

DETECÇÃO E CONTENÇÃO: MEDIDAS PARA A SALVAGUARDA DAS ÁREAS SENSÍVEIS E DE SEGURANÇA CONTRA DRONES IRREGULARES, DESCONHECIDOS E MALICIOSOS

DOI: <https://doi.org/10.58960/rbi.2023.18.229>

Eduardo Araújo da Silva *
Carlos Eduardo Valle Rosa **
Rodrigo Sande Souza ***

Resumo

O presente artigo tem por objetivo analisar as possibilidades de emprego dos meios de defesa contra drones irregulares, desconhecidos e maliciosos que, sobrevoando instalações patrimoniais consideradas sensíveis e de segurança, possam colocar em risco a segurança orgânica e a incolumidade dessas áreas; avultando-se princípios do Poder Aeroespacial e considerando disposições jurídico-normativas latentes. Como pressuposto metodológico norteador, recorreu-se a uma pesquisa de natureza exploratória, com fulcro na abordagem qualitativa, buscando-se a compreensão das informações coletadas não somente pela observação empírica sobre o assunto, mas, sobretudo, por fundamentações técnicas, normativas e doutrinárias sobre o tema. Não obstante seja uma solução tecnológica viável para o combate a drones indesejados, há que se observar fatores significativos como o custo operacional e os métodos de utilização dos equipamentos. Apontam-se a necessidade de se detectar e conter ameaças aéreas não tripuladas, bem como as possibilidades de implementação dessas medidas mitigadoras e, do mesmo modo, a indispensabilidade de discussões acerca das avaliações, por parte dos órgãos reguladores, dos possíveis impactos à aviação tripulada devido ao uso inadequado ou à revelia dessas ferramentas.

Palavras-chave: antidrone; contenção; detecção; drones; segurança.

DETECTION AND CONTAINMENT: MEASURES TO PROTECT RESERVED AND SECURITY AREAS AGAINST IRREGULAR, UNKNOWN AND MALICIOUS DRONES

Abstract

This article aims to analyze the possibilities of using means of defense against irregular, unknown and malicious drones that, flying over heritage installations considered reserved and security areas, could put the organic security and safety of these areas at risk; looming large over the principles of Aerospace Power and considering latent legal-normative provisions. As a guiding methodological

* Mestre em Educação pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Doutorando em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Capitão Especialista em Controle de Tráfego Aéreo da Força Aérea Brasileira (FAB).

** Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Coronel Aviador da reserva da Força Aérea Brasileira (FAB) e professor da UNIFA.

*** Especialista em Autodefesa de Superfície de Aeródromos e em Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (AVSEC). Primeiro-Tenente de Infantaria da Força Aérea Brasileira (FAB).

assumption, research of an exploratory nature was used, with a focus on the qualitative approach, seeking to understand the information collected not only through empirical observation on the subject, but, above all, through technical, normative and doctrinal foundations on the theme. Although it is a viable technological solution for combating unwanted drones, significant factors such as operational cost and methods of using the equipment must be taken into account. The need to detect and contain unmanned aerial threats is highlighted, as well as the possibilities of implementing these mitigating measures and, likewise, the indispensability of discussions regarding assessments, by regulatory bodies, of the possible impacts on manned aviation due to inappropriate use or failure to use these tools.

Keywords: anti-drone; containment; detection; drone; security.

DETECCIÓN Y CONTENCIÓN: MEDIDAS PARA PROTEGER ZONAS SENSIBLES Y DE SEGURIDAD CONTRA DRONES IRREGULARES, DESCONOCIDOS Y MALICIOSOS

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar las posibilidades de utilizar medios de defensa contra drones irregulares, desconocidos y maliciosos que, sobrevolando instalaciones patrimoniales consideradas sensibles y de seguridad, podrían poner en riesgo la seguridad orgánica de dichas zonas; sobrevolando los principios del Poder Aeroespacial y considerando disposiciones jurídico-normativas latentes. Como presupuesto metodológico principal, se recurrió a una pesquisa de naturaleza exploratoria, con fulcro en el abordaje cualitativo, cercando la comprensión de las informaciones colectadas no solo por la observación empírica sobre el tema, pero, sobretudo, por fundamentaciones técnicas, normativas e doctrinarias sobre el tema. Aunque se trata de una solución tecnológica viable para combatir los drones no deseados, se deben tener en cuenta factores importantes como el coste operativo y los métodos de uso del equipo. Se destaca la necesidad de detectar y contener las amenazas aéreas no tripuladas, así como las posibilidades de implementar estas medidas mitigadoras y, asimismo, la indispensable discusión sobre las evaluaciones, por parte de los organismos reguladores, de los posibles impactos en la aviación tripulada por su uso inadecuado o falla. para utilizar estas herramientas.

Palabras clave: anti-drones; contención; detección; dron; seguridad.

Introdução

Como um fluxo natural da evolução dos meios tecnológicos, a aviação tem sido um dos setores que mais cresce em escala mundial. No Brasil, por exemplo, tem-se observado um crescimento contínuo das operações aéreas. Segundo o Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo (2022, p. 218), do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), foram contabilizados 1.677.760 movimentos aéreos no ano de 2022, considerando-se pousos e decolagens, o que representa um aumento de 26% no número de operações em relação ao ano anterior.

Em meio a esse desenvolvimento permanente, nota-se, da mesma forma, um acelerado progresso no tocante à utilização das Aeronaves Não Tripuladas (UA, do acrônimo *Unmanned Aircraft*), ou drones, sobretudo nas atividades em que as imagens aéreas se fazem necessárias, como na topografia, resposta a desastres, inspeção de ativos, inteligência, vigilância, segurança pública e privada, pesquisa, agricultura de precisão, publicidade, dentre outras.

De acordo com dados do Sistema para solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas (SARPAS), em 2016, ano em que essa plataforma foi criada pelo DECEA, apenas 95 solicitações de voo foram registradas. No final de dezembro de 2022, esse número alcançou aproximadamente 311 mil pedidos.

Novos resultados são inevitáveis quando da aplicação de tecnologias disruptivas, devido às possibilidades que estas trazem para um contexto em contínua evolução. Segundo Christensen (1997), a inovação é um fenômeno capaz de constituir oportunidades novas, sendo uma ferramenta implementada pelos empreendedores em prol de vantagens frente aos concorrentes. No contexto do desenvolvimento da aviação, sendo reconhecido como pioneiro do Poder Aéreo, Giulio Douhet já sinalizava que esse crescimento seria um fator resultante inevitável.

(...) as opiniões podem diferir, porém um fato certo é que o novo meio de transporte encontrou para si um lugar permanente. Em toda a história dos meios de transporte, esta máquina que o homem, após séculos de tentativas fracassadas, pôde criar com seu gênio e ousadia, fez o mais rápido e notável progresso. Não é possível predizer que estágio de desenvolvimento ela alcançará, porém tudo indica que um considerável progresso ainda lhe será reservado (DOUHET, 1978, p. 108).

Nesse mesmo sentido, o progresso da aviação promoveu o desenvolvimento de novas possibilidades operacionais, como o reconhecimento e a observação aérea, por exemplo, funções essenciais para as primeiras forças aéreas beligerantes. De acordo com Rosa (2014);

(...) desde a primeira ação de aeronaves em combate, ocorrida em 23 de outubro de 1911, na Guerra entre a Turquia e a Itália, quando o Capitão Piazza decolou para reconhecer posições turcas, o poder aéreo pode prover consciência situacional para as

forças no teatro de operações por meio da coleta, controle, difusão e processamento de informações sobre os elementos que integram o espaço de batalha (*ibidem*, p. 372).

Segundo Chernova *et al.* (2023), do canal de notícias CNN, em 3 de maio deste ano, a Rússia fez acusações à Ucrânia no sentido de responsabilizá-la pelo ataque noturno com drone ocorrido sobre a cidadela do Kremlin, que fora bloqueado devido às defesas eletrônicas já instaladas no local. O Presidente ucraniano, Volodymyr Zelensky, não confirmou tal afirmação. A CNN ratificou não existirem evidências que comprovem a origem do ataque. O fato coloca em voga novas tensões entre os Estados e exemplifica o uso malicioso do vetor não tripulado.

No Brasil, há indicadores que apontam casos de uso irregular dos drones. Embora haja um vasto arcabouço regulatório sobre o tema, e cada agência reguladora trate especificamente da sua área de atuação fiscalizando o segmento, observa-se que algumas restrições expressas não são cumpridas pelos usuários em sua totalidade.

Cabe frisar que, embora o termo drone seja mundialmente consagrado, ainda são encontradas expressões como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) e *small Unmanned Aircraft* (sUA), e seus sistemas: SisVANT, SARP, RPAS e sUAS.

Drone, para Iqbal (2021), Ahmed et al. (2022) e Stamate et al. (2023), definido como uma aeronave sem um piloto a bordo operada a partir de uma estação remota, é a abreviação do termo em inglês *Dynamic Remotely Operated Navigation Equipment*, que representa o acrônimo “Equipamento de Navegação Dinâmica Operado Remotamente”. Esses autores usam o mesmo verbete para se referirem às plataformas remotas aéreas, terrestres, aquáticas e subaquáticas. Nesta pesquisa, utilizar-se-á a sigla UA para representar o componente aéreo não tripulado e UAS para configurar o macrosistema do segmento.

Por ser um estudo de natureza exploratória, de cunho qualitativo, procurou-se coletar dados e informações não só a partir de bibliografias, mas, também, casos concretos recentes e significativos para o desenvolvimento do tema. A busca se deu junto a fundamentações técnicas, normativas e doutrinárias, publicadas por órgãos reguladores, mídias sociais e instituições públicas e privadas que operacionalizam o uso dos drones. O referencial teórico se baseia em conceitos do Poder Aeroespacial, segurança operacional, interferência ilícita, espaço aéreo, meios não tripulados, segurança e defesa. Para Triviños (1987), o estudo descritivo tem como objetivo conhecer a realidade a partir da descrição de fatos e realidades.

O tema é discutido sob a égide de três

grandes áreas que se complementam: (i) o tráfego aéreo; (ii) a aviação; e (iii) a defesa em solo contra ameaças aéreas. As considerações dos autores também levam em conta as expertises que refletem suas áreas de atuação profissional, assim como pareceres técnicos e jurídicos.

A proposta do artigo é apresentar um análise sobre as possibilidades de emprego dos meios de defesa contra drones irregulares, desconhecidos e maliciosos que possam colocar em risco a segurança orgânica e a incolumidade das instalações consideradas sensíveis e de segurança, à luz da teoria do Poder Aeroespacial e das disposições jurídico-normativas mais latentes. O compêndio reúne observações a respeito de infraestruturas críticas e conceituações quanto às extensões sensíveis e de segurança, assim como medidas de restrição e bloqueio de sobrevoos indevidos.

O texto busca conceituar espaço aéreo, ordem e segurança pública, denotando ocorrências que envolvem voos irregulares, desconhecidos e maliciosos. A necessidade e os desafios para a implementação dos sistemas de contenção também são trazidos no estudo e, por fim, o artigo exemplifica algumas possibilidades de sistemas antidrones e suas capacidades.

Breves considerações sobre áreas sensíveis e de segurança

É muito comum a utilização do termo

segurança no âmbito aeronáutico. Depara-se, a todo o tempo, com referências acerca da segurança operacional, segurança de voo, da aviação, aeroportuária, das instalações, de terceiros no solo e suas propriedades; assim como a palavra *sensível*, que traduz algo suscetível a estímulos ou vulnerável a impressões externas, aquilo que não deve ser invadido ou violado. Segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40/2023, que trata das UA e o acesso ao espaço aéreo brasileiro, são áreas de segurança:

(...) refinarias, plataformas de exploração de petróleo, depósitos de combustível, estabelecimentos penais, áreas militares, usinas hidroelétricas, usinas termoeletricas, usinas nucleares, redes de abastecimento de água ou gás, barragens ou represas, redes de comunicação (como, por exemplo, sítios de antenas) ou de vigilância da navegação aérea (como, por exemplo, radares de vigilância aérea), que se forem danificadas provocarão sério impacto social, econômico, político ou à segurança (BRASIL, 2023).

Importa dizer que esse mesmo dispositivo preconiza que áreas de segurança não devem ser sobrevoadas sem a autorização de seus responsáveis. Os Estados possuem gerência sobre seus territórios e mares territoriais, sendo o mesmo válido para as porções de espaço aéreo sob o seu domínio geográfico. De acordo com o Art. 11 da Lei 7.565/86, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), a União exerce completa e exclusiva soberania sobre o espaço aéreo acima de seu território e mar territorial. O mesmo Código expressa que cabe à Força Aérea planejar, gerenciar

e controlar as atividades relacionadas ao tráfego aéreo, a fim de manter o alto nível da segurança operacional

O Poder Aeroespacial de uma nação implica o exercício de soberania, e a soberania é a capacidade de exercê-lo. Nesse contexto, quando drones maliciosos voam sem anuência do órgão regulador, sem a possibilidade de serem controlados, ou buscando burlar esse controle, há uma clara cisão na questão do exercício da soberania, principalmente quando se fala em reflexos à segurança de áreas sensíveis ou incolumidade de pessoas.

Para Rosa (2022), a soberania possui relação direta com a capacidade de exercício de poder, assim como sua dinâmica com a habilidade de coerção por meio da força. O Poder Aeroespacial, considerado por Mesquita (2018) como uma evolução do Poder Aéreo, se configura como uma parcela do Poder Nacional. De acordo com a Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1/20), o Poder Aeroespacial é:

(...) a projeção do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando conquistar e manter os objetivos nacionais (BRASIL, 2020).

Para Ribeiro (2018), uma ameaça aérea pode ser representada de formas distintas, como, por exemplo, mísseis de cruzeiro e balísticos, vetores aéreos de asas fixas e rotativas, artefatos explosivos guiados,

inclusive de forma remota e, da mesma maneira, as ARP. Diante de algumas violações de normas que estão em vigor, no que tange ao uso irregular, desconhecido ou malicioso dos drones, muitos podem ser os instrumentos para coibir tais práticas, devendo ocorrer uma certa inter-relação de diretrizes com fulcro nas legislações em vigor, nas boas práticas já aplicadas e na possível escassez de uma norma específica que trate do assunto. O artigo 21 do CBA prevê que órgãos competentes devem autorizar transportes de cargas perigosas e nocivas à segurança das pessoas e das aeronaves.

Salvo com autorização especial de órgão competente, nenhuma aeronave poderá transportar explosivos, munições, arma de fogo, material bélico, equipamento destinado a levantamento aerofotogramétrico ou de prospecção, ou ainda quaisquer outros objetos ou substâncias consideradas perigosas para a segurança pública, da própria aeronave ou de seus ocupantes (BRASIL, 1986).

Áreas como usinas hidroelétricas, termelétricas e nucleares, assim como redes de abastecimentos de água e gás, representam instalações que proveem elementos essenciais à vida, não podendo ser objeto de quaisquer interferências ilícitas. Igualmente aos sítios aeroportuários, esses estabelecimentos devem ser considerados sensíveis. Também são assim consideradas as organizações militares e de segurança pública, estabelecimentos prisionais, agências de inteligência, áreas dos povos indígenas, unidades de conservação e

reservas florestais.

O Decreto nº 11.200/22, que aprova o Plano Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas, subdivide essas áreas sensíveis nos seguintes setores: barragens, abastecimento, energia elétrica,

petróleo, gás natural, biocombustíveis, transportes terrestres, aéreos e aquaviários, telecomunicações, radiodifusão, serviços postais, finanças, biossegurança, bioproteção e defesa. De forma simbólica, a Figura 1 representa esses setores.

Figura 1 - Sistema de Infraestrutura Crítica (SIC)



Fonte: <https://www.gov.br/gsi>

Segundo o GSI-PR,

(...) infraestruturas de comunicações, de energia, de transportes, de finanças, de águas, de defesa, entre outras, possuem dimensão estratégica, uma vez que desempenham papel essencial tanto para a segurança e soberania nacionais, como para a integração e o desenvolvimento econômico sustentável do País. Fatores que prejudiquem o adequado fornecimento dos serviços provenientes dessas infraestruturas podem acarretar transtornos e prejuízos ao Estado, à sociedade e ao meio ambiente (BRASIL, 2022).

Do mesmo modo, o Exército Brasileiro (EB) também destaca a proteção de

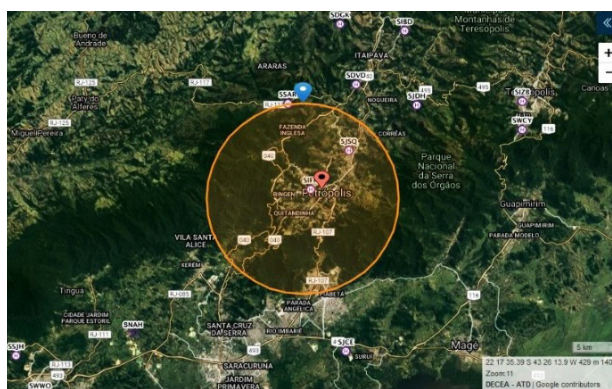
infraestruturas críticas. Para a força terrestre, essas estruturas estratégicas terrestres devem ser protegidas, essencialmente:

(...) em situação de crise, apoio à defesa civil em caso de calamidades naturais ou provocadas, inclusive em áreas contaminadas por agentes químicos, biológicos, radiológicos e nucleares; coordenação de segurança e atuação em Grandes Eventos; realização de operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO) e Garantia da Votação e Apuração em pleitos eleitorais e ações de prevenção e combate ao terrorismo, quando demandada pelo governo federal, entre outras operações subsidiárias (BRASIL, 2016).

Cada ente da Administração direta ou indireta, que atua na gestão ou no controle dessas áreas, tratará seus setores aos moldes das estruturas organizacionais próprias. E, conquanto haja uma diversidade de nomenclaturas sobre áreas sensíveis, de segurança, críticas, estratégicas, há de se observar que o DECEA, em sua legislação

específica para o acesso ao espaço aéreo por UA, teve a preocupação em proteger tais estruturas. Silva (2023) ratifica que essas proteções de áreas específicas, por restrição ou bloqueio, são conhecidas respectivamente como *Flight Restriction Zone* (FRZ) e *No Fly Zones* (NFZ), como na Figura 2 abaixo.

Figura 2 - *Flight Restriction Zone* em Petrópolis/RJ



Fonte: DECEA

De acordo com item 2.1.72 da ICA 100-40/2023, uma FRZ é definida como:

Área específica na qual o acesso de Aeronave Não Tripulada (UA) requer autorização mediante análise ATM do Órgão Regional, considerando as restrições previstas em função das alturas e distâncias de aeródromos e helipontos ou das áreas de segurança. A Zona de Aproximação ou de Decolagem (ZAD), a Zona de Entorno de Aeródromo (ZEA), a Zona de Entorno de Heliponto (ZEH) e as Áreas de Segurança são consideradas Zona de Restrição de Voo (FRZ) (BRASIL, 2023).

Em complemento, o item 2.1.73 da Instrução expressa que a NFZ é considerada uma área específica na qual o voo normalmente não é permitido. Sua origem é de ordem técnica e, por isso, é

criada pelos fabricantes de UA.

Embora voos ilícitos possam ocorrer nos casos em que o piloto remoto não solicita o acesso ao espaço aéreo, essas metodologias de negação às operações já representam um primeiro filtro visando à manutenção da segurança operacional e das instalações em solo.

Apontamentos sobre espaço aéreo, ordem pública e segurança pública

Sobre as ações contra ameaças não tripuladas, muito se questiona acerca de “o que deve ser feito”, “quem deve fazer”

e “como fazer”. Basta pensar num drone sobrevoando, à revelia, uma pista de um aeroporto ou adentrando, pelo ar, a área patrimonial de uma unidade prisional. Cenários como esses têm sido comuns no território nacional e, por isso, é necessário discutir sobre o uso de equipamentos que visem à segurança orgânica e de seus recursos humanos.

O espaço aéreo é definido como a porção da atmosfera sobre o território de um Estado. E, nesse diapasão, o artigo 8º da Convenção de Aviação Civil Internacional (CACI) prevê que:

Nenhuma aeronave capaz de navegar sem piloto poderá sobrevoar sem piloto o território de um Estado contratante sem autorização especial do citado Estado e de conformidade com os termos da mesma autorização. Cada Estado contratante se compromete a tomar as disposições necessárias para que o vôo sem piloto de tal aeronave nas regiões acessíveis de aeronaves civis seja controlada de modo a evitar todo perigo para as aeronaves civis (CACI, 1944).

O artigo 9º da CACI aponta que, por razões militares ou de segurança pública, os Estados poderão limitar ou proibir que as aeronaves de outros Estados voem sobre certas zonas do seu território. Nota-se que, mesmo sendo uma Convenção que legisla sobre a aviação civil em escala global, houve a preocupação pontual com as razões militares e de segurança pública.

Por mais que definições sejam específicas, consideram-se muito tênues as linhas entre estes três escopos: espaço aéreo, ordem

pública e segurança pública. A ordem pública, consoante o artigo 2º do Decreto nº 88.777/83, é definido como sendo um:

Conjunto de regras formais, que emanam do ordenamento jurídico da Nação, tendo por escopo regular as relações sociais de todos os níveis, do interesse público, estabelecendo um clima de convivência harmoniosa e pacífica, fiscalizado pelo poder de polícia, e constituindo uma situação ou condição que conduza ao bem comum (BRASIL, 1983).

Conforme o artigo 144 da CF/88, a segurança pública é dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, devendo ser exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio. Para Lessa (2021), o conceito de ordem pública vai além, devendo ser considerado um estado de normalidade social, em que usufruto de direitos e cumprimento de deveres coexistem em harmonia, como um conjunto de princípios e normas.

Drones como vetores irregulares, desconhecidos ou maliciosos

Têm sido recorrente o reporte de operações irregulares ou com características suspeitas com drones no espaço aéreo brasileiro. Não só por avistamentos de terceiros, mas por agentes da segurança pública e mídias sociais. Em 26 de março de 2023, um drone próximo à pista do Aeroporto em Guarulhos causou a suspensão das operações. Alguns voos foram alternados para outro sítio e aqueles que estavam

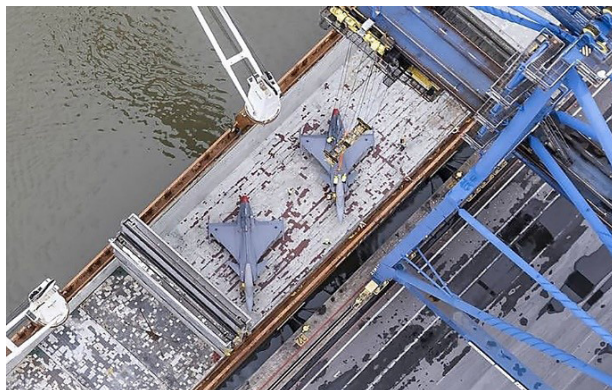
prontos para a decolagem precisaram se manter no solo, até a retomada do fluxo. A notícia foi veiculada pelo portal G1 de São Paulo, na data da ocorrência.

Voos irregulares de drones são aqueles que ocorrem sem autorização prévia do órgão regulador, que possuem restrição para certa operação e mesmo assim a executa ou, até mesmo, os que por alguma inconsistência técnica ou sistêmica deixam de cumprir suas configurações preestabelecidas e voam à revelia, podendo causar uma ocorrência inesperada e, quiçá, danosa.

Santa Catarina também foi palco de irregularidade com o uso de drone. Em 2022, os caças *Saab F-39 Gripen* foram filmados por um drone considerado

desconhecido, pois, para o local e período, não havia no SARPAS a solicitação do voo. O fato se tornou público porque o piloto remoto postou o conteúdo em sua rede social (*instagram*) e o vídeo foi replicado por um outro usuário (no *youtube*). Ocorrências como essa, em que indícios de autoria e materialidade são facilmente observados, devem ser levadas ao conhecimento dos órgãos regionais do DECEA e Junta de Julgamento da Aeronáutica (JJAER), com vistas às apurações e aplicações das sanções administrativas cabíveis ao cometimento de irregularidades de tráfego aéreo. Na Figura 3 abaixo é possível observar as duas aeronaves da FAB sendo monitoradas pelo drone.

Figura 3 - Imagens dos caças Gripen captadas por drone irregular



Fonte: <https://aeroin.net>

Em 5 de abril de 2023, em Minas Gerais, um casal foi preso por usar um drone como ferramenta de entrega de drogas e celulares num complexo penitenciário da cidade de Belo Horizonte. O portal G1 ressaltou que movimento intenso de

drones era abastecido por pagamentos de aproximadamente 200 reais por voo.

É possível que voos como esse não passem pelo devido processo de aprovação, e que os órgãos reguladores e de segurança não

tenham conhecimento sobre o voo, a não ser que seja por meio de avistamento ou denúncia. É um exemplo claro de voo malicioso. Uma das maiores dificuldades perante o avanço acelerado dessa tecnologia é a configuração dos dispositivos de defesa. A capacidade de detecção é imprescindível para que se planeje uma ação mitigadora.

Outro aspecto relevante é a contenção, visto que é uma ação que visa repelir, cessar ou capturar uma ameaça não tripulada. Há diversos autores que falam sobre *layers* (camadas) para uma composição eficaz de um sistema antidrone, conhecido como C-UAS, do acrônimo *Counter - Unmanned Aircraft Systems*. É possível encontrar referências que o subdividem em: detecção, localização, identificação, contenção e captura. Outrossim, em um primeiro momento, entende-se que, para a realidade brasileira, detectar e conter sejam as aplicações mais importantes.

A concepção e o emprego como desafios para a implementação dos sistemas

Segundo Rosa (2023), por mais que o conflito na Ucrânia ainda não permita dirimir interrogações, em especial, no que concerne ao emprego do poder aeroespacial, os drones vem representando uma significativa relação custo-benefício. Para o autor, ainda que esses equipamentos não durem muito tempo, o baixo custo operacional, a capacidade

de reconhecimento tático e ofensividade contra alvos definidos são pontos de grande relevância.

Para os ucranianos, os UAV têm representado uma forma de substituição do poder aéreo convencional, na medida em que buscam utilizar os drones para prover certa falta de consciência situacional, atacar alvos com certa precisão, mesmo à noite, instigar um sentido de resiliência nacional e afetar o moral das tropas russas, o que extrapola o mero significado tático desse tipo de equipamento (ROSA, 2023).

As defesas antidrones têm sido foco dos avanços da tecnologia necessárias ao preparo e emprego das grandes potências mundiais. No segundo semestre de 2022, o Japão comprou 150 mísseis ar-ar de médio alcance, também fornecida à Ucrânia, para ser utilizada por um sistema específico contra a Rússia, de disparo terra-ar. Os sistemas antidrones utilizados nos conflitos armados vão muito além de detecção e contenção. O neutralizar, nesse contexto, não significa apenas o repelir. As ações corretivas levam intencionalmente em conta o fator destruição.

Figura 4 - Drone Octacopter e Granada RKG3 (Ucrânia)



Fonte: <https://forcaaerea.com.br>

No caso brasileiro, as concepções operacionais ainda permeiam as ações preventivas, havendo espaço para melhorias no que se refere a planejamentos futuros e construções normativas. Como se sabe, mesmo que as áreas de segurança, ou sensíveis, não estejam cobertas por espaços aéreos condicionados, ou seja, aqueles denominados restritos, perigosos ou proibidos, é esperado que os sobrevoos não ocorram sem que haja prévia autorização dos responsáveis pelo local. A ICA 100-40 prevê claramente a possibilidade de neutralização de uma UA quando esta se tratar de ameaça; o que deve ser avaliada é a definição de ameaça.

Acerca dos sobrevoos em áreas militares, já se tem um direcionamento importante que pode servir como doutrina norteadora para a concepção e o emprego de sistemas de defesa contra os drones indesejados. A pauta foi matéria de apreciação da Advocacia-Geral da União (AGU) que, por meio do Parecer nº 00067/2018/CONJUR-MD-CGU-AGU, tratou, na esfera da Consultoria Jurídica Junto ao

Ministério da Defesa, unindo, assim, as Consultorias Jurídicas das três Forças Armadas, de fatos que expõem a perigo aparelhamento militar e outros.

Segundo o parecer, em que pese a neutralização seja entendida como erradicação de uma ameaça, restou ratificada a “inaplicabilidade” da Lei nº 9.614/98 (Lei do Abate), que visa ao combate a aeronaves hostis e suspeitas de tráfico, por meio de outra aeronave. Não é possível aplicar os protocolos previstos no Decreto nº 5.144/04 relativos à averiguação, intervenção, persuasão e destruição. Por outro lado, a AGU entende que “qualquer objeto ou pessoas que coloque em risco a segurança de uma Organização Militar, ou do próprio militar, legitima o contra-ataque por parte do agente que identificar a ameaça”. O militar deverá agir de maneira proporcional, adequando os meios ao fim, executando a ação em *ultima ratio*, como última alternativa, certo de estar amparado por excludentes de ilicitude previstas no artigo 42 do Código Penal Militar (CPM), que preconiza não haver crime quando

o agente pratica o fato: I - em estado de necessidade; II - em legítima defesa; III - em estrito cumprimento do dever legal; e IV - em exercício regular de direito. Como se vê, não é tão simples a decisão de neutralizar um drone irregular, inesperado ou malicioso, pelo menos no que tange ao abate da aeronave.

Em abril de 2022, o Estudo Preparatório nº 003/COMPREP/2022 também analisou a “mitigação às ameaças pelo acesso irregular de UA em áreas militares”. Com fulcro nas normas em vigor nacionais e internacionais, concluiu-se que, quando a Administração Pública Militar age na neutralização de drones ilegais ou invasores, está devidamente investida do poder-dever, repelindo a ameaça à segurança nacional e à incolumidade pública, devido à elevada potencialidade lesiva desses equipamentos. O estudo frisa que uma medida de neutralização, seja pela captura, interceptação ou abate, corresponde a um poder geral de cautela do Estado, que zela pelo espaço aéreo, defesa da pátria e da sociedade. Do mesmo modo, permanecem as recomendações para que as ações se mantenham respaldadas nas excludentes do CPM.

Observações sobre sistemas antidrones e suas capacidades

No tocante aos C-UAS, ou sistemas antridrones, o melhor cenário é a

implantação de um equipamento com baixo custo operacional, de fácil manuseio, totalmente eficiente, não vulnerável a contramedidas e que não cause efeitos colaterais a outros sistemas essenciais. Como já foi visto, são vários *layers* propostos pelos fabricantes, contudo, o ideal seria um sistema capaz de detectar, localizar, identificar, bloquear e capturar. Neste momento, já se pode dizer que neutralizar reúne os verbos bloquear, capturar, e até mesmo o destruir ou abater.

Em junho de 2021, o 2º Simpósio de Defesa Anti-SARP, realizado pelo EB na Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) no Rio de Janeiro, expôs algumas formas de aplicação dos drones e possíveis contextos referentes aos Sistema de Armas, ou seja, o emprego do drone com armamento de ataque ar-superfície e ar-ar.

Na oportunidade, observou-se que países em conflitos armados já utilizam os Dispositivos Explosivos Improvisados (IED – *Improves Explosive Device*), sendo os artefatos aerotransportados e com significativo poder de destruição. Outro modelo apresentado foi o de Munição de Precisão (PGM – *Precision-Guided Munition*), com o potencial de ser remotamente guiado ao alvo específico. Os drones de “munição vagante” ou *Loitering Munition*, são conhecidos literalmente como “suicidas” ou *Kamikazes*. O *Switchblade* tem sido um desses vagantes

mortais de grande utilização na guerra entre Ucrânia e Rússia. O Enxame de drones, ou *drone swarm*, foi um tema de bastante curiosidade para quem acompanhou o evento, pois o agrupamento de pequenos drones, a partir de sistemas de Inteligência Artificial (IA), pode iniciar um novo cenário aéreo sem precedentes.

Os sistemas de detecção, rastreamento e identificação atuam, na maioria das vezes, nos protocolos dos *links* de comando e controle (*Enlace C2*) entre o Controle Remoto (RC) ou Estação Remota de Pilotagem (RPS) e o drone. É comum a utilização de sistemas que apenas escaneiam espectros de frequência, com o fito de neutralizar o voo, “cortando” o *Enlace*. Com a perda de sinal, o drone pode retornar ao ponto de partida ou local onde está o piloto (*Return To Home*), ficar pairado no ar (*Hover*) ou apenas pousar (*Landing*). Na conjuntura da detecção, cabe uma breve classificação dos C-UAS, suas metodologias, vantagens e desvantagens.

O sistema Radar, segundo Lima Filho (2020), age por meio da assinatura radar resultante do encontro entre a UA e pulsos de frequência emitidas pelo sensor. O alcance é de 5 km, e pode ser usado na detecção de grandes quantidades de plotes. Para os “enxames” é um emprego viável. Contudo, há uma certa dificuldade de se detectar drones próximos ao solo.

Considerado um dos mais utilizados no mundo, o sensor de Radiofrequência, de

acordo com Narang (2019), atua com o método de varredura das frequências de operação, detectando a posição das aeronaves e dos operadores. Esse sistema requer a linha de visada com o drone e com a RPS, para identificar sua posição, bem como dois sensores no mínimo formando uma triangulação de sinais. Uma vantagem é o baixo custo operacional, porém, em ambientes urbanos é extremamente difícil o isolamento das emissões e suas bandas de comunicação.

No sistema Eletro-Óptico, há a necessidade de utilização de câmera para monitoramento do ambiente. Dessa maneira, o sensor detecta os drones por meio de sua assinatura visual (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). A vantagem da ferramenta é a possibilidade de “classificar” alvos, entretanto, sob degradação meteorológica, sua efetividade é reduzida.

O sistema Infravermelho (IR) apresenta assinatura térmica como diferencial, e isso é bom, uma vez que, havendo um banco de dados com assinaturas já conhecidas previamente, fica mais fácil subsidiar a detecção. Em contrapartida, seu alcance é de apenas 100 metros, apresentando também vulnerabilidade quando degradadas as condições meteorológicas. O sensor não costuma ser empregado isoladamente, atuando em conjunto com outros, de forma complementar, principalmente com o eletro-óptico. (LIMA FILHO, 2020, p. 24)

O reconhecimento sonoro, metodologia do sistema Acústico, é pouco conhecido no universo da detecção de drones. Ele que se baseia no ruído produzido pelos motores das aeronaves. Como os microfones são sensíveis, recomenda-se que já se tenha uma biblioteca de sons de drones para adestrar a ação do equipamento. O sistema não é tão eficiente nos ambientes urbanos, assim como não apresenta bons resultados na presença de drones silenciosos.

O *Laser* também é considerado um sistema antidrone, inclusive como técnica de destruição (*hard kill*). Integrado a outros sistemas de detecção e localização, e após receber informações sobre a direção de onde vem uma ameaça, é esperado que o sistema realize o traqueamento e enquadramento do alvo.

Há sistemas de defesa que empregam equipamentos em concomitância, reunindo dois ou mais instrumentos antidrones. Como cada sistema possui vantagens e desvantagens, quando se juntam as capacidades de detecção, rastreamento e identificação, o sucesso da neutralização se torna mais palpável. Diante disso, uma metodologia recomendada é a Combinação de Sensores.

Uma vez detectadas, localizadas ou identificadas as ameaças não tripuladas, várias podem ser as formas de neutralização, no entanto, os meios cinéticos (que se referem ao deslocamento de um corpo para se chocar ao drone invasor), como

projéteis, redes, mísseis ou outros drones nem sempre são as melhores opções, já que podem gerar danos colaterais a terceiros no solo e no ar caso o alvo não seja atingido. Meios não cinéticos são possibilidades operacionais mais plausíveis, ainda mais quando se tratam de falsificações dos sinais (*spoofing*), interferências de radiofrequências (*jamming*), até mesmo armamentos emissores de micro-ondas e lasers. Michel (2019) chama a atenção para a técnica do ofuscamento (*dazzling*), que é a utilização de um feixe de luz para comprometer a câmera de um drone.

Como já dito, uma grande preocupação das autoridades da aviação é a interferência nas frequências de telecomunicações aeronáuticas, nos sensores e auxílios à navegação, por isso, para utilizar sistemas antidrones, seja na detecção ou contenção, é preciso gerenciar os riscos.

Considerações finais

O estudo apontou, preliminarmente, o notório desenvolvimento da aviação como um resultado inevitável do avanço tecnológico. Esse crescimento não ficaria restrito aos meios tripulados, pois, desde que o Homem criou o avião, já se pensava em aeronaves sem tripulação a bordo para missões específicas como as de reconhecimento, observação e ataque. O estudo ressaltou a acelerada evolução dos drones em escala global e, do mesmo modo, no Brasil, como tecnologia disruptiva, que

a cada dia apresenta novas possibilidades operacionais em atividades como topografia, resposta a desastres, inspeção de ativos, inteligência, vigilância, segurança pública e privada, pesquisa, agricultura de precisão, publicidade, dentre outras.

Sendo uma pesquisa qualitativa e de natureza exploratória, a coleta de informações, a partir de bibliografias e casos concretos, considerando disposições jurídico-normativos latentes, permitiu observar que, por mais que haja um vasto rol de legislações nacionais que regulam o tema, há indícios de irregularidades por parte dos usuários. Por vezes, alguns voos de drones são considerados irregulares, desconhecidos e maliciosos, gerando riscos às áreas sensíveis e de segurança, colocando em perigo a segurança orgânica e a incolumidade de seus agentes.

Foram salientados os conceitos de espaço aéreo, ordem pública e segurança pública. Nesse sentido, viu-se que uma ameaça não tripulada pode ao mesmo tempo causar prejuízos à navegação aérea, aos terceiros no solo e às propriedades, assim como perturbar a ordem e ferir os preceitos da segurança coletiva.

O trabalho ressalta o desafio de criar concepções operacionais e formas de emprego de sistemas C-UAS, devido às relações entre custo operacional, capacidades, recursos disponíveis, vantagens e desvantagens. Levou-se em consideração a realidade brasileira, em que

esses sistemas são implementados ainda no campo da prevenção, sendo a “detecção” e “contenção” medidas consideradas leves, apenas para repelirem voos indesejados. Contudo, a pesquisa frisou que a neutralização pode ser implementada como um *layer* para destruir a ameaça.

Foram apresentados sistemas antidrones de detecção, como o Radar, Radiofrequência, Eletro-ótico, Infravermelho, Acústico e Laser, além da possibilidade da Combinação de Sensores. Viu-se que é possível utilizar a acústica para guiar um dispositivo que utiliza alcance visual, implementando, por conseguinte, aplicações com radares, sensores de infravermelho e eletro-óticos. Do mesmo modo, há como empregar detectores de radiofrequência e radares para guiar sensores eletro-óticos e, a partir da consolidação das informações recebidas em uma central de comando e controle, realizar o traqueamento e enquadramento das ameaças. Ou seja, uma neutralização pode ser mais ou menos severa, a depender de cada cenário operacional.

Observou-se que o emprego de meios contra uma aeronave não tripulada indesejada faz parte do contexto da neutralização. Embora sejam possibilidades operacionais já utilizadas em alguns cenários, esses meios denominados meios cinéticos e não cinéticos devem ser objeto de escolhas planejadas, considerando os prejuízos que possam advir de suas aplicabilidades.

Conquanto não haja legislação específica que regule o tema e o emprego dessas tecnologias, propõe-se a tomada de decisão colaborativa por meio de ações interagências, em que cada envolvido possa efetivamente atuar de acordo com sua área de responsabilidade.

No tocante aos órgãos reguladores do UAS brasileiro, frente às ocorrências nas proximidades dos aeroportos, acredita-se ser possível uma análise mais profunda sobre os meios existentes de detecção e contenção, assim como testes mais eficientes, no sentido de adequar tais sistemas ao cenário da aviação, mitigando os possíveis prejuízos operacionais. Por parte dos órgãos que

atuam em prol da preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, espera-se que as ações fiscalizatórias não deixem de existir, uma vez que infringir as normas vigentes já configura a irregularidade. Aos responsáveis pelas infraestruturas críticas, áreas sensíveis e de segurança, aconselha-se a coordenação para o estabelecimento das FRZ. Com as zonas de restrição criadas, há de se ter pelo menos um controle sobre os voos solicitados. Diante das abordagens feitas no presente ensaio, o que se vislumbra, por fim, é que o estudo suscite novas reflexões e sirva como fonte de pesquisas para o aprimoramento de trabalhos futuros ou em desenvolvimento sobre a pauta.

Referências

AHMED, F., MOHANTA, J.C., KESHARI, A. *et al.* *Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicles: A Review*. *Arabian Journal for Science and Engineering* 47:7963–7984 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13369-022-06738-0>. Acesso em 12 maio 2023.

BOWER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M. *Disruptive Technologies: Catching the Wave*. *Harvard Business Review*, p. 43 - 53. 1995.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Tráfego Aéreo. ICA 100-40. Rio de Janeiro, 2023. *Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro*. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br>. Acesso em 22 jul. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. RBAC-E nº 94. *Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil*. 2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em 16 maio 2023.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. DCA 1-1. *Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira*. Vol. I e II. 2020. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br>. Acesso em 11 maio 2022.

BRASIL. *Decreto nº 5144, de 16 de julho de 2004*. Regulamenta o §§ 1o, 2o e 3o do art. 303 da Lei no 7.565, de 19 de dezembro de 1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, no que concerne às aeronaves hostis ou suspeitas de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5144.htm. Acesso em: 18 out 2023.

BRASIL. *Lei nº 9.614, de 5 de março de 1998*. Altera a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, para incluir hipótese destruição de aeronave. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9614.htm . Acesso em: 18 out 2023.

BRASIL. *Decreto-Lei nº 1001, de 21 de outubro de 1969*. Código Penal Militar. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del1001.htm#:~:text=Os%20militares%20estrangeiros%2C%20quando%20em,em%20tratados%20ou%20conven%C3%A7%C3%B5es%20internacionais.&text=Art.,-12. Acesso em: 18 out 2023.

CANADA. International Civil Aviation Organization. *Manual on Remotely Piloted*

Aircraft Systems (RPAS). Doc 10019. 1st. ed. Montreal, 2015. Disponível em: <https://store.icao.int/en/manual-on-remotely-piloted-aircraft-systems-rpas-doc-10019>. Acesso em 18 maio 2023.

CHERNOVA, Anna; SHUKLA, Seb. *Kremlin says Ukraine is behind May 3 drone attacks on Moscow*. Londres. 2023. Disponível em: https://edition.cnn.com/europe/live-news/russia-ukraine-war-news-05-25-23#h_f95f41e145ffed2a0eb58f56b266e6ee. Acesso em 25 maio 2023.

CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1997.

DOUGHERTY, Martin J. *Drones: Guia das Aeronaves Não Tripuladas que Estão Tomando Conta de Nossos Céus*. São Paulo: M.Books do Brasil Editora, 2019.

DOUHET, G. G. *O Domínio do Ar*. Tradução: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica. Brasília, DF: Editora Italiana Limitada, 1978. Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica. (Coleção Aeronáutica. Arte Militar e Poder Aeroespacial, v. 2).

HAMBLING, David. *Swarm troopers: como os pequenos drones irão conquistar o mundo*. Tradução: Paulo Baciuk - Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2018.

IGBAL, Mohammad. *Use of Dynamic Remotely Operated Navigation Equipment (DRONE) in Geographical and Environmental Research: Bangladeshi Perspectives*. 2021. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3922387. Acesso em 18 mar. 2023.

LESSA, Sávio. Artigo: *O que é Segurança Pública?* Portal Amazônia. 2021. Disponível em: <https://portalamazonia.com/seguranca-publica-e-cidadania/artigo-o-que-e-seguranca-publica-1>. Acesso em 12 mar. 2023.

LIMA FILHO, Paulo Davi de Barros. *A defesa anti-SARP na Força Terrestre*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares). Curso de Comando e Estado-Maior (ECEME): Rio de Janeiro, Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/8868/1/MO%206310%20-%20BARROS%20LIMA.pdf>. Acesso em 20 maio 2023.

MESQUITA, Ivan Muniz. *O Poder Aeroespacial e a Estratégia Nacional de Defesa (END)*. Revista da Escola Superior de Guerra, v. 33, n. 67, p. 82-97, jan./abr. 2018. Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/view/908>. Acesso em 18 maio

2023.

MICHEL, Arthur Holland. *Counter-drone systems*. Washington D.C., 2019. Disponível em: <https://dronecenter.bard.edu/files/2019/12/CSD-CUAS-2nd-EditionWeb.pdf>.

NARANG, R. K. *Armed sUAS Swarm: Big Threat of Small UAS—C-sUAS Development and Threat Mitigation by India*. *Asian Defence Review*, p. 75–100, 2019. Disponível em: <http://im.rediff.com/news/2021/jul/armedsuasswarmbigthreatofsmalluas.pdf> Acesso em 20 maio 2023.

RIBEIRO, Leonardo Serra et al. *Possibilidade de emprego de atuadores não cinéticos na defesa antiaérea contra aeronaves remotamente pilotadas*. 2018. Disponível em: https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/3491/1/TCC_Cap%20Serra.pdf. Acesso em 22 abr. 2022.

ROSA, Carlos Eduardo Valle. *Poder Aeroespacial na guerra da Ucrânia*. 2023. Disponível em: <https://velhogeneral.com.br/2023/04/04/poder-aeroespacial-na-guerra-da-ucrania>. Acesso em 12 maio 2023.

ROSA, Carlos Eduardo Valle. *Geopolítica Aeroespacial: Conhecimento Geográfico e Abordagem Estratégica*. São Paulo: Editora Dialética, 2022.

ROSA, Carlos Eduardo Valle. *Poder Aéreo - Guia de Estudos*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Luzes, 2014.

SILVA, Eduardo Araújo. *Operações Aéreas Especiais: Drones, Busca e Salvamento e Resposta a Desastres*. Monografia (Bacharelado em Segurança Pública e Social). DSP/InEAC/UFF. Rio de Janeiro, 2023.

STAMATE, Mihai-Alin; PUPAZA Cristina; NICOLESCU, Florin-Adrian; MOLDOVEANU, Cristian-Emil. *Improvement of Hexacopter UAVs Attitude Parameters Employing Control and Decision Support Systems*. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/3/1446>. Acesso em 11 maio 2023.

Drone perto da pista do Aeroporto em Guarulhos suspende pousos e decolagens. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2023/03/26/drone-perto-da-pista-do-aeroporto-em-guarulhos-suspende-pousos-e-decolagens.ghtml>. Acesso em: 18 out. 2023

Chegada dos caças Gripen em porto brasileiro é captada por drones. Disponível em: <https://aeroin.net/chegada-dos-cacas-gripen-em-porto-brasileiro-e-captada-por-drones/>. Acesso

em: 18 out. 2023

Casal é preso suspeito de usar drone para arremessar celulares e drogas para presídio, na Grande BH. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/04/05/casal-e-presos-suspeito-de-usar-drone-para-arremessar-celulares-e-drogas-para-presidio-na-grande-bh.ghtml>. Acesso em: 18 out. 2023.