



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE POLÍTICA E ESTRATÉGIA AEROESPACIAIS

MARCOS DE OLIVEIRA **MACEDO**, Cel Av

A relevância do desenvolvimento de um sistema de posicionamento e navegação, via satélite, nacional como ferramenta para a expansão do poder aeroespacial.

Rio de Janeiro
2025

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE POLÍTICA E ESTRATÉGIA AEROESPACIAIS

MARCOS DE OLIVEIRA **MACEDO**, Cel Av

A relevância do desenvolvimento de um sistema de posicionamento e navegação, via satélite, nacional como ferramenta para a expansão do poder aeroespacial.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Política e Estratégia Aeroespaciais.

Orientador: Davi Affonso da Silva.

Rio de Janeiro
2025

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o controle sobre os métodos de observação, comunicação e localização tem se configurado como um diferencial estratégico para os Estados que pretendem expandir sua influência e assegurar sua soberania. No século XXI, essa dinâmica alcança um novo nível com a criação e a solidificação de sistemas de posicionamento global por satélite, que não apenas apoiam operações militares, mas também possibilitam atividades civis, comerciais e científicas em uma escala global. No cenário brasileiro, a análise acerca da implementação e consolidação de um sistema nacional de posicionamento e navegação via satélite assume uma importância estratégica indiscutível.

À luz do realismo estrutural, conforme exposto por Waltz (1979), a autonomia tecnológica configura-se como um fator crucial de segurança dentro de um sistema internacional caracterizado pela anarquia, onde os Estados necessitam depender de suas próprias competências para assegurar sua sobrevivência e exercer poder. A dependência de sistemas de posicionamento provenientes de países estrangeiros, como o GPS (Estados Unidos), o GLONASS (Rússia), o Galileo (União Europeia) ou o BeiDou (China), configura uma fragilidade estrutural para a Defesa Nacional, especialmente em contextos de conflito ou de tensões geopolíticas. Nesse contexto, a criação de um sistema autônomo, sob gestão nacional, representa não somente um progresso técnico, mas também uma declaração efetiva da soberania estratégica.

A esse argumento soma-se a contribuição de Klein (2006), autor da obra “Space Warfare: Strategy, Principles and Policy”. Em seu livro, argumenta que a administração do espaço não deve ser delegada, pois envolve riscos significativos. Klein enfatiza que países que dependem de sistemas de navegação e posicionamento estrangeiros estão potencialmente sujeitos a bloqueios, degradações de sinal e interrupções intencionais, principalmente em contextos de dissuasão e conflitos prolongados. Para o autor, a garantia de um acesso seguro e contínuo ao espaço configura-se não apenas como uma vantagem operacional, mas como uma condição indispensável para a segurança nacional e para a liberdade de ação estratégica.

Ainda sob uma ótica estratégica atual, Gray (1999), em seu trabalho “Modern Strategy”, salienta que a efetividade da guerra contemporânea está intimamente ligada à habilidade de coordenação entre as forças terrestres, aéreas e espaciais. Conforme o autor, o controle do espaço e a navegação exata por meio de satélites não se configuram como recursos acessórios,

mas como componentes fundamentais para a coordenação e o êxito das operações militares em contextos complexos. A união entre os diferentes domínios e o acesso ininterrupto a informações de localização se tornam essenciais para a vantagem estratégica, especialmente em contextos que exigem alta mobilidade e precisão. À luz dessa perspectiva, a inexistência de um sistema autônomo de navegação por satélite coloca o Brasil em uma condição de desvantagem operacional, evidenciando a necessidade premente de investimentos em autonomia tecnológica no domínio aeroespacial.

Além da esfera militar, ressalta-se a relevância da utilização dual da tecnologia satelital, ou seja, sua aplicação concomitante em propósitos civis e de defesa. De acordo com a teoria da difusão da inovação proposta por Rogers (2003), sistemas tecnologicamente avançados tendem a ser amplamente adotados quando evidenciam utilidade multifuncional e possuem a capacidade de produzir externalidades positivas em diferentes setores da sociedade. Um sistema nacional de posicionamento e navegação não só satisfaria as demandas das Forças Armadas, mas também influenciaria diretamente setores como agricultura de precisão, aviação civil, navegação marítima, logística, controle ambiental e administração de riscos de desastres.

Este ensaio tem como finalidade, portanto, evidenciar a importância da criação de um sistema nacional satelital como ferramenta para a expansão do poder aeroespacial brasileiro, que é compreendido aqui como a habilidade de dissuadir, proteger e projetar influência a partir do controle do espaço atmosférico e extra-atmosférico. A partir de uma perspectiva que integra teoria geopolítica, doutrinas estratégicas e princípios da inovação tecnológica, sustenta-se que a implementação de um sistema nacional de posicionamento e navegação constitui uma condição fundamental para que o Brasil mantenha, de maneira soberana e eficiente, sua atuação no contexto global e resguarde seus interesses essenciais no século XXI.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O USO DO ESPAÇO E O SISTEMA DE POSICIONAMENTO E NAVEGAÇÃO COMO ÁREAS ESTRATÉGICAS NA GUERRA CONTEMPORÂNEA

A intensificação da militarização e da utilização do espaço exterior evidencia mudanças significativas no sistema internacional após a pandemia de COVID-19. A crise sanitária mundial revelou a fragilidade estrutural das cadeias logísticas, das comunicações e dos fluxos de informações, os quais, em grande parte, dependem diretamente da infraestrutura de satélites. Nesse cenário, as potências intensificaram sua atuação no espaço, não apenas como meio de

suporte, mas como um autêntico palco estratégico, cujas consequências táticas, operacionais e políticas tornam-se progressivamente mais relevantes.

Sob a ótica do realismo estrutural, conforme delineado por Waltz (1979), a anarquia existente no sistema internacional impulsiona os Estados a buscarem autonomia tecnológica e habilidades de autodefesa. A pandemia de COVID-19 acentuou essa prática: em resposta à instabilidade global, os Estados começaram a investir de forma mais contundente em setores considerados críticos e sensíveis à soberania nacional. A dominância do espaço, nesse contexto, se apresenta como um elemento crucial para a salvaguarda da segurança nacional e a assertividade de poder no cenário globalizado e imprevisível do século XXI.

Nesse contexto competitivo, os Estados Unidos, mesmo após as eleições presidenciais de 2020, preservaram a doutrina de ofensiva espacial implementada durante a administração Trump, incluindo a consolidação da Força Espacial dos Estados Unidos. O Comando Espacial e a formalização dos Acordos Artemis demonstram a intenção dos Estados Unidos de assegurar liberdade de atuação e preeminência no espaço. Essas iniciativas são suportadas por colaborações com o setor privado, incluindo a aplicação de constelações comerciais, como a Starlink, para finalidades militares, o que foi demonstrado pelo auxílio à Ucrânia em 2022.

A China, por outro lado, finalizou seu sistema BeiDou em 2020 e tem expandido sua atuação em missões lunares e interplanetárias, visando tanto objetivos científicos quanto estratégicos. A expansão da quantidade de satélites em órbita, os ensaios com armamentos antissatélite e a integração de competências civis e militares em seu programa espacial evidenciam que o espaço tornou-se um elemento central de sua estratégia nacional de ascensão. O Brasil, por sua vez, mantém-se em uma situação periférica, apresentando uma acentuada dependência de sistemas estrangeiros, especialmente do sistema de posicionamento global (GPS) norte-americano, para fins de localização, navegação e transmissão de informações estratégicas.

De acordo com Dolman (2002), em sua obra “Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age”, o espaço não deve ser meramente utilizado, mas sim controlado. A abordagem espacial vai além da utilização passiva de satélites, englobando a habilidade de controlar os canais de navegação, comunicação e monitoramento em órbita baixa. Dolman sustenta que, de maneira análoga ao que ocorreu com o controle das rotas marítimas, que conferiu hegemonia a potências navais no passado, a supremacia das linhas orbitais determinará os principais protagonistas da política internacional no futuro iminente.

A articulação teórica entre Waltz e Dolman possibilita afirmar que, para atingir autonomia estratégica e relevância geopolítica no século XXI, é fundamental que o Brasil promova o desenvolvimento de suas capacidades espaciais de maneira autônoma. A apropriação do espaço transcende a mera busca por prestígio científico, configurando-se como um elemento fundamental na estruturação do poder nacional. A falta de um sistema autônomo de posicionamento e navegação, via satélite, prejudica tanto a segurança quanto a imagem internacional do Estado brasileiro.

Além disso, a dependência de sistemas estrangeiros, como o GPS norte-americano, revela vulnerabilidades significativas na esfera da segurança e da soberania. Eventos recentes demonstram que esses sistemas podem ser afetados por interferências eletrônicas — como *jamming*¹ e *spoofing*² — realizadas por agentes estatais e não estatais. No contexto do conflito na Ucrânia, houve relatos de que as munições guiadas por GPS, que foram fornecidas às forças ucranianas, demonstraram taxas de falha consideráveis devido a interferências provenientes da Rússia, resultando na diminuição da eficácia dos projéteis Excalibur, que caiu de 70% para menos de 10% (THE WASHINGTON POST, 2024). Em um incidente subsequente, registrado em janeiro de 2025, uma aeronave da Ryanair, com destino a Vilnius, teve que redirecionar sua rota para Varsóvia devido a uma intensa interferência no sinal de GPS, sendo que mais de 800 ocorrências semelhantes foram relatadas na região nos três meses precedentes (REUTERS, 2025).

Esses acontecimentos reiteram o aviso proposto por Waltz (1979) sobre a imprescindibilidade de autopreservação dos Estados em um sistema internacional caracterizado pela anarquia e corroboram a advertência de Dolman (2002) a respeito da importância da órbita terrestre como área de competição estratégica. No contexto brasileiro, depositar confiança em um sistema de navegação externo configura uma fragilidade estrutural. O desenvolvimento de um sistema nacional independente de posicionamento e navegação via satélite não se apresenta apenas como uma aspiração tecnológica, mas como um requisito essencial para a soberania e a segurança do país.

¹ *Jamming* é uma técnica de interferência eletrônica que visa bloquear ou degradar intencionalmente o sinal de um sistema de comunicação ou navegação, impedindo seu funcionamento adequado.

² *Spoofing* refere-se à técnica de falsificação de sinal, em que um transmissor envia sinais enganosos simulando dados legítimos, com o objetivo de confundir ou desorientar sistemas de navegação por satélite.

2.2 O ESPAÇO COMO FATOR ESTRATÉGICO DE INTEGRAÇÃO ENTRE CIVIL E MILITAR: COLIN S. GRAY E AS TECNOLOGIAS DE DUPLO USO

A reflexão estratégica de Gray (1999), especialmente em “Modern Strategy”, apresenta uma estrutura teórica sólida para entender a guerra contemporânea como uma atividade que requer total coordenação entre os distintos domínios da ação militar. Na sua concepção, a efetividade no ambiente de combate está condicionada à sinergia entre as forças terrestres, navais, aéreas e, de maneira crescente, espaciais. Nessa perspectiva, o espaço cósmico deixa de ser meramente um cenário secundário e se torna uma dimensão fundamental para o exercício da liderança e supervisão, a preponderância informativa e a articulação de poder.

A reafirmação dessa perspectiva requer que os Estados implementem estruturas tecnológicas sofisticadas e autônomas, especialmente no que se refere aos sistemas orbitais de comunicação, navegação, detecção e inteligência. A eficácia das forças contemporâneas está intimamente relacionada ao acesso autônomo a esse tipo de infraestrutura. Satélites que asseguram a exatidão no posicionamento, comunicações criptografadas, monitoramento ambiental em tempo real e alertas precoces constituem ativos estratégicos imprescindíveis. Essa situação encontra-se plenamente congruente com a perspectiva de Gray (1999), a qual afirma que a convergência entre diferentes áreas é um requisito essencial para a dissuasão, a eficácia tática e a manutenção da soberania nacional.

A este debate estratégico acrescenta-se uma dimensão tecnológica e política de relevância significativa: o desenvolvimento intencional de tecnologias de aplicação dual. Ao contrário dos *spin-offs*, que envolvem a utilização acidental de tecnologias inicialmente desenvolvidas para fins militares, o uso dual é concebido de maneira intencional desde o seu surgimento. Trata-se de tecnologias desenvolvidas com o propósito específico de satisfazer, de forma simultânea, as exigências tanto da defesa quanto da sociedade civil. Essa estratégia favorece a colaboração entre diferentes setores, aprimora a alocação de recursos públicos e reforça a infraestrutura industrial e científica do país.

Para além do emprego estritamente militar, os sistemas de posicionamento e transmissão de informações via satélite desempenham papel essencial em diversas atividades civis e de uso dual, consolidando-se como infraestruturas críticas no mundo contemporâneo. Tais aplicações abrangem desde a navegação terrestre e aérea de precisão — fundamentais para a segurança do tráfego urbano, rodoviário, aéreo e logístico — até o monitoramento ambiental, a gestão de desastres naturais, a agricultura de precisão, a prospecção de recursos naturais e a sincronização

temporal de redes financeiras e de telecomunicações. Em contextos urbanos, tecnologias como sistemas de transporte inteligente, serviços de geolocalização em tempo real e plataformas de economia digital (como aplicativos de entrega e mobilidade) dependem diretamente da confiabilidade desses sinais. A dualidade de uso desses sistemas evidencia a interdependência entre a segurança nacional e o funcionamento eficiente da vida civil, reforçando a necessidade estratégica de reduzir a dependência de sistemas estrangeiros e garantir autonomia operacional, mesmo em tempos de crise ou conflito.

Neste âmbito, a obra de Tucker (2012), intitulada “Innovation, Dual Use, and Security: Managing the Risks of Emerging Technologies”, é essencial para entender os dilemas e as potencialidades das tecnologias de uso dual. Tucker assinala que tais inovações, ao expandirem a capacidade estratégica dos Estados, também impõem desafios à governança, demandando a criação de mecanismos de controle que assegurem a segurança sem prejudicar o avanço científico. Embora seu enfoque seja normativo, admite-se que o avanço de tecnologias com aplicação civil-militar integrada é inexorável em cenários de competição internacional e disputas por autonomia tecnológica.

Além disso, a noção de fusão militar-civil, frequentemente abordada em pesquisas sobre segurança atual, ressalta a crescente interdependência entre os setores. Refere-se a uma abordagem na qual os recursos civis — tecnológicos, humanos e industriais — são acionados para propósitos militares, sem comprometer sua aplicação para o avanço econômico e social. Vários países, entre os quais se destacam Estados Unidos, China, Índia e Rússia, têm incorporado essa diretriz como uma política estatal, promovendo que centros de pesquisa e empresas de tecnologia operem de maneira dual desde a sua idealização.

No Brasil, verifica-se a implementação inicial, entretanto promissora, dessa estratégia. Iniciativas como o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) exemplificam essa lógica de convergência: ao assegurar comunicações seguras para as Forças Armadas, o sistema também fomenta a inclusão digital ao disponibilizar internet de banda larga para áreas distantes do país. Trata-se de uma proposta que reflete, ainda que em sua versão inicial, o princípio da soberania tecnológica relacionado ao uso dual — alinhado aos fundamentos da Estratégia Nacional de Defesa e à perspectiva de Gray sobre a integração dos recursos como elemento de poder.

A política de uso dual, quando devidamente organizada, possibilita ao país não apenas diminuir a dependência de fornecedores externos, mas também fortalecer a sua indústria de

defesa e promover inovações tecnológicas que tenham um impacto direto na sociedade. A busca pela autonomia no espaço deve, portanto, ser acompanhada pela elaboração de políticas que promovam o desenvolvimento integrado de tecnologias civis e militares, ressaltando a ideia de que a segurança nacional está intrinsecamente ligada ao progresso científico e à coesão territorial. Ao reconhecer o espaço como um domínio estratégico, o Brasil não apenas aprimora sua capacidade dissuasória, mas também consolida sua posição soberana no sistema internacional.

Adicionalmente, o próprio arcabouço institucional do Brasil reconhece a centralidade do controle do espaço e das tecnologias de uso dual como ferramentas para a projeção de poder e a promoção da autonomia nacional. A Estratégia Nacional de Defesa (END) declara de maneira inequívoca que os domínios nuclear, cibernético e espacial são fundamentais para o Brasil, necessitando ser reforçados por meio de políticas de longo prazo que garantam sua sustentabilidade e autonomia. Entre as ações estratégicas mencionadas, sobressai-se a necessidade de “incentivar projetos relevantes para a defesa que utilizem produtos e tecnologias duais”, reconhecendo que a convergência entre desenvolvimento científico e habilidade dissuasória é fundamental para a soberania nacional (BRASIL, 2020).

No mesmo sentido, a END sustenta que a Base Industrial de Defesa (BID) deve ser robustecida por meio de mecanismos institucionais e legais que garantam sua sustentação a longo prazo, inclusive pela integração com setores civis estratégicos. Essa diretriz possui relação direta com a perspectiva de Tucker (2012), o qual ressalta que a utilização dual não se configura apenas como uma consequência técnica, mas sim como uma decisão política intencional, que visa otimizar os ganhos estratégicos advindos dos investimentos públicos em ciência e tecnologia. A END, ao sugerir a promoção de iniciativas que utilizem tecnologias de aplicação dual, incorpora essa lógica integradora como um meio de soberania e de posição nacional no contexto internacional.

3 CONCLUSÃO

A implementação de um sistema nacional de posicionamento e navegação por satélite apresenta-se como uma necessidade estratégica urgente para a consolidação do poder aeroespacial do Brasil e a afirmação da soberania nacional no século XXI. Neste ensaio, evidencia-se que o espaço exterior, longe de ser apenas um simples pano de fundo técnico-científico, representa, à luz do realismo estrutural de Waltz e da astropolítica de Dolman, um

autêntico campo de rivalidade geopolítica, cuja ocupação confere prerrogativas decisivas tanto em períodos de estabilidade quanto em contextos de crise ou de conflito.

A dependência de sistemas externos, como o GPS norte-americano ou o BeiDou chinês, estabelece restrições significativas à autonomia estratégica do Brasil, comprometendo sua habilidade de dissuasão e de reação em cenários de pressão externa. A edificação de uma infraestrutura nacional independente, idealizada sob gestão soberana e dotada de capacidade autônoma de funcionamento, não representa um privilégio tecnológico, mas, ao contrário, um requisito fundamental para a manutenção da segurança, da autonomia na tomada de decisões e da afirmação do poder nacional no âmbito aeroespacial.

Além disso, a investigação da dupla dimensão das tecnologias espaciais, sustentada pelas contribuições de Rogers e Tucker, demonstra que os investimentos em infraestrutura orbital geram externalidades benéficas que ultrapassam o âmbito militar, difundindo vantagens para a sociedade civil em setores como telecomunicações, agricultura de precisão, meteorologia, transportes, logística e assistência em emergências. Neste contexto, a articulação sincronizada entre os setores civil, militar, industrial e acadêmico — conforme defendido pela Estratégia Nacional de Defesa — deve ser encarada como um elemento imprescindível para o fortalecimento da Base Industrial de Defesa e para o desenvolvimento da estrutura científico-tecnológica do Brasil.

Diante das demandas do contexto estratégico atual e das experiências obtidas na prática internacional, é necessário que o Brasil promova o domínio espacial como uma política de Estado, adotando uma perspectiva de longo prazo, garantindo uma alocação estável de recursos e desenvolvendo uma estrutura institucional sólida. A solidificação de um sistema nacional de posicionamento e navegação por satélite não implica somente um progresso tecnológico, mas, acima de tudo, uma afirmação de soberania, um recurso de dissuasão estratégica e um meio de inserção digna e proativa do Brasil no contexto internacional.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2020.

DOLMAN, Everett C. **Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age**. London: Frank Cass, 2002.

GRAY, Colin S. **Modern Strategy**. Oxford: Oxford University Press, 1999.

KLEIN, John J. **Space Warfare: Strategy, Principles and Policy**. London: Routledge, 2006.

REUTERS. Ryanair flight diverted from Vilnius due to GPS interference, Lithuania says. *Reuters*, 17 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/ryanair-flight-diverted-vilnius-due-gps-interference-lithuania-says-2025-01-17/>>. Acesso em: 12 maio 2025.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of Innovations**. 5. ed. New York: Free Press, 2003.

THE WASHINGTON POST. Russia jamming of U.S. weapons in Ukraine forces Pentagon to seek fixes. *The Washington Post*, 24 maio 2024. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/world/2024/05/24/russia-jamming-us-weapons-ukraine/>>. Acesso em: 12 maio 2025.

TUCKER, Jonathan B. **Innovation, Dual Use, and Security: Managing the Risks of Emerging Technologies**. Cambridge: MIT Press, 2012.

UNITED STATES. Department of Defense. **Military and Civilian Integration Strategy**. Washington, D.C., 2020.

WALTZ, Kenneth N. **Theory of International Politics**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.