
A CONEXÃO ENTRE A SEGURANÇA DA AVIAÇÃO CIVIL (SECURITY) E AS INTERSEÇÕES ENTRE OS PODERES CIBERNÉTICO E ESPACIAL

Marcello Guedes Virissimo¹

1 marcello.guedes@anac.gov.br

RESUMO: O estudo examina a segurança da aviação civil, com ênfase no Brasil, destacando o papel do Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC)² na mitigação de vulnerabilidades e na proteção contra atos de interferência ilícita. Além disso, analisa as interseções entre os domínios cibernético e espacial, suas implicações para a aviação e a relevância da governança global e da cooperação internacional. A integração de tecnologias emergentes e parcerias público-privadas são discutidas como soluções estratégicas frente aos desafios do New Space e às ameaças cibernéticas e espaciais.

Palavras Chave: 1. Segurança da Aviação Civil. 2. DSAC. 3. Cibersegurança. 4. Espaço Aéreo. 5. Governança Global. 6. New Space. 7. Parcerias Público-Privadas. 8. Tecnologias Emergentes.

THE CONNECTION BETWEEN CIVIL AVIATION SECURITY AND THE INTERSECTIONS OF CYBER AND SPACE POWER

ABSTRACT: This study examines civil aviation security, focusing on Brazil and emphasizing the role of the Civil Aviation Security Document (DSAC) in mitigating vulnerabilities and protecting against unlawful interference. It explores intersections between the cyber and space domains, their implications for aviation, and the importance of global governance and international cooperation. The integration of emerging technologies and public-private partnerships is discussed as strategic solutions to address New Space challenges and cyber and space threats.

Key words: 1. Civil aviation security. 2. DSAC. 3. Cybersecurity. 4. Airspace. 5. Global Governance. 6. New Space. 7. Public-Private Partnerships. 8. Emerging Technologies.

Citação: Virissimo, MGV. (2025) A conexão entre a segurança da aviação civil (*security*) e as interseções entre os poderes cibernético e espacial. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N°. 1, pp. 63-67.

1 INTRODUÇÃO

A segurança da aviação civil contra atos de interferência ilícita (AVSEC) é um dos pilares fundamentais para a proteção da infraestrutura aeroespacial de qualquer nação e, consequentemente, para a defesa nacional. No Brasil, o Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) atua como um importante recurso para monitorar, identificar e mitigar vulnerabilidades na aviação civil, sendo uma ferramenta essencial para a gestão de ameaças modernas e para o fortalecimento do sistema AVSEC brasileiro. Conforme ensina Viríssimo (2023), o DSAC é um meio de coleta de dados de ameaças, fornecendo uma visão abrangente sobre vulnerabilidades e facilitando a implementação de medidas de prevenção e segurança.

A Política e Segurança Espacial explora a necessidade de uma abordagem integrada entre os domínios cibernético e espacial e a aviação civil, destacando como os avanços tecnológicos e a expansão de novos atores no espaço requerem uma governança global para proteção do espaço aéreo e da segurança nacional. Conforme apontam Jakhu e Pelton (2017), a governança global do espaço exterior é um pilar crítico para a segurança nacional, considerando que satélites e sistemas espaciais suportam operações essenciais de comunicação e navegação. Diante desse cenário, este ensaio busca examinar como as interseções entre segurança cibernética, espacial e da aviação civil se relacionam, analisando o papel do DSAC, os desafios regulatórios e a relevância da cooperação internacional para fortalecer a segurança da aviação brasileira e, por extensão, a segurança nacional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO CIVIL E O PAPEL ESTRATÉGICO DO DSAC

A segurança da aviação civil tornou-se ainda mais vital após os ataques de 11 de setembro de 2001, que evidenciaram a vulnerabilidade do setor aeronáutico e deram origem a protocolos mais rigorosos para a proteção do tráfego aéreo. Como observado por Monreal (2021, p. 25), "A aviação civil é um fator crítico para o progresso e o desenvolvimento da humanidade, e, não por menos, sua salvaguarda está inserida no escopo do Poder Aeroespacial brasileiro como um de seus seis instrumentos constitutivos".

Nesse contexto, o DSAC foi implementado no Brasil para monitorar as vulnerabilidades no setor de aviação e identificar riscos emergentes, oferecendo uma plataforma para que as autoridades possam estruturar respostas mais eficientes. Esse documento fortalece o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC), que

segue as diretrizes estabelecidas pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Dolman (2005, p. 85) argumenta que "a soberania nacional ou individual do Estado pode ser mais bem alcançada por meios coletivos (uma coalizão permanente contra a agressão), estruturada dentro das normas de negociação aberta e vigilância constante", pois a proteção de passageiros, tripulação e infraestrutura aeronáutica é um requisito fundamental para qualquer nação que busca garantir sua soberania e segurança.

O DSAC não se limita à identificação de ameaças, mas também ajuda na formulação de estratégias de prevenção que mitigam riscos antes que se concretizem, promovendo uma "cultura de segurança" que, de acordo com Vaz-Ferreira e Batista (2021, p. 219), "[...] reside na produção e disponibilização de informações, com valor econômico e estratégico, em diferentes aplicações". Dessa forma, o DSAC funciona como uma ferramenta fundamental para integrar a segurança da aviação ao conceito mais amplo de segurança nacional.

2.2 O IMPACTO DAS INTERSEÇÕES ENTRE OS DOMÍNIOS CIBERNÉTICO E ESPACIAL NA AVIAÇÃO CIVIL

A aviação civil opera em um ambiente de interdependência crescente com os domínios cibernético e espacial, o que aumenta a complexidade dos desafios de segurança. O avanço do "New Space", principalmente caracterizado pela entrada de atores comerciais e privados no setor espacial, ampliou ainda mais a digitalização dos sistemas de comunicação e navegação. Com isso, as operações aeronáuticas tornaram-se cada vez mais dependentes de satélites e de infraestrutura cibernética. Al-Rodhan (2012, p. 72) acrescenta que, "[...] uma crescente dependência de sistemas de comunicação e navegação baseados no espaço, a vulnerabilidade da sociedade moderna e sua infraestrutura tecnológica ao 'clima espacial' aumentou dramaticamente".

O espaço exterior tornou-se uma área de disputa estratégica para vários países, e essa expansão expõe o setor de aviação a novas ameaças. Em sua análise, Lonsdale (1999) observa que o espaço exterior se configura como o quarto domínio estratégico da guerra, e o cibernético, o quinto. De acordo com Vilar-Lopes (2021), a relação intrínseca entre eles fica cada vez mais visível com o passar do século XXI, especialmente após anos de certa falta de protagonismo espacial, com o fim do acirramento espacial entre norte-americanos e soviéticos. Sem uma infraestrutura cibernética segura, qualquer falha nos sistemas de satélites pode comprometer a comunicação e a segurança dos voos, afetando tanto o setor civil quanto o militar.

A governança global do espaço exterior é interligada ao setor cibernético, especialmente no que se refere à proteção contra interferências ilícitas e ataques cibernéticos que podem afetar a aviação civil. Como o DSAC reúne dados críticos sobre incidentes cibernéticos e espaciais, ele desempenha um papel estratégico na criação de uma cultura de segurança que se adapta às vulnerabilidades desses domínios. Sem uma estrutura integrada que lide com essas ameaças, o setor de aviação continua vulnerável a ataques que podem resultar em consequências graves para a segurança pública e a estabilidade nacional.

2.3 DESAFIOS CIBERNÉTICOS E O PAPEL DO DSAC NA MITIGAÇÃO DE RISCOS

A segurança cibernética tornou-se um aspecto essencial da segurança da aviação, uma vez que ameaças digitais podem impactar sistemas críticos, como satélites de comunicação e redes de controle de tráfego aéreo. Como aponta Iglesias (2021), o Brasil desenvolveu sua arquitetura de segurança cibernética e incorporou questões como a proteção das principais instalações de segurança energética em sua política e estratégia de defesa nacional. Isso inclui prontidão para possíveis eventos naturais e ataques cibernéticos.

O DSAC desempenha um papel importante na mitigação desses riscos, ao registrar informações sobre ameaças cibernéticas e auxiliar no desenvolvimento de estratégias preventivas. Com base nas informações coletadas, é possível identificar padrões e prever vulnerabilidades, permitindo uma resposta mais rápida e eficiente. No entanto, como as ameaças cibernéticas evoluem constantemente, é crucial que o DSAC continue a adaptar-se às novas táticas de ataque. Silva (2019, p. 80) ressalta que "[...] a segurança cibernética não se fundamenta apenas na prevenção e no enfrentamento de ameaças, mas também na antecipação da identificação de intenções e potencialidades de adversários [...]".

A eficácia do DSAC em lidar com essas ameaças depende também da integração com políticas de segurança cibernética em nível nacional e internacional, além da capacidade de criar protocolos robustos que fortaleçam a resiliência dos sistemas aeronáuticos. Nesse sentido, o DSAC atua como um facilitador para a implementação de políticas de segurança que contemplem as necessidades cibernéticas do setor aeroespacial.

2.4 A IMPORTÂNCIA DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA A SEGURANÇA AEROESPACIAL

Dado o caráter transnacional das ameaças cibernéticas e espaciais, torna-se indispensável que as nações colaborem para garantir a proteção de suas infraestruturas críticas. A segurança aeroespacial depende de uma rede de colaboração entre as nações, especialmente diante do aumento dos ataques cibernéticos que têm o potencial de afetar satélites e sistemas de navegação. De acordo com a proposição de Vilar-Lopes (2021, p. 215):

"Se tudo passa por satélites, então nada mais óbvio do que buscar fortalecer capacidades e habilidades que podem pôr em risco o desenvolvimento das atividades espaciais, especialmente em contexto de superação de dependências por meio de cooperação internacional e parcerias estratégicas [...]".

No Brasil, o DSAC tem promovido a troca de informações com outras nações, fortalecendo sua capacidade de responder a ameaças transnacionais. Conforme ensina Viríssimo (2023), a ANAC tem buscado colaborar com organismos internacionais

para compartilhar dados e experiências em segurança cibernética e espacial. A integração de políticas e normas comuns para a segurança de sistemas críticos e a promoção de uma governança colaborativa para o espaço são fundamentais. A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) propõe práticas recomendadas para a segurança da aviação que orientam o uso do DSAC, fortalecendo a capacidade do Brasil de enfrentar os desafios globais de segurança.

2.5 INOVAÇÕES E O PAPEL DA GOVERNANÇA E REGULAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL

A governança e a regulação são elementos essenciais para garantir uma segurança integrada na aviação e no espaço exterior, especialmente diante das rápidas inovações tecnológicas. Neto (2021, p. 19) sugere que "é importante a atualização do regime internacional sobre a exploração espacial para refletir a nova realidade do século XXI, uma tarefa complexa dada a necessidade do consenso nos órgãos tradicionais do sistema ONU". Com o aumento das atividades espaciais, a segurança cibernética e espacial exige estruturas regulatórias que respondam às necessidades de proteção do espaço aéreo e das operações espaciais.

O Brasil, como signatário de tratados internacionais de segurança e membro da OACI, segue padrões globais para a regulação da segurança da aviação. O DSAC, por sua vez, é o instrumento que permite que essas diretrizes sejam implementadas e adaptadas à realidade brasileira. Conforme ensina Iglesias (2021, p. 35), "Com efeito, para prever ataques potenciais ou identificar riscos prontamente, é fundamental compartilhar informações de forma colaborativa por meio de plataformas de recursos que ajudem a acessar e trocar dados entre todas as partes interessadas". O DSAC proporciona uma estrutura que facilita a regulamentação e adaptação das políticas de segurança aeroespacial, promovendo um ambiente mais seguro para a aviação civil.

2.6 A EXPANSÃO DO NEW SPACE E SEUS DESAFIOS PARA A SEGURANÇA AEROESPACIAL

A expansão do New Space, que inclui o ingresso de atores privados e novos países na exploração espacial, traz desafios adicionais para a segurança aeroespacial. De acordo com os ensinamentos de Matos (2022, p. 390), "A indústria espacial, pela sua elevada complexidade tecnológica e dualidade de aplicações (civis e militares), é parte de um cenário de competição interestatal permanente, e ao mesmo tempo dinâmico [...]". A crescente competição no setor espacial implica que os países devem adotar práticas de segurança que previnam o uso inadequado do espaço e protejam as infraestruturas orbitais, fundamentais para a aviação civil.

O DSAC, com suas diretrizes de monitoramento e mitigação de riscos, pode ser adaptado para atender a essas novas demandas do setor aeroespacial. No entanto, é necessário que a governança e a regulação do New Space se adequem às realidades de segurança cibernética e espacial para garantir um ambiente seguro. Como Vilar-Lopes (2021, p. 211) explica, "A intersecção entre esses dois domínios, no entanto, tem provocado profundas transformações no braço armado do poder político, servindo de alerta, inclusive, para o debate em países em desenvolvimento, como o Brasil".

2.7 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS E O PAPEL DA INOVAÇÃO NA SEGURANÇA AEROESPACIAL

As parcerias público-privadas (PPPs) são ferramentas importantes para fortalecer a segurança aeroespacial, especialmente no contexto de novas tecnologias e inovação. A colaboração entre o governo e empresas privadas no setor de tecnologia pode impulsionar a criação de soluções avançadas para enfrentar as ameaças cibernéticas e espaciais. Conforme aduzem Jakhu e Pelton (2017, p. 87):

"No mundo de hoje, os Estados estão incentivando empresas privadas a participar de atividades espaciais. Muitos acreditam que as demandas em termos de 'know-how', experiência e investimento podem ser cobertas de forma mais eficaz por investimentos e atores privados do que por entidades governamentais."

A integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e análise de big data, no contexto AVSEC, oferece uma oportunidade para identificar padrões de ameaças de forma proativa. Essas tecnologias permitem ao DSAC coletar, processar e analisar grandes volumes de dados em tempo real, facilitando a detecção de anomalias e a implementação de respostas rápidas e eficazes. Como aponta Iglesias (2021), dado o foco crescente nas ameaças cibernéticas, as empresas do setor de tecnologia e informação são as que têm atraído mais atenção. Todavia, a abrangência da cooperação civil-militar ultrapassa esse setor. O rápido avanço nos desenvolvimentos tecnológicos e na digitalização, em contrapartida, aumentou a exposição da infraestrutura pública e privada a ameaças híbridas.

2.8 DESAFIOS REGULATÓRIOS FRENTE AO CRESCIMENTO DO NEW SPACE

O crescimento do New Space traz um desafio regulatório significativo, especialmente no que diz respeito à segurança e à proteção dos recursos espaciais. A falta de regulamentação clara sobre o uso do espaço exterior pode resultar em problemas de segurança, uma vez que os atores privados podem não seguir padrões de segurança internacionais. Jakhu e Pelton (2017, p. 18) enfatizam que "Como a governança global não está consagrada em uma única constituição global, ela é flexível e está em constante mudança. Novos fóruns e organizações são estabelecidos, os existentes veem o escopo de seus mandatos aumentar e novas regras e normas são adotadas".

Nesse sentido, o DSAC pode ser uma ferramenta importante para auxiliar na elaboração de regulamentações que sejam aplicáveis ao contexto nacional, mas alinhadas aos padrões internacionais.

2.9 INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES NO CONTEXTO AVSEC

O uso de tecnologias emergentes no contexto da segurança da aviação civil representa uma mudança de paradigma na forma como ameaças são identificadas e mitigadas. O DSAC, como ferramenta de apoio à segurança, pode ser significativamente beneficiado pela integração de tecnologias como inteligência artificial (IA), machine learning e *big data*¹. Segundo propõe Pilon (2024, p. 121), "quando usamos o aprendizado de máquina para detectar padrões e avaliar conjuntos de dados complexos de opiniões de pessoas expressas em várias plataformas ou por meio de diferentes canais, podemos usar a IA para estruturá-los e dar sentido a eles". Assim, a IA pode ser utilizada para monitorar dados de tráfego aéreo, informações de passageiros e até mesmo comportamentos suspeitos em aeroportos, facilitando uma resposta mais rápida e eficiente a incidentes.

A análise de big data é outro aspecto crucial para a segurança da aviação. A análise de grandes volumes de dados provenientes de diversas fontes (como relatórios de manutenção, comportamento de passageiros, dados meteorológicos e informações de satélites) pode fornecer uma compreensão valiosa para a mitigação de riscos. Kitchin (2014) observa que, de forma semelhante a outras soluções analíticas de grandes volumes de dados, delegar a detecção de ameaças às soluções automáticas pode ajudar a agilizar as atividades de segurança e otimizar procedimentos de respostas. O DSAC pode se beneficiar da análise dessa massa de dados para prever ameaças e desenvolver estratégias de mitigação que sejam mais precisas e eficazes.

Além disso, o uso de sistemas autônomos e drones no espaço aéreo, seja para fins de vigilância ou para logística, aumenta a complexidade da gestão do espaço e da segurança. Os drones, que operam em baixas altitudes, podem ser utilizados tanto para reforçar a segurança quanto para criar novas vulnerabilidades, caso sejam utilizados para fins ilícitos. Conforme os ensinamentos de Ahmed et al. (2020, p. 6), "[...] os sistemas autônomos tendem a não ter o julgamento, a consciência situacional e as intervenções instantâneas frequentemente exigidas de pilotos humanos vivos e exigirão um período prolongado para o desenvolvimento de padrões regulatórios".

3 CONCLUSÃO

O Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) é uma ferramenta essencial para o fortalecimento do sistema de segurança da aviação civil no Brasil, especialmente frente às ameaças dos domínios cibernético e espacial. A análise realizada neste ensaio mostra que as interseções entre esses domínios trazem novos desafios que requerem uma abordagem de segurança integrada, capaz de mitigar vulnerabilidades e responder às ameaças de maneira eficaz e em tempo hábil.

Conforme discutido, a integração de tecnologias emergentes como inteligência artificial e *big data*, bem como as parcerias público-privadas, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de soluções inovadoras para a segurança aeroespacial. Além disso, a importância da cooperação internacional e do estabelecimento de políticas e regulamentações claras para lidar com o crescimento do setor New Space são elementos essenciais para a criação de um ambiente seguro e estável.

Dada a crescente interdependência entre aviação, cibersegurança e operações espaciais, é imperativo que o DSAC continue a evoluir para incorporar novas práticas e tecnologias de segurança. A integração de políticas nacionais e internacionais, somada à cooperação com outros países e ao envolvimento do setor privado, contribuirá para o fortalecimento do ambiente de segurança aeroespacial, protegendo não apenas a aviação civil, mas também garantindo a estabilidade e a segurança nacional.

Como argumenta Lonsdale (1999, p. 149), "No contexto de uma campanha militar, essas três dimensões da guerra (infosfera, ar e espaço) estão tão intrinsicamente ligadas que o comando ou controle deve ser garantido em todas elas simultaneamente". Em última análise, o DSAC não só apoia a proteção das operações de aviação no Brasil, mas também fomenta o desenvolvimento de uma política de defesa integrada, capaz de enfrentar os desafios contemporâneos e futuros do setor aeroespacial.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. S. et al. The flying car – challenges and strategies toward future adoption. *Frontiers in Built Environment*, v. 6, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.00106/full>. Acesso em: 15 nov. 2024. DOI: 10.3389/fbuil.2020.00106.
- BRASIL. Decreto no 11.195, de 8 de setembro de 2022. Dispõe sobre o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita – PNAVSEC. Brasília, DF: Presidência da República, 2022a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11195.htm. Acesso em: 15 nov. 2024.
- AL-RODHAN, N. R. F. *Meta-geopolitics of outer space: an analysis of space power, security and governance*. New York: Palgrave Macmillan, 2012.

¹ “Big Data” é um termo que se refere ao conjunto de técnicas, tecnologias e metodologias voltadas para lidar com grandes volumes de dados, que são tão massivos, variados e gerados em alta velocidade que os métodos tradicionais de processamento (como bancos de dados relacionais clássicos) não conseguem tratar de forma eficiente.

- DOLMAN, E. C. *Astropolitik: classical geopolitics in the Space Age*. New York: Routledge, 2005.
- IGLESIAS, M. C. Proteção de infraestruturas críticas: o papel central do setor privado e a cooperação civil-militar. In: KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG (Org.). *International security: a European-South American dialogue*. v. 1, p. 23-39, 2021. Disponível em: http://www.kas.de/documents/265553/0/PolicyPapers_FORTE2021_Digital.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.
- JAKHU, R. S.; PELTON, J. N. *Global space governance: an international study*. London: Springer, 2017.
- KITCHIN, R. *The data revolution: big data, open data, data infrastructures and their consequences*. London: SAGE Publications Ltd., 2014.
- LONSDALE, D. Information power: strategy, geopolitics, and the fifth dimension. *Journal of Strategic Studies*, v. 22, n. 2-3, p. 137-157, 1999.
- MATOS, P. O. New Space e poder monetário: os Estados Unidos no setor espacial pós-crise financeira de 2008. *Revista Tempo do Mundo*, n. 29, p. 387-408, 2022.
- MONREAL, E. A. *Gerenciamento de riscos no controle do espaço aéreo brasileiro e a fase de identificação dos atos de interferência ilícita*. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) — Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://redebia.direns.fab.mil.br/mobile/detalhe.asp?codigo=78930>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- NETO, H. A. P. *A fronteira atual: atores e processos de governança na nova era espacial*. 2021. Dissertação (Mestrado em Governança Global e Formulação de Políticas Internacionais) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/handle/24318>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- PILON, R. V. *Artificial intelligence in commercial aviation: use cases and emerging strategies*. New York: Routledge, 2024.
- SILVA, M. V. A. Panorama da ameaça cibernética à aviação civil. *Revista Brasileira de Inteligência*, v. 14, p. 67-84, 2019.
- VAZ-FERREIRA, L.; BATISTA, P. R. Política espacial e segurança: mudanças e continuidades na segunda era. *Revista da Escola de Guerra Naval*, v. 27, p. 209-238, 2021.
- VILAR-LOPES, G. Intersecções entre os domínios espacial e cibernético: implicações para o Poder Aeroespacial brasileiro. In: KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG (Org.). *International security: a European-South American dialogue*. v. 1, p. 205-220, 2021. Disponível em: http://www.kas.de/documents/265553/0/PolicyPapers_FORTE2021_Digital.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.
- VIRÍSSIMO, M. C. G. *As avaliações de vulnerabilidade e o combate aos atos de interferência ilícita no Brasil: a contribuição do Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) para o fortalecimento da segurança nacional*. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) — Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2023.