais explorado.

Uma primeira sugestão para trabalhos futuros seria um complemento direto desse, procurando em normas (como a ASTM) requisitos mais específicos para cumprir com os OSOs que solicitam isso (em especial, o OSO #4). Além disso, como visto na seção anterior, há requisitos do RBAC que vão além do processo de Autorização de Projeto, abordando questões operacionais ou até mesmo indo além, visando a emissão de um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) prevista na Subparte F do RBAC que poderiam tirar proveito da metodologia SORA.

Sendo o SORA uma metodologia para análise de risco, ela pode até mesmo ser utilizada como uma ferramenta de uso mais corriqueiro pelo operador, servindo de base para cumprir com os requisitos E94.103(f)(2), que exige uma avaliação de risco para permitir a operação de uma RPA qualquer, que pese mais do que 250g.

Assim, há ainda ampla possibilidade de pesquisa nessa área, que permitirá cada vez mais analisar as características positivas e negativas das regulamentações vigentes e, com isso, contribuir para o desenvolvimento de regulamentações ao mesmo tempo mais robustas e flexíveis, que são necessárias para a evolução segura dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

EUA. Federal Aviation Administration (FAA). **Timeline of Drone Integration**. EUA: FAA, 2022. Disponível em: <https://www.faa.gov/uas/resources/timeline>. Acesso em: 17 nov. 2024.

ICAO. International Civil Aviation Organization. **Circular 328: Unmanned Aircraft Systems (UAS)**. Montreal: ICAO, 2011. Disponível em: https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_en.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Novo SISANT**. Brasil: ANAC, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/novo-sisant>. Acesso em: 17 nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Aeronaves – Drones cadastrados**. Brasil: ANAC, 2021a. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/aeronaves-drones-cadastrados>. Acesso em: 02 nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **ANAC divulga relatório interativo da frota de aeronaves civis**. Brasil: ANAC, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2023/anac-divulga-relatorio-interativo-da-frota-de-aeronaves-civis>. Acesso em: 02 nov. 2024.

JARUS. Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems. **Specific Operations Risk Assessment (SORA)**: guidelines for the operation of unmanned aircraft systems. Version 2.5. Brussels: JARUS, 2024. Disponível em: <http://jarus-rpas.org/publications/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94**: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas. Resolução nº 710, de 31 de março de 2023. Brasília: ANAC, 2023b. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Institucional**. Brasil: ANAC, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/aceso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 02 nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Instrução Suplementar IS E94-002A**: requisitos operacionais para a operação de aeronaves não tripuladas. Brasília: ANAC, 2021b. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-94-002>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Instrução Suplementar IS E94-001B**: requisitos para a operação de aeronaves não tripuladas. Brasília: ANAC, 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-5-001>. Acesso em: 10 ago. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento de Execução (EU) 2019/947** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de maio de 2019, relativo à operação de aeronaves não tripuladas. Bruxelas: União Europeia, 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947>. Acesso em: 02 nov. 2024

ASTM. **ASTM F2908-14**: Specification for Unmanned Aircraft Flight Manual (UFM) for an Unmanned Aircraft System (UAS). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2014a. Disponível em: <https://www.astm.org>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ASTM. **ASTM F2909-14**: Standard Practice for Maintenance and Continued Airworthiness of Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2014b. Disponível em: <https://www.astm.org>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ASTM. **ASTM F2910-19**: Specification for Design and Construction of a Small Unmanned Aircraft System (sUAS). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2019. Disponível em: <https://www.astm.org>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ASTM. **ASTM F3298-20**: Specification for Design, Construction, and Verification of Lightweight Unmanned Aircraft Systems (UAS). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2020. Disponível em: <https://www.astm.org>. Acesso em: 02 nov. 2024.

APÊNDICE

1 Aplicação do OSO #05

Figura 5 - OSO #5

| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|-----------|---|---|--|
| | | Low (SAIL III) | Medium (SAIL IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #05 UAS is designed considering system safety and reliability | Criterion | The equipment, systems, and installations are designed to minimize ¹ hazards ² in the event of a probable ³ failure of the UAS or of any external system supporting the operation. | Same as Low. In addition, the strategy for detection, alerting and management of any failure or combination thereof, which would lead to a hazard is available. | <ul style="list-style-type: none"> Major Failure Conditions are not more frequent than Remote⁴; Hazardous Failure Conditions are not more frequent than Extremely Remote⁴; Catastrophic Failure Conditions are not more frequent than Extremely Improbable⁴; No single failure can lead to a Catastrophic Failure Condition; Software (SW) and Airborne Electronic Hardware (AEH) whose development error(s) may cause or contribute to hazardous or catastrophic failure conditions are developed to an industry-standard or a methodology considered adequate by the competent authority and/or in accordance with means of compliance acceptable to that authority⁵. |
| | Comments | ¹ Severity of failure conditions (No Safety Effect, Minor, Major, Hazardous and Catastrophic) should be determined according to the definitions provided in JARUS AMC RPAS.1309 Issue 2. ² UK CAA CAP 722A Volume 2 section 2.4 named "Section 3 – Safety features of the UAS" or Eurocae ED-280 "Guidelines for UAS safety analysis for the specific category (low and medium levels of robustness)" may be considered by the applicant to support compliance with this criterion (FHA). ³ A simple written justification from the operator including functional diagrams and a description of how the system works explaining why the integrity claim is met is an acceptable means of compliance. | Same as Low. In addition: <ul style="list-style-type: none"> Safety assessment are conducted in line with standards considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority. A strategy for the detection of single failures of concern includes pre-flight checks. For SAIL IV, Eurocae ED-280 "Guidelines for UAS safety analysis for the specific category (low and medium levels of robustness)" may be considered acceptable by the competent authority to support compliance with this criterion. | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

Esse OSO visa garantir que o RPAS é projetado considerando a segurança e a confiabilidade dos sistemas. Assim, o OSO #5 é bastante representativo para o processo de Autorização de Projeto da ANAC. Isso é nítido ao se observar o requisito E94.405(a)(3) sobre

o relatório de análise de segurança. A IS N° E94-002 (BRASIL, 2021b) estabelece nesse parágrafo os principais requisitos a serem atendidos, entre eles uma análise abrangente de eventos potencialmente perigosos e seus efeitos, que podem ser muito bem analisados por meio de um *Functional Hazard Assessment* (FHA), conforme sugerido pelo nível de garantia baixo desse OSO. Além disso, há também nesse parágrafo da IS a exigência de análise de uma série de falhas nos principais sistemas da RPA, visando garantir que essas falhas sejam detectadas pelo piloto remoto e possuam mitigações claras para elas (conforme o nível médio de integridade) e que não levem a riscos não aceitáveis para a operação (conforme descrito pelo nível de integridade alto desse OSO, que relaciona o grau de risco do evento com sua probabilidade).

Dessa forma, como explicitado pelo nível de integridade baixo desse OSO, o objetivo é garantir que o projeto dos equipamentos, sistemas e sua instalação sejam conduzidos de forma a minimizar os riscos de falhas ou condições perigosas, assim, é possível associá-los a diversos requisitos para Classe 2 relacionados a projeto e instalação:

- (b) os sistemas de geração, armazenamento e distribuição de energia para qualquer sistema do RPAS devem ser capazes de:
 - (2) alimentar as cargas essenciais requeridas para o voo e pouso seguros mesmo na ocorrência de qualquer falha simples ou mau funcionamento;
- (d) O sistema de armazenamento de combustível/energia para alimentação do sistema de propulsão da RPA deve:
 - (2) ser construído, arranjado e instalado de forma a minimizar condições perigosas à aeronave;
- (e) o sistema de propulsão da RPA deve ser construído, arranjado e instalado de forma a garantir um pouso seguro. A operação adequada do sistema de propulsão deve ser garantida quando for necessária ao funcionamento adequado do sistema de recuperação de emergência;
- (h) o projeto dos comandos e sistemas de comando deve minimizar a possibilidade de travamento e operação inadvertida, incluindo prevenção à montagem incorreta e engajamento não intencional de dispositivos de travamento de superfícies de controle;
- (l) todos os sistemas devem ser projetados para minimizar erros de operação que possam contribuir para a geração de perigos;
- (n) os sistemas necessários para a operação segura de um RPAS devem funcionar apropriadamente;

(p) cada sistema do RPAS, considerado separadamente, ou em relação a outros sistemas, deve ser projetado e instalado de modo que a operação ou falha deste não resulte em riscos inaceitáveis à segurança operacional. (BRASIL, 2023b)

2 Aplicação do OSO #06

Figura 6 - OSO #6

| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|-----------|---|---|---|
| | | Low (SAIL II & III) | Medium (SAIL IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #06 C3 link characteristics (e.g., performance, spectrum use) are appropriate for the operation | Criterion | <ul style="list-style-type: none"> The applicant determines that performance, RF spectrum usage¹ and environmental conditions for C3 links are adequate to safely conduct the intended operation. The UAS remote pilot has the means to continuously monitor the C3 performance and ensures the performance continues to meet the operational requirements². | Same as Low ³ . | Same as Low. In addition, the use of licensed ⁴ frequency bands for C2 Link is required. |
| | Comments | <p>¹ For a low level of integrity, unlicensed frequency bands might be acceptable under certain conditions, e.g.:</p> <ul style="list-style-type: none"> the applicant demonstrates compliance with other RF spectrum usage requirements (e.g., for EU: Directive 2014/53/EU, for the US: CFR Title 47 Part 15 Federal Communication Commission (FCC) rules), by showing the UAS equipment is compliant with these requirements (e.g., FCC marking), and the use of mechanisms to protect against interference (e.g., FHSS, frequency deconfliction by procedure). <p>² The remote pilot has continual and timely access to the relevant C3 information that could affect the safety of flight. For operations requesting only a low level of integrity for this OSO, this could be achieved by monitoring the C2 link signal strength and receiving an alert from the UAS HMI if the signal becomes too low.</p> | <p>³ Depending on the operation, the use of licensed frequency bands might be necessary. In some cases, the use of non-aeronautical bands (e.g., licensed bands for cellular network) may be acceptable.</p> | <p>⁴ This ensures a minimum level of performance and is not limited to aeronautical licensed frequency bands (e.g., licensed bands for cellular network). Nevertheless, some operations may require the use of bands allocated to the aeronautical mobile service for the use of C2 Link (e.g., 5030 – 5091 MHz).</p> <p>In any case, the use of licensed frequency bands needs authorization.</p> |
| TECHNICAL ISSUE WITH THE UAS | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | Low (SAIL II & III) | Medium (SAIL IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #06 C3 link characteristics (e.g., performance, spectrum use) are appropriate for the operation | Criterion | The applicant declares ¹ that the required level of integrity has been achieved. | Demonstration of the C3 link performance is in accordance with standards considered adequate by the competent authority and/or in accordance with means of compliance acceptable to that authority ² . | Same as Medium. In addition, evidence is validated by a competent third party. |
| | Comments | ¹ Supporting evidence for this declaration may still be requested by the competent authority | ² National Aviation Authorities (NAAs) may define the standards and/or the means of compliance they consider adequate. The SORA Annex E will be updated at a later point in time with a list of adequate standards based on the feedback provided by the NAAs. | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O enlace de comando e controle (link C2) já é abordado pelo requisito E94.405(b) do RBAC “O requerente deve demonstrar que a operação do enlace de comando e controle é

adequada à distância pretendida para a operação da RPA.” (BRASIL, 2023b) e, portanto, possui um meio de cumprimento aceitável pela ANAC apresentado no parágrafo 5.4.4 da IS N° E94-002 (BRASIL, 2021b). É interessante notar que o item 5.4.4.5(c) desse mesmo parágrafo da IS recomenda também o uso de radiofrequências destinadas preferencialmente para o setor aeronáutico, conforme o nível de integridade alto do OSO #6.

É interessante notar que o SORA utiliza a nomenclatura link C3 por esse também englobar a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação, fator que também é abordado no parágrafo 5.4.3(e)(XIII) da IS (BRASIL, 2021b), que versa sobre os procedimentos padrão em caso perda de comunicação entre o piloto remoto e as pessoas envolvidas na operação. Esse parágrafo apresenta um meio de cumprimento aceitável para o requisito geral E94.405(a)(3) RBAC (BRASIL, 2023b), sobre o conteúdo do relatório de análise de segurança.

É possível notar, porém, que há dentre os requisitos de Classe 2 alguns que estão relacionados indiretamente ao link C2 também, mais especificamente os parágrafos (n) e (p), que visam garantir o funcionamento dos principais sistemas da RPA e a segurança da operação em caso de falha deles:

- (n) os sistemas necessários para a operação segura de um RPAS devem funcionar apropriadamente;
- (p) cada sistema do RPAS, considerado separadamente, ou em relação a outros sistemas, deve ser projetado e instalado de modo que a operação ou falha deste não resulte em riscos inaceitáveis à segurança operacional. (BRASIL, 2023b)

Além disso, o parágrafo E94.409(j) “deve haver meios para fornecer, ao piloto remoto, os parâmetros requeridos de voo e de operação dos sistemas para operar a RPA de forma segura” (BRASIL, 2023b) indica a necessidade da apresentação dos parâmetros relevantes de voo para o piloto remoto, que só são fornecidos em caso de correto funcionamento do enlace. Com isso, o uso de um espectro de frequências adequado e testado, com alertas disponíveis sobre a qualidade de comunicação entre RPA e RPS (conforme sugere o OSO) podem ser utilizados como meio de cumprimento com esse requisito (associado à apresentação de parâmetros suficientes para a consciência situacional do piloto, conforme o requisito exige). Apesar disso, o requisito E94.407(a) do RBAC, aplicável para operações BVLOS, afirma que a RPA deve “apresentar informações e alertas relevantes sobre a condição da aeronave para o piloto remoto” (BRASIL, 2023b). Assim, há um meio de cumprimento aceitável descrito no parágrafo 5.4.6 da IS (BRASIL, 2021b) que pode também ser utilizado para melhor atender ao requisito de Classe 2 E94.409(j).

3 Aplicação do OSO #09

Figura 7 - OSO #9

| REMOTE CREW COMPETENCIES | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|-----------|---|---|---|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| | | or Service Level 1 as described in Annex H | or Service Level 2 as described in Annex H | or Service Level 3 as described in Annex H |
| OSO #09 Remote crew trained and current | Criterion | The theoretical and practical training: 1) ensures knowledge of: <ul style="list-style-type: none"> a) UAS regulation b) UAS airspace operating principles c) Airmanship and aviation safety d) Human performance limitations e) Meteorology and assessment of meteorological conditions f) Navigation/Charts g) UA knowledge h) Operational procedures and ERP i) Use of external services, including service limitations and system recovery if any¹ 2) is adequate for the operation, i.e., allows the remote crew to control the normal, abnormal and emergency situations potentially resulting from technical issues with the UAS or external systems supporting UAS operation, human errors or critical environmental conditions. ^{2/3} 3) specifies or proficiency requirements and training recurrence ¹ . | | |
| | Comments | ¹ If external services are used, the Operator is responsible for using the services in the intended manner (e.g., as defined in a Service Level Agreement) and ensuring that the remote crew is trained to use the service as intended. ² The details of the areas to be covered for the different subjects listed above is provided by JARUS WG1 in "JARUS RECOMMENDATION FOR REMOTE PILOT COMPETENCY (RPC) FOR UAS OPERATIONS IN CATEGORY A (OPEN) AND CATEGORY B (SPECIFIC)" (the aim of this document is to provide recommendations to competent authorities (national authorities or Regional Safety Oversight Organizations) to use their own national legislation, concerning uniform remote pilot competency for operations in Category A (Open) and Category B (Specific)). ³ The distinction between a Low, a Medium and a High level of robustness for this criterion is achieved through the level of assurance (see table below). | | |
| REMOTE CREW COMPETENCIES | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| | | or Service Level 1 as described in Annex H | or Service Level 2 as described in Annex H | or Service Level 3 as described in Annex H |
| OSO #09 Remote crew trained and current | Criterion | Training is self-declared (with evidence available). | <ul style="list-style-type: none"> • Training syllabus is available. • Evidence of theoretical and practical training is available. | A competent third party: <ul style="list-style-type: none"> • Validates the training syllabus. • Verifies the remote crew competencies. |
| | Comments | N/A | N/A | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

Apesar do processo de Autorização de Projeto da ANAC não possuir requisitos específicos direcionados a treinamento, na Subparte A (Geral) do RBAC-E 94 há o requisito E94.9 que deixa claro a necessidade de uma licença e habilitação para operar RPAS de Classe 2 (BRASIL, 2023b). Para isso, a questão de treinamento de piloto remoto e outras pessoas envolvidas na operação se torna necessário, de forma que o OSO #9 pode servir de guia para a definição do conteúdo do treinamento e qualquer procedimento organizacional relacionado a isso.

Já que o treinamento é necessário para o piloto remoto, esse OSO pode ser associado também ao requisito E94.409(l) “todos os sistemas devem ser projetados para minimizar erros de operação que possam contribuir para a geração de perigos” (BRASIL, 2023b), uma vez que

seria possível utilizar a questão do treinamento como uma garantia adicional de que os erros de operação serão minimizados.

4 Aplicação do OSO #13

Figura 8 - OSO #13

| DETERIORATION OF EXTERNAL SERVICES SUPPORTING UAS OPERATION | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|---|-----------|--|---|--|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III) | High (SAIL IV to VI) |
| OSO #13 External services supporting UAS operations are adequate to the operation | Criterion | The applicant ensures that the level of performance for any externally provided <u>service critical for the safety of the flight</u> ¹ is adequate for the intended operation. If the externally provided service requires communication between the Operator and the Service Provider, the applicant ensures there is effective communication to support the service provisions. Roles and responsibilities between the applicant and the external Service Provider are defined. | | |
| | Comments | ¹ A service whose loss would directly lead to a loss of control of the operation as identified per OSO#05. | | |
| | Comments | N/A | N/A | Requirements for contracting services with Service Provider may be derived from ICAO Standards and Recommended Practices - SARPS (currently under development). |
| DETERIORATION OF EXTERNAL SERVICES SUPPORTING UAS OPERATION | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III) | High (SAIL IV to VI) |
| OSO #13 External services supporting UAS operations are adequate to the operation | Criterion | The applicant declares ² that the requested level of performance for any externally provided service necessary for the safety of the flight is achieved. | The applicant has supporting evidence that the required level of performance for any externally provided service required for the safety of the flight can be achieved for the full duration of the mission. This may take the form of an SLA or any official commitment that prevails between a Service Provider and the applicant on relevant aspects of the service (including quality, availability, responsibilities). The applicant has means to monitor externally provided services that affect flight-critical systems and take appropriate actions if real-time performance could lead to the loss of control of the operation. | Same as Medium. In addition: <ul style="list-style-type: none">• The evidence of the externally provided service performance is achieved through demonstrations.• A competent third party validates the claimed level of integrity. |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O OSO #13 está relacionado aos serviços externos necessários para a operação do RPAS. De forma que ele pode ser associado ao requisito E94.409(n) “os sistemas necessários para a operação segura de um RPAS devem funcionar apropriadamente” (BRASIL, 2023b), uma vez que é bastante comum o uso de serviços externos na operação de drones. Esses serviços podem ser de comunicação (LTE ou satélite), navegação (GNSS) e até mesmo energia elétrica para RPS. Assim, como esses sistemas são críticos para a operação segura, é importante determinar se eles também fornecem um desempenho e disponibilidade adequados para a operação. Em todo caso, a análise de falha desses componentes já é exigida pelo relatório de análise de segurança do requisito E94.405(a)(3) e também são enquadrados no FHA exigido pelo OSO #5.

5 Aplicação do OSO #17

Figura 9 - OSO #17

| HUMAN ERROR | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|-----------|--|---|---|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #17 Remote crew is fit to operate | Criterion | The applicant has a policy defining the criteria ¹ and the means for the remote crew to declare themselves fit before starting their duty and report themselves unfit, if required, during their shift. | Same as Low. In addition: <ul style="list-style-type: none"> Duty, flight duty and resting times for the remote crew are defined by the applicant and adequate for the operation. The Operator defines requirements appropriate for the remote crew to operate the UAS. | Same as Medium. In addition: <ul style="list-style-type: none"> The remote crew is medically fit, A Fatigue Risk Management System (FRMS) is in place to manage any escalation in duty/flight duty times. |
| | Comments | ¹ Criteria should take into account local legislation and may cover drugs (including prescriptions) and alcohol consumption. | N/A | N/A |

| HUMAN ERROR | | LEVEL of ASSURANCE | | |
|--|-----------|--|--|---|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #17 Remote crew is fit to operate | Criterion | The policy defining the criteria and the means for the remote crew to declare themselves fit before starting their duty and report themselves unfit, if required during their shift is documented. | Same as Low. In addition: <ul style="list-style-type: none"> Remote crew duty, flight duty and the resting times policy is documented. Remote crew duty cycles are logged and cover at a minimum: <ul style="list-style-type: none"> when the remote crew member's duty day commences, when the remote crew members are free from duties, resting times within the duty cycle. | Same as Medium. In addition: <ul style="list-style-type: none"> Medical standards considered adequate by the competent authority and/or means of compliance acceptable to that authority¹ are established and a competent third party verifies the remote crew is medically fit. A competent third party validates the duty/flight duty times. The FRMS is validated by a competent third party and internally monitored by the Operator. |
| | Comments | N/A | N/A | ¹ National Aviation Authorities (NAAs) may define the standards and/or the means of compliance they consider adequate. The SORA Annex E will be updated at a later point in time with a list of adequate standards based on the feedback provided by the NAAs. |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

Assim como o OSO #9, este OSO não atende a um requisito da Autorização de Projeto para Classe 2, mas sim a outro requisito geral para pessoas envolvidas na operação, o requisito E94.9(b):

Todos os pilotos remotos de RPA Classe 1 ou 2 devem possuir um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 1º, 2º ou 5º Classe válidos, conforme parágrafo 67.13(g) do RBAC nº 67, ou um CMA de 3º Classe válido emitido pelo Comando da Aeronáutica segundo a ICA 63-15. (BRASIL, 2023b)

Assim, a exigência de um CMA válido para operar RPAS de Classe 2 se alinha parcialmente com o nível alto de integridade desse OSO. Os outros requisitos propostos pelo OSO não são exigidos pela ANAC. Porém, esse OSO foi aqui apresentado por dois motivos: mostrar que a relação entre o SORA e o RBAC pode ser estendida muito além dos objetivos propostos desse relatório, assim como trazer a discussão de que há pontos de melhorias na regulamentação da ANAC também, uma vez que uma atenção maior às condições do piloto remoto no momento da operação (além de CMA válido) pode aumentar a segurança da operação.

6 Aplicação do OSO #19

Figura 10 - OSO #19

| HUMAN ERROR | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|-----------|---|---|-------------------|
| | | Low (SAIL III) | Medium (SAIL IV & V) | High (SAIL VI) |
| OSO #19 Safe recovery from Human Error | Criterion | Systems detecting and/or recovering from human errors are developed to industry best practices. | Systems detecting and/or recovering from human errors are developed to standards considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority ¹ . | Same as Medium. |
| | Comments | N/A | ¹ National Aviation Authorities (NAAs) may define the standards and/or the means of compliance they consider adequate. The SORA Annex E will be updated at a later point in time with a list of adequate standards based on the feedback provided by the NAAs. | N/A |

| HUMAN ERROR | | LEVEL of ASSURANCE | | |
|--|-----------|--|---|---|
| | | Low (SAIL III) | Medium (SAIL IV & V) | High (SAIL VI) |
| OSO #19 Safe recovery from Human Error | Criterion | The applicant declares ¹ that the required level of integrity has been achieved. | The applicant has supporting evidence that the required level of integrity is achieved. This is typically done by testing, analysis, simulation ² , inspection, design review or through operational experience. | A competent third party validates the claimed level of integrity. |
| | Comments | ¹ Supporting evidence for this declaration may still be requested by the competent authority. | ² When simulation is used, the validity of the targeted environment used in the simulation needs to be justified. | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O OSO #19 trata sobre questões do projeto da RPAS desenvolvidas especialmente para evitar e se recuperar de erros humanos, como pinos de segurança, funções de monitoramento de parâmetros essenciais (como consumo de energia/combustível). Assim, ele incorpora o requisito E94.409(1) “todos os sistemas devem ser projetados para minimizar erros de operação que possam contribuir para a geração de perigos” (BRASIL, 2023b), que exige que os sistemas devem ser projetados para minimizar erros de operação (erros humanos). Nesse caso, o OSO #19 sugere o desenvolvimento de sistemas adicionais que permitam a detecção e a recuperação de erros humanos, o que poderia auxiliar no cumprimento do requisito E94.409(1).

Vale ressaltar que, diferentemente de outros OSOs, esse não fornece critérios específicos, como detalhamento desses sistemas ou como incorporá-los. Dessa forma, cabe ao requerente avaliar o SAIL da operação e verificar qual nível de robustez deve ser seguido e, com isso, se é recomendado utilizar como base algum ADS.

7 Aplicação do OSO #20

Figura 11 - OSO #20

| HUMAN ERROR | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|---|---|--|--|
| | | Low (SAIL II & III) | Medium (SAIL IV & V) | High (SAIL VI) |
| OSO #20 A Human Factors evaluation has been performed and the HMI found appropriate for the mission | Criterion | <p>The UAS information and control interfaces are clearly and succinctly presented and do not confuse, cause unreasonable fatigue, or contribute to remote crew error that could adversely affect the safety of the operation.</p> | | |
| | Comments | <p><i>If an electronic means is used to support the remote crew members in their role to maintain awareness of the position of the unmanned aircraft, its HMI:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> is sufficient to allow the remote crew members to determine the position of the UA during operation; does not degrade the remote crew members' ability to: <ul style="list-style-type: none"> scan the airspace visually where the unmanned aircraft is operating for any potential collision hazard; and maintain effective communication with the remote pilot at all times. | | |
| HUMAN ERROR | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | Low (SAIL II & III) | Medium (SAIL IV & V) | High (SAIL VI) |
| OSO #20 A Human Factors evaluation has been performed and the HMI found appropriate for the mission | Criterion | The applicant conducts a human factors evaluation of the UAS to determine if the HMI is appropriate for the mission. The HMI evaluation is based on inspection or analyses. The adequacy of the result of the HMI evaluation is declared. | Same as Low but the HMI evaluation is based on demonstrations or simulations. ² | Same as Medium. In addition, a competent third party witnesses the HMI evaluation. |
| | Comments | N/A | ¹ When simulation is used, the validity of the targeted environment used in the simulation needs to be justified. | N/A |
| | Alternative Criterion taking credit for functional test-based methods | <p>If the applicant has evidence of FTB flight hours proportionate to the risk/SAIL of the operation meeting one of the set of conditions described either in section E.3(c) or section E.3(d) and executed:</p> <ul style="list-style-type: none"> within the full operational scope/envelope intended by the UAS Operator, and following the operational procedures and the remote crew training referred to in the operational authorization, <p>then the assurance that the operational procedures are adequate is met at the level corresponding to the SAIL being demonstrated by the functional test-based approach².</p> | | |
| | Comments | <p>² As an example, if the number of test cycles supporting the FTB flying hours is proportionate to the risk of a SAIL III operation (i.e., 3,000FH), the assurance level for OSO#20 is fulfilled at Low Level.</p> | | |
| | | <p>³ Functional test-based method are not considered feasible for operations with a SAIL VI</p> | | |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O OSO #20 apresenta como a interface homem-máquina (RPS), deve ser avaliada para ser considerada apropriada. Isso está de acordo com o requisito E94.409(i) “o projeto de cada comando e sistema de comando deve permitir sua operação com facilidade e precisão apropriada para suas funções” (BRASIL, 2023b), uma vez que só será possível operar com facilidade e precisão os sistemas de comando se a RPS permitir isso. Com isso, o OSO #20 fornece um guia para cumprir com esse requisito baseado no SAIL da operação.

8 Aplicação do OSO #23

Figura 12 - OSO #23

| ADVERSE OPERATING CONDITIONS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|---|-----------|--|---------------------------|-----------------------|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #23 Environmental conditions for safe operations defined, measurable and adhered to | Criterion | Environmental conditions for safe operations are defined and reflected in the flight manual or equivalent document. ¹ | | |
| | Comments | ¹ The distinction between a Low, a Medium and a High level of robustness for this criterion is achieved through the level of assurance (see table below). | | |

| ADVERSE OPERATING CONDITIONS | | LEVEL of ASSURANCE | | |
|---|-----------|--|---|---|
| | | Low (SAIL I & II) | Medium (SAIL III & IV) | High (SAIL V & VI) |
| OSO #23 Environmental conditions for safe operations defined, measurable and adhered to | Criterion | The applicant declares ¹ that the required level of integrity has been achieved. | The applicant has supporting evidence that the required level of integrity is achieved. | A competent third party validates the claimed level of integrity. |
| | Comments | ¹ Supporting evidence for this declaration may still be requested by the competent authority. | N/A | N/A |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

É de suma importância a delimitação clara do envelope de voo, definindo os limites operacionais e ambientais para uma operação segura, sendo parte do requisito E94.409(o) “o RPAS deve ser capaz de operar com segurança em todas as condições operacionais e ambientais possíveis e previstas em seu perfil de operação” (BRASIL, 2023b). Assim, o OSO #23 oferece uma forma de cumprir com isso para todo SAIL ao incorporar essa informação no manual de voo, variando-se apenas a garantia desses limites. Vale ressaltar também que, para operações de maior complexidade que exijam o voo em condições ambientais adversas, há também, de acordo com o SORA, a necessidade de se cumprir com o OSO #24, abordado a seguir.

9 Aplicação do OSO #24

Figura 13 - OSO #24

| ADVERSE OPERATING CONDITIONS | | LEVEL of INTEGRITY | | |
|--|---|--------------------|---|---|
| | | N/A | Medium (SAIL III) | High (SAIL IV to VI) |
| OSO #24 UAS designed and qualified for adverse environmental conditions | Criterion | N/A | The UAS is designed to perform as intended in the environmental conditions defined and reflected in the flight manual or equivalent document. | The UAS is designed using environmental standards considered adequate by the competent authority and/or in accordance with a means of compliance acceptable to that authority ¹ . |
| | Comments | N/A | As an example, if a UAS is proposed to be operated in raining conditions, it is not necessarily proposed to comply with DO-160G waterproof conditions; rain conditions can be limited as long as representative of the environmental conditions. | ¹ National Aviation Authorities (NAAs) may define the standards and/or the means of compliance they consider adequate. The SORA Annex E will be updated at a later point in time with a list of adequate standards based on the feedback provided by the NAAs. |
| ADVERSE OPERATING CONDITIONS | | LEVEL of ASSURANCE | | |
| | | N/A | Medium (SAIL III) | High (SAIL IV to VI) |
| OSO #24 UAS designed and qualified for adverse environmental conditions | Criterion | N/A | The applicant has supporting evidence that the required level of integrity is achieved. This is typically done by testing, analysis, simulation ¹ , inspection, design review or through operational experience. | A competent third party validates the claimed level of integrity. |
| | Comments | N/A | ¹ When simulation is used, the validity of the targeted environment used in the simulation needs to be justified. | N/A |
| | Alternative Criterion taking credit for functional test-based methods | N/A | FUNCTIONAL TEST-BASED METHODS (for SAILs up to SAIL IV included): If the applicant has evidence of FTB flight hours proportionate to the risk/SAIL of the operation meeting one of the set of conditions described either in section E.3(c) or section E.3(d) and executed: <ul style="list-style-type: none"> • within the full operational scope/envelope intended by the UAS Operator, and • following the maintenance, operational procedures and the remote crew training referred to in the operational authorization, then the assurance that the operational procedures are adequate is met at the level corresponding to the SAIL being demonstrated by the functional test-based approach ² . | |
| | Comments | N/A | ² As an example, if the number of test cycles supporting the FTB flying hours is proportionate to the risk of a SAIL III operation (i.e. 3,000FH), the assurance level for OSO#24 is fulfilled at Medium Level. | |

Fonte: JARUS SORA v2.5 (2024)

O OSO #24 já envolve RPAS que foram projetadas para operar em condições adversas e, que para isso, possuem os equipamentos e qualificações necessárias. O SORA identifica a norma RTCA DO-160 como um meio de cumprimento para atender ao nível de integridade alto, de forma que poderia ser utilizado também para atender o parágrafo E94.409(o) “o RPAS deve ser capaz de operar com segurança em todas as condições operacionais e ambientais possíveis e previstas em seu perfil de operação” (BRASIL, 2023b) caso seja previsto a operação em condições adversas (ventos ou chuvas fortes, entre outros).