

A Guerra na Ucrânia, o Espaço Exterior e os detritos espaciais: implicações para a Geopolítica Aeroespacial

*Carlos Eduardo Valle Rosa*¹

*Fernanda Diógenes Gomes Vieira*²

Resumo

O conflito armado entre Rússia e Ucrânia, em 2022, tem despertado a atenção da comunidade internacional em face de suas consequências de toda ordem. O artigo discute a questão da guerra sob a ótica do que se denomina guerra espacial. Sintetiza as possíveis motivações da atual guerra na Ucrânia, principalmente à luz de movimentos geopolíticos da Rússia. O artigo define, por meio de uma revisão da teoria, ações conduzidas em uma guerra espacial. Com essa base teórica, o artigo levanta capacidades russas para executar essa guerra no espaço. A partir de coleta de informações em fontes de domínio público, evidencia fatos do atual conflito relacionados às ações desse tipo de guerra. Por fim, o artigo aponta algumas implicações geopolíticas da guerra no caso do uso de armas antissatélites e a geração de lixo espacial. As principais conclusões indicam que há ações concretas de guerra espacial, assim como alerta para as consequências geopolíticas na eventualidade de utilização de armas antissatélite de efeito destrutivo.

Palavras-chave: Conflito Rússia x Ucrânia. Guerra Espacial. Detrito Espacial. Geopolítica Aeroespacial.

THE WAR IN UKRAINE, OUTER SPACE AND SPACE DEBRIS: IMPLICATIONS FOR AEROSPACE GEOPOLITICS

Abstract

The armed conflict between Russia and Ukraine, in 2022, has aroused the attention of the international community in view of all kinds of consequences. The article discusses the issue of war from the perspective of what is called space warfare. It summarizes the possible motivations for the current war in Ukraine, considering Russia's geopolitical movements. The article defines, through a review of theory, actions conducted in space warfare. With this theoretical basis, the article raises Russian capabilities to execute such a war in space. From information gathering in public domain sources, it highlights facts of the current conflict related to the actions of this type of warfare. Finally, the article points out some geopolitical implications of the war in the case of the use of anti-satellite weapons and the generation of space debris. The main conclusions indicate that there are concrete space warfare actions, as well as warn about the geopolitical consequences in the event of the use of destructive anti-satellite weapons.

Keywords: Russia-Ukraine Conflict. Space Warfare. Space Debris. Aerospace Geopolitics.

LA GUERRA EN UCRANIA, EL ESPACIO EXTERIOR Y LOS DESECHOS ESPACIALES: IMPLICACIONES PARA LA GEOPOLÍTICA AEROESPACIAL

Resumen

El conflicto armado entre Rusia y Ucrania, en 2022, ha despertado la atención de la comunidad internacional por sus consecuencias de todo tipo. El artículo analiza la cuestión de la guerra desde la perspectiva de lo que se denomina guerra espacial. Resume las posibles motivaciones de la actual guerra en Ucrania, principalmente a la luz de los movimientos geopolíticos de Rusia. El artículo define, mediante una revisión de la teoría, las acciones realizadas en la guerra espacial. Con esta base teórica, el artículo plantea las capacidades rusas para ejecutar dicha guerra en el espacio. A partir de la recopilación de información en fuentes de dominio público, destaca hechos del conflicto actual relacionados con las acciones de este tipo de guerra. Finalmente, el artículo señala algunas implicaciones geopolíticas de la guerra en el caso del uso de armas antisatélite y la generación de Desechos espaciales. Las principales conclusiones indican que existen acciones concretas de guerra espacial, además de advertir sobre las consecuencias geopolíticas en caso de uso de armas antisatélite destructivas.

Palabras-clave: Conflicto entre Rusia y Ucrania. Guerra espacial. Desechos espaciales. Geopolítica aeroespacial.

¹Doutor em Geografia (UFRN); Mestre em Ciências Aeroespaciais (UNIFA); Bacharel e Licenciado em História (UFRN) e Bacharel em Ciências Aeronáuticas (AFA). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da UNIFA.

²Mestranda em Ciências Aeroespaciais (UNIFA); Especialista em Direito Penal e Processo Penal (UNICHRISTUS); Bacharel em Direito (UNIFOR) e em Ciências Aeronáuticas (UNINASSAU).

Introdução

O conflito entre a Rússia e a Ucrânia, iniciado em 24 de fevereiro de 2022, tem sido noticiado e analisado extensivamente, sob o ponto de vista das relações internacionais, da economia, das questões humanitárias, legais e quanto às operações das forças militares. Entretanto, até o presente momento, inexistem análises, em especial no Brasil, sobre esse conflito quanto às implicações do uso do espaço exterior e suas consequências para a geopolítica aeroespacial.

Há que se destacar, inicialmente, que analistas sem acesso às informações governamentais sigilosas dependem do material disponível na mídia, oriundo de *think thanks* ou sites especializados e, até mesmo, de redes sociais como o *Twitter* ou *YouTube*, para inferir sobre os desdobramentos da guerra. Esse fator é muito mais crítico quando lidamos com a ocorrência de episódios fora do alcance das lentes e dos olhos que perscrutam eventos na superfície ou no espaço aéreo. No espaço exterior não há testemunhos oculares e nem a onipresença das telecomunicações globais, cujas lentes e câmeras de *smartphones* não conseguem testemunhar episódios da guerra, mesmo que paradoxalmente elas sejam viabilizadas justamente por ativos no espaço exterior.

Apesar dessa limitação de natureza geográfica, eventos reportados ao longo do conflito permitem depreender os impactos da guerra no domínio espacial, mesmo em face da atroz campanha de informação, perpetrada por ambos os lados. Tal campanha tem por propósito obter a superioridade das informações, persuadindo diferentes públicos-alvo, desde as próprias populações, os inimigos ou os neutros. Esse tipo de guerra da informação é altamente técnica e tecnológica, pois utiliza-se de métodos consagrados de influência e se vale dos mais variados instrumentos, o principal deles é a mídia.

Em consequência desse porém, a qualidade da informação disponível para os analistas não é a melhor, apesar da quantidade ser considerada significativa. Há, por esse motivo, no artigo, um cuidado natural na utilização do tempo verbal futuro do pretérito, cuja característica maior é a expressão de incertezas.

Uma outra premissa que consideramos relevante citar é a percepção de que a guerra no espaço não se dá somente no espaço exterior propriamente dito. Isso é muito importante, pois fundamenta a lógica da geopolítica aeroespacial. Segundo Bowen (2020, p. 77), a “guerra no espaço pode envolver operações Terra-espaço, espaço-espaço e espaço-Terra, envolvendo destruição física (*hard kill*), interferência eletromagnética ou cibernética (*soft kill*)”. O que o autor quer dizer, e adiante será amiúde explicado, é que essa “guerra no espaço” ocorre nas dimensões da superfície, quando envolve ativos e sistemas que se relacionam à atividade espacial, da atmosfera e do espaço exterior.

O artigo tem por finalidade proporcionar uma interpretação da guerra espacial no atual conflito entre a Ucrânia e a Rússia, e seus impactos na geopolítica aeroespacial, dando particular atenção à questão do lixo espacial. Conduz-se, metodologicamente, a partir de dois percursos: pelo levantamento de evidências sobre essa guerra espacial, que já acontece desde o processo de anexação da Crimeia, em 2014, inaugurando os primeiros movimentos russos na direção de destruturação da capacidade espacial ucraniana; e depois, pela análise da eventualidade dessa guerra utilizar armas antissatélites de impacto físico que gerem lixo espacial. Nesse segmento, os impactos desse tipo de dano ambiental são analisados sob a ótica de uma geopolítica aeroespacial (ROSA, 2020).

O texto se estrutura em cinco segmentos. No primeiro, sintetizam-se as possíveis motivações da guerra, principalmente à luz de movimentos geopolíticos da Rússia. Na sequência, o artigo define os principais tipos de ação que seriam conduzidos em uma guerra espacial, enfocando basicamente ações de natureza destrutiva e ações incapacitantes dos sistemas espaciais. Posteriormente, apresentam-se algumas capacidades russas para executar essa guerra no espaço, cujas informações têm sido abertas à consulta pública. Na quarta parte, o texto discute, por meio de evidências, as ações que estariam sendo conduzidas por ambos os contendores, expressas na forma de fatos que puderam ser coletados nas fontes disponíveis. Nesse ponto, serão reveladas algumas conexões com as capacidades russas enquadradas nesse tipo de

guerra. Por fim, o artigo levanta algumas implicações geopolíticas da guerra no caso do uso de armas antissatélites e a geração de lixo espacial.

Motivações do conflito

Um dos grandes questionamentos sobre essa guerra é qual seria efetivamente o objetivo político da Rússia? Importante destacar que o objetivo político, na famosa assertiva de Clausewitz (1984), é aquele que desencadeia todos os demais objetivos, tais como os estratégicos, os operacionais e os táticos. Sem conhecer esse objetivo político claramente, o que tem sido feito foi apontar possibilidades. Até o momento, as análises da guerra parecem indicar três possibilidades que estariam a motivar o Presidente Vladimir Putin na atual invasão da Ucrânia, guerra que efetivamente iniciou-se em 2014.

O primeiro deles seria reagir à possibilidade de cerco geográfico da Organização do Tratado do Atlântico Norte, a OTAN, naquilo que parece ser uma gradual expansão em direção à fronteira da Rússia.

A Figura 1 mostra que, desde 1949 até 2020, houve a adesão progressiva de vários países ao Tratado, em especial nos movimentos de 1999, 2004-2009 e 2017-2020, indicados no mapa pelas tonalidades em azul. A Ucrânia, apesar de não ter um pleito formal, teria revelado aspirações de adesão (em amarelo). Mais recentemente, a Suécia e a Suíça (Estados cuja tradição é de neutralidade) teriam dado indicações concretas na direção dessa adesão, e a Finlândia parece ter formalizado essa demanda à OTAN (REUTERS, 2022).

O segundo motivador seria a demanda russa de reforçar ou resgatar seu prestígio internacional (ATANESYAN e KOZLOV, 2022). Desde a dissolução da União Soviética, em dezembro de 1991, o percurso econômico de carestia que se seguiu, o enfrentamento interno das questões separatistas, e a ascensão de Putin ao governo, a Rússia tem buscado reerguer a imagem do “urso poderoso” que caracterizou a União Soviética no auge da Guerra Fria. Então, demonstrar resolução política e militar contra um vizinho que estaria a contrariar interesses internos russos, no caso a Ucrânia, serviria como um sinal da ressurgência da Rússia como uma potência regional e mundial.

Figura 1 - Movimento de expansão dos membros da OTAN



Fonte: (BUCHHOLZ, 2022)

Por fim, uma motivação geográfica para o conflito seria a demanda de conexão terrestre, por meio do acesso à península da Crimeia, que desde 2014 foi incorporada à Rússia, apesar de ainda não reconhecida internacionalmente. Então, as províncias de Luhansk e Donetsk, e as cidades de Mariupol, Melitopol e Kherson serviriam como um corredor geopolítico para a viabilização do transporte rodoferroviário entre a região do Cáucaso e o porto de Sebastopol, que inclusive sediaria uma fração significativa da armada russa que atuaria no Mediterrâneo (DINIZ, 2022).

Em verdade, é muito difícil se chegar a uma conclusão de qual razão política, de fato, desencadeou a operação militar especial russa na Ucrânia. É bem possível, inclusive, que uma forma de composição dessas três possibilidades seja o verdadeiro impulsionador do conflito. Contudo, isso ainda é especulativo, e as ideias propostas podem ser motivadoras para a discussão adiante.

Antes de adentrarmos no próximo segmento, precisamos esclarecer também que se trata de um conflito desigual em termos de capacidades

militares, tanto quantitativa como qualitativamente, apesar de ser travado como um conflito convencional simétrico. Tal assimetria em termos de capacidade poderia vir a ser modificada, a se antever o impacto da eventual cessão de armamentos modernos por parte de nações ocidentais à Ucrânia. De acordo com ranques globais de poder militar, analisando apenas a questão dos meios aéreos, a Rússia é a 2º colocada, com cerca de 4.000 aeronaves de combate, enquanto a Ucrânia é a 33º, com cerca de 300 aeronaves de combate. Além do mais, os equipamentos ucranianos são de origem soviética/russa, das décadas de 70 e 80, e não passaram por *upgrades* ou modernizações, a exemplo do que tem feito a Rússia com sua frota de aeronaves (STATISTA, 2022).

Tal constatação que se dá no campo dos equipamentos aéreos pode ser estendida ao espaço exterior. Acredita-se que a Rússia seria hoje a 3ª potência mundial em termos de número de satélites em órbita, com um total de 164 (DEFENSE INTELLIGENCE AGENCY, 2022), apenas para destacar um elemento dessa disparidade.

O que é guerra no espaço?

Reforçando a ideia geral que buscamos seguir, Klein (2006, p. 15) cita que:

(...)a guerra espacial deve considerar a dependência entre os diferentes ambientes e também ser holística em escopo, abordando assim os efeitos indiretos das operações espaciais sobre outros ambientes, atividades não espaciais e grande estratégia.

Efetivamente, compreendemos a guerra no espaço dentro desse escopo abrangente, que gera efeitos ou é decorrente de ações não somente no espaço exterior, mas também na superfície, no espectro eletromagnético ou no espaço cibernético. Por esse motivo, ela também incorpora aspectos de uma guerra econômica, infraestrutural ou psicológica, como será visto adiante.

A existência de uma teoria em torno de operações de natureza militar no espaço exterior já é objeto de algumas importantes conclusões. Na verdade, o que está por detrás dessa discussão é a ideia de comando do espaço, uma forma de resgatar os clássicos comando do mar e comando do ar. Klein (2006, p. 156) define comando no espaço como a “capacidade de garantir o acesso e

o uso de linhas celestes de comunicação, quando necessário para apoiar os instrumentos do poder nacional - diplomático, econômico, de informação e militar”. Acrescenta-se a essa definição, o fato de que essas linhas de comunicação estariam nas órbitas terrestres, nos fluxos de *uplink* (dados que partem da superfície para os satélites), *downlink* (os dados que fluem dos satélites para estações de recepção e rastreamento) ou na transmissão de dados digitais, pelos sistemas computacionais.

A analogia que infere o autor é perfeita na caracterização da guerra no espaço. Tanto o comando do mar como o do ar, compreendidos no sentido amplo da expressão, não se obtém exclusivamente nas batalhas navais ou aéreas (assim como no caso do espaço, não se daria apenas por batalhas espaciais). Ambos envolvem ações contra as estruturas da superfície (por exemplo, os portos ou bases aéreas), contra processos de comando e controle ou contra elementos infraestruturais e econômicos (por exemplo, o comércio marítimo ou a rede de radares de detecção) ou mesmo psicológicos (o bombardeio naval ou aéreo contra as populações civis). Por esse motivo, a ideia de um *continuum* entre o segmento terrestre, a atmosfera e o espaço exterior, respectivamente, definem de forma clara o domínio, a dimensão ou o ambiente no qual se dá o fenômeno da guerra espacial.

Todo esse arcabouço conceitual levou o Centro de Estudos Estratégicos e Internacionais, o CSIS, a identificar na ideia de armas *counterspace*, ou contraespaço, uma classificação bem didática para a compreensão de como poderia ser conduzida a guerra no espaço (HARRISON, JOHNSON e YOUNG, 2021). O conceito *counterspace* se refere a qualquer capacidade militar que seja utilizada como forma de oposição à liberdade de ação dos sistemas espaciais por parte de um oponente. Essa classificação do CSIS será útil quando apresentarmos alguns fatos da guerra.

A primeira categoria de ações que podem caracterizar a guerra no espaço é aquela representada pelas armas cinéticas de impacto físico e destrutivo. O objetivo de emprego desse tipo de capacidade é atingir ou detonar uma cabeça de guerra explosiva no, ou próximo, ao satélite, ou em estação terrestre, cuja função esteja relacionada de alguma forma à atividade espacial. Um exemplo

claro dessa categoria é o míssil antissatélite. A principal consequência de utilização desse tipo de arma é a geração de lixo espacial, o *debris*, cujo impacto é analisado adiante no artigo.

O segundo tipo é denominado de arma não cinético-física, que cria efeitos físicos em satélites ou estações na superfície sem necessariamente ter contato físico. Exemplos desse tipo de capacidade são o raio laser, o micro-ondas de alta potência (chamado de *High Powered Microwave* - HPM) ou mesmo a detonação nuclear. O emprego dessa capacidade pode cegar sensores óticos, elevar a temperatura de componentes em satélites, levando-os ao superaquecimento, ou a criação de elevado nível de radiação incapacitando sistemas satelitais.

O terceiro tipo de ação é denominado eletrônica. Ela visa atingir o espectro eletromagnético, no qual os sistemas espaciais transmitem ou recebem dados. Pode gerar ruído nas transmissões ou recepções, gerar dados falsos (técnica conhecida como *spoofing*), ou prejudicar o funcionamento de sistemas como o de navegação e posicionamento global (no caso dos Estados Unidos da América, conhecido como *Global Positioning System* – GPS). No conflito atual, como será visto, essa seria a principal capacidade utilizada até o momento.

Por fim, como o espaço exterior e os sistemas que lá operam são altamente dependentes da cibernética, essa capacidade foi classificada como um dos tipos de se conduzir a guerra no espaço. Ela visa atingir os dados ou os sistemas que usam, transmitem ou controlam fluxos de dados, em geral instalados em facilidades no segmento terrestre. Um exemplo desse tipo de ação seria a atuação de grupos de hackers especializados nas capacidades satelitais, como no caso do grupo *Pay2Key*, que realizaria ataques constantes aos sistemas de controle satelital israelenses.

Apesar da clareza dessa classificação, entende-se que ela demanda um quinto descritor de capacidade. Ele se configura na forma de ações de coerção. Do ponto de vista teórico, coerção seria o “o uso de força ameaçadora, incluindo o uso limitado de força real para apoiar a ameaça, a fim de induzir um adversário a comportar-se de forma diferente do que se comportaria” (BYMAN,

WAXMAN e LARSON, 1999, p. 10). Na prática, a coerção pode se dá a partir de ameaças ou ações de natureza militar, econômica ou diplomática. Por exemplo, um embargo tecnológico poderia ser considerado uma forma de coerção.

Capacidades russas

Com os elementos teóricos da guerra espacial definidos, passa-se a uma rápida e sintética observação das principais capacidades russas em termos de equipamentos para essa guerra no espaço.

Um primeiro elemento de análise é o recente estudo sobre capacidades *counterspace*, que listou diversas iniciativas de vários países que desenvolvem algum tipo de tecnologia que pudessem ser utilizadas na guerra espacial (WEEDEN e SAMSON, 2021).

Figura 2 – Capacidades espaciais *counterspace* da Rússia

RUSSIA				
LEGEND: NONE (R) SOME (Y) SIGNIFICANT (G) UNCERTAIN "?" NO DATA "--"				
	R&D	TESTING	OPERATIONAL	USE IN CONFLICT
LEO Direct Ascent	(G)	(Y)	—	(R)
MEO/GEO Direct Ascent	(Y)	—	—	(R)
LEO Co-Orbital	(G)	(G)	—	(R)
MEO/GEO Co-Orbital	(Y)	—	—	(R)
Directed Energy	(G)	(Y)	?	(R)
Electronic Warfare	(G)	(G)	(G)	(G)
Space Situational Awareness	(G)	(G)	(G)	?

Fonte: (WEEDEN e SAMSON, 2021, p. xvii)

A Figura 2 foi extraída desse relatório, denominado Capacidades Militares Espaciais (*Global Counterspace Capabilities*), relativa à Rússia. O quadro mostra as seguintes capacidades:

- armas de ascensão direta (*LEO, MEO/GEO Direct Ascent*), genericamente conhecidas como armas antissatélite, em LEO, MEO e GEO, respectivamente órbitas baixa, média e geoestacionária (esse tipo de arma tem potencial de criação de *debris* no espaço exterior);

- b) armas coorbitais em LEO, MEO e GEO (*LEO, MEO/GEO Co-orbital*), teoricamente, satélites que se aproximam de outros satélites;
- c) armas de energia direta (*Directed Energy*), como o HPM que citamos anteriormente;
- d) guerra eletrônica (*Electronic Warfare*); e
- e) a capacidade de consciência situacional espacial (*Space Situational Awareness - SSA*), que provê dados de posição, trajetória e comportamento físico de satélites.

Os círculos coloridos demonstram o estágio atual das capacidades: Nenhuma (*NONE*), na cor vermelha; Alguma (*SOME*), na cor amarela; Significativa (*SIGNIFICANT*), na cor verde; incerta, representada pelo sinal “?” (*UNCERTAIN*); e a ausência de dados, pelo sinal “-“. Além disso, o quadro, na linha horizontal superior revela a fase atual da capacidade: R&D (em pesquisa e desenvolvimento); TESTING (em fase de testes); OPERATIONAL (significando que a capacidade já está em condições de utilização); e USE IN CONFLICT (significando que a capacidade já teria sido utilizada em conflito militar).

A observação atenta da figura 2 nos permite chegar a algumas conclusões. A Rússia tem buscado desenvolver o amplo espectro de capacidades *counterspace* com pesquisa e desenvolvimento em todos os campos. As capacidades de guerra eletrônica e SSA já estariam em condições operacionais e, no caso da primeira, já teria sido utilizado em conflito. Essa observação é coerente com o que será detalhado adiante.

Além das capacidades desse relatório, pode-se exemplificar o que a Rússia tem em termos de equipamento, utilizando a classificação do CSIS, acima referenciada. A maior parte dos exemplos é obtida a partir do *Global Counterspace Capabilities - GCS* (DEFENSE INTELLIGENCE AGENCY, 2022) e de fontes abertas da rede mundial de computadores.

Em termos de capacidades CINÉTICAS, aquelas que geram efeitos físico-destrutivos, na Rússia, existiriam equipamentos tais como o PL-19 Nudol (um míssil antissatélite que tem possibilidade de atingir as órbitas baixas). O 78M6

Kontakt, aparentemente ressuscitado nos últimos anos, que seria um sistema de mísseis antissatélite lançados a partir de uma variante do MiG-31 'Foxhound'. E o S-500 ABM, que parece ser um míssil interceptador exoatmosférico, capaz de destruir não só mísseis balísticos antes da reentrada, mas também objetos em órbita LEO ou GEO. Todos esses equipamentos, ao atingir um satélite, geram lixo espacial na forma dos fragmentos oriundos do impacto cinético da cabeça explosiva.

Importante destacar que a Rússia teria conduzido um teste de míssil antissatélite no dia 15 de novembro de 2021 (EUSST, 2021), detalhado adiante. Teria sido utilizado o sistema PL-19 Nudol, contra o satélite defunto Cosmos 1408, lançado em 1982. O teste reverberou na mídia pela questão da criação de *debris*, ou lixo espacial, em grande magnitude. Contudo, é importante para destacar a capacidade, exatamente nas vésperas da invasão da Ucrânia.

Em termos de capacidades NÃO-CINÉTICAS, a Rússia tem uma forte base de conhecimentos tecnológicos em energia dirigida física e está a desenvolver uma série de aplicações militares com base na utilização de laser em variados ambientes. Talvez o principal equipamento seja o *Peresvet*, um sistema móvel de ofuscamento por laser (HENDRICKX, 2020). O sistema é provavelmente capaz de ofuscar sistemas óticos satelitais pelo uso de energia concentrada e excesso de brilho.

Em termos de capacidades ELETRÔNICAS, a Rússia tem atribuído grande prioridade à integração dessas funcionalidades às operações militares e tem investido fortemente na modernização dessa capacidade. A Rússia tem uma multitude de sistemas que podem colocar interferidores GPS dentro de uma área e gerar desorientação em veículos aéreos não tripulados, mísseis guiados, e munições guiadas de precisão. Exemplos desses equipamentos são: o Tirada-2, especialista em interferir em comunicações satelitais, que teria entrado em operação em 2019, supostamente capaz de interferir nos sistemas INMARSAT e Iridium, em determinada área; e o Zhitel, que é um equipamento para interferência no sinal GPS e em telecomunicações, desde 2017, seria

equipamento integrante de cada brigada motorizada russa, como é observado na foto desdobrado no terreno.

Além desses, há o Bylina-MM, que foi desenvolvido para suprimir o sinal de transponders embarcados, e os interferidores de sinais de radar satelitais de reconhecimento das séries Karushka 2 e 4 (ALBON, 2022). Há também o caso da aeronave Beriev A-60, que teria condições de detectar e rastrear satélites com a intenção de disparar feixes de laser contra esses sistemas. Essa aeronave possuiria na parte superior da fuselagem aquilo que seria um canhão laser (MILITARY WATCH MAGAZINE, 2018).

Por fim, capacidades CIBERNÉTICAS, que podem gerar falhas de comunicações ou mesmo manobras indesejadas em satélites que venham a consumir todo seu combustível e torná-lo inoperante e não-funcional. Essas ações se dão pelos ataques nos sistemas de computadores. A Rússia possui uma série de unidades militares especializadas na guerra cibernética. A unidade 74455, por exemplo, estaria ligada a alguns ciberataques, responsáveis pela exposição de e-mails e documentos durante as eleições presidenciais americanas de 2016 (BOWEN, 2022). Em outubro de 2020, a Unidade teria realizado um ataque de *malware* ou *ransomware*³ de nome *Petya*, inclusive na Ucrânia, que teria causado danos significativos a empresas desse país (BORYS, 2017).

No caso da COERÇÃO, que não é contemplada no CSIS ou no GCS, trata-se de ações de diversas naturezas, todas com o fito de neutralizar os ativos e sistemas espaciais e mesmo os programas espaciais nacionais, executadas mormente na superfície, reduzindo ou eliminando a capacidade operativa de seus alvos. Um exemplo disso ocorreu na invasão da Ucrânia em 2014, que tem reflexos no conflito atual. A Ucrânia perdeu sua principal estação de rastreamento de satélites localizada na península da Criméia, em Yevpatoria, próximas a Sebastopol. No curso do conflito, as instalações foram ocupadas e o pessoal técnico foi coagido a abandonar suas atividades. Nesse

³ *Malware* é um software especificamente concebido para perturbar, danificar, ou obter acesso não autorizado a um sistema informático. *Ransomware* é um tipo de software malicioso concebido para bloquear o acesso a um sistema informático até que uma soma em dinheiro seja paga pelo agente afetado.

caso, retirou-se de cena, por meio da ameaça de uso da força, um importante ativo da capacidade espacial ucraniana (BUTT, 2022).

Finalizando esse segmento aponta-se o que os autores do Relatório, citado anteriormente, destacaram em relação às atividades russas. Há “fortes evidências de que a Rússia embarcou em um conjunto de programas, desde 2010, para recuperar muitas capacidades *counterspace* da era da Guerra Fria.”

Fatos da guerra atual

Relembrando o que foi dito anteriormente, não é tarefa fácil coletar fatos com comprovação absoluta sobre o emprego das capacidades que acabaram de ser apresentadas. Em geral, depende-se da imprensa, de sites especializados e, até mesmo, de mídias sociais para tomar conhecimento dos fatos da guerra. O artigo reúne alguns desses fatos, que buscam dar subsídios para melhor se compreender o escopo da guerra espacial nesse conflito e suas implicações na geopolítica aeroespacial.

Aproveitando-se o fato descrito acima, ocorrido em 2014 na cidade de Yevpatoria, não se tem clareza sobre a atual capacidade de rastreamento ou controle dos ativos espaciais de origem nativa ucraniana. Por conseguinte, afirma-se que existiriam cerca de 50 (cinquenta) satélites pertencentes às empresas comerciais como *BlackSky*, *CapellaSpace* ou *Planet*, que estariam atuando na guerra. A maior parte deles provê imagens de radar de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar – SAR*), inclusive disponíveis ao público em geral. Essas informações teriam sido vitais para o planejamento militar ucraniano, na forma de *Open-source Intelligence* (OSINT) e *Geospatial Intelligence* (GEOINT) (BUTT, 2022)⁴.

Uma das empresas e sistemas que têm provido serviços à Ucrânia é a *Starlink*. Ela opera uma constelação satelital da *SpaceX*, cujo propósito é fornecer serviços de internet. A empresa disponibiliza comercialmente kit de antenas que, por meio de uma assinatura mensal, permite acesso à rede mundial de computadores. Por esse motivo, a Rússia teria lançado ataques cibernéticos contra a empresa *Starlink*, a fim de degradar ou neutralizar sinal

⁴ OSINT é a inteligência coletada em fontes abertas, tais como a mídia em geral. A GEOINT é a inteligência oriunda das imagens de satélites de sensoriamento remoto.

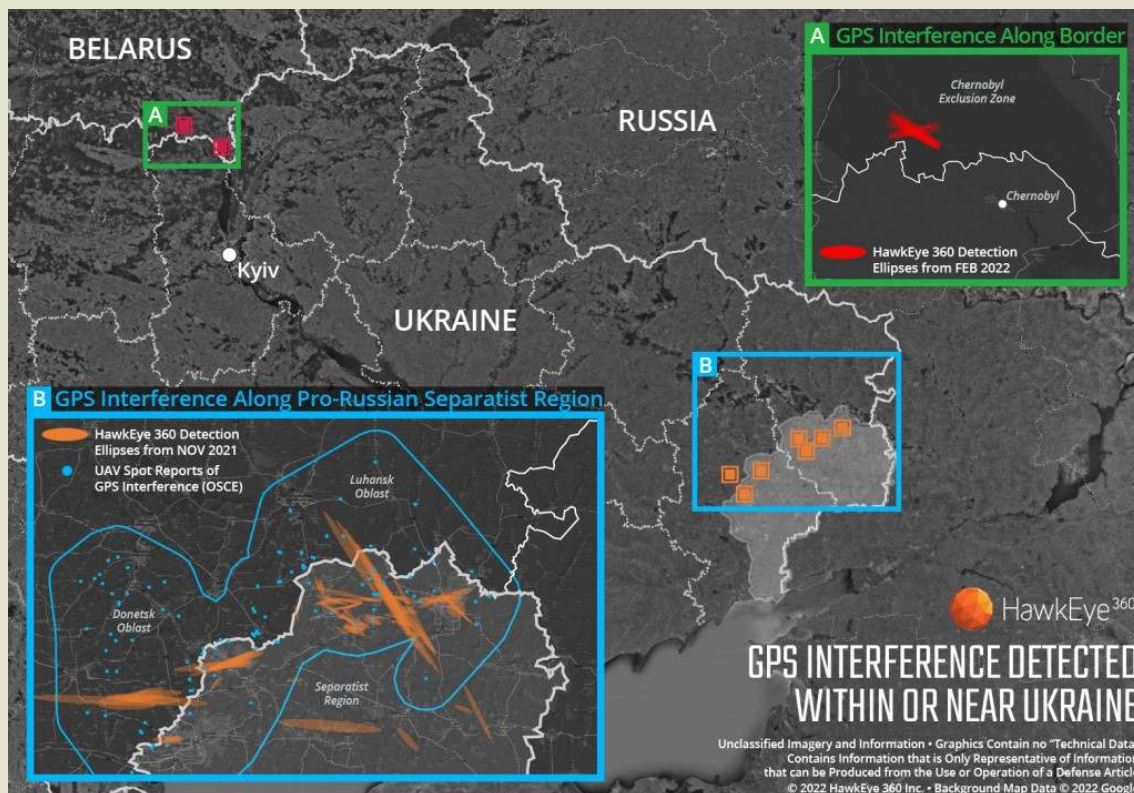
de internet em algumas partes da Ucrânia. Ainda não houve ataques à constelação com armas antissatélites, mas, face às capacidades anteriormente apresentadas, isso se torna uma possibilidade concreta, que teria implicações geopolíticas significativas, em especial na questão do lixo espacial.

Elon Musk, que é o presidente da *SpaceX*, estaria ajudando a Ucrânia por meio do fornecimento de terminais de acesso ao sistema. Uma estação *Starlink* é o receptor terrestre que se liga a uma rede de mais de 2.000 pequenos satélites de baixa órbita terrestre que fornecem acesso à Internet a velocidades de banda larga. Musk teria advertido recentemente os utilizadores ucranianos de que os terminais *Starlink*, que são tipos de antenas parabólicas bidirecionais, são de fácil identificação e podem se transformar em alvos de ataques aéreos (HILBORNE, 2022). Na verdade, o próprio Elon Musk já teria sido considerado como um alvo. Um recente *twitter* do diretor-geral da Roscomos, a agência espacial russa, Dmitry Rogozin, teria induzido uma responsabilização de Musk por fornecer equipamentos de telecomunicações aos ucranianos (WALL, 2022).

Há uma suspeita ainda não confirmada que a constelação *Starlink* teria auxiliado no ataque ao navio da marinha russa *Moskva*, por meio do guiamento e orientação de fogo de drones e mísseis antinavio, o que levou ao afundamento do navio (WATSON e MARTIN, 2022). Essa suposição ganhou mais força, inclusive envolvendo o governo dos EUA em outro ataque contra a Fragata Almirante Makarov.

A *Starlink* também estaria auxiliando drones ucranianos no ataque a alvos militares russos em terra. Os drones seriam utilizados pela *Aerorozvidka*, uma unidade do exército ucraniano especializada no emprego desse tipo de equipamento para reconhecimento visual e por infravermelho a noite (RANJAN, 2022).

Figura 3 – Imagem da empresa HawkEye 360 sobre interferência eletrônica na Ucrânia



Fonte: (HAWKEYE360, 2022).

Tentando se contrapor a esses reverses, a Rússia também tem tomado algumas iniciativas. A Figura 3 é uma elaboração cartográfica publicada pela empresa *HawkEye360*. Ela mostra informações de novembro de 2021, referentes à fase de desdobramento das forças russas para o teatro de operações (HAWKEYE360, 2022). Portanto, são atividades que ocorreram antes do início da ofensiva, ocorrida em fevereiro de 2022. As elipses em cor laranja e vermelha estimam a localização de interferência em radiofrequências, que afetariam a precisão do GPS, realizadas pela Rússia, na fronteira sul, exatamente na região do Donbass, onde estão as províncias de Luhansk e Donetsk. Também próximo a Chernobyl esse tipo de interferência foi detectado. Tudo leva a crer que esse tipo de ação tenha continuado, por meio de *jamming* e *spoofing*. O *spoofing* gera falsas coordenadas geográficas, o que pode degradar o uso de drones e ocultar o movimento das tropas russas na Ucrânia (MULDER, 2022), o que seria uma grande vantagem tática.

Outra ação importante da Rússia teria sido o ataque, em 29 de abril, a um centro de produção de foguetes espaciais da empresa *Artyom*, situada em Kiev. O ataque teria sido sucessivamente executado por mísseis de precisão e longo alcance e por ataques de aeronaves (TESLOVA, 2022). A neutralização da fabricação de foguetes compromete sobremaneira as capacidades ucranianas e pode ter reflexos significativos no programa espacial do pós-guerra.

Um dos elementos que tem despertado grande atenção na guerra é a participação de empresas privadas. O Ministro da Transformação ucraniano, Mykhailo Fedorov, publicou recentemente uma carta aberta para empresas que fornecem imagens satelitais, tais como a *Planet Labs*, a *SpaceWill* e a *Capella Space*, dentre outras, implorando-lhes que partilhem dados dos seus satélites de radar de abertura sintética, que utilizam ondas de radar em vez de ótica para identificação remota dos movimentos das tropas, veículos e navios russos através de uma cobertura de nuvens e à noite (HAMILTON, 2022).

A empresa *BlackSky*, por exemplo, tem provido imagens de seus satélites para entidades governamentais (não reveladas), organizações humanitárias e para a mídia, que inclusive podem ser obtidas com planos comerciais acessíveis.

Essas imagens de satélite de fontes abertas de propriedade comercial seriam significativas no apoio ao esforço de guerra da Ucrânia. Os satélites de alta resolução têm fornecido ambas as informações de nível estratégico, tais como o rastreamento da concentração das forças militares russas antes a invasão e localização da vetorização das colunas blindadas em Kyiv e Kharkiv, bem como as avaliações de combate e dados de alvos para ataques rápidos de artilharia ou drones (HAMILTON, 2022).

Dentro de um outro campo de ações, que podem ser fatos da guerra, acredita-se que teriam ocorrido ações russas de espionagem no espaço, por meio da utilização de satélites para coleta de inteligência de sinais. Uma notícia recente revelou o satélite russo *Repei*, que seria um satélite com um par de antenas grandes, o que significaria que podem ser satélites de comunicações ou de coleta de informações (MULDER, 2022). Até que ponto essa capacidade

tem sido utilizada na interceptação das comunicações ucranianas ainda é incerto, mas a probabilidade existe.

Além das questões de interrupção física e neutralização de capacidades ucranianas, há outro conjunto de ações que envolvem o espaço exterior decorrentes da guerra, que podem ser enquadradas como coerção, seja do ponto de vista econômico ou político.

Nos eixos de invasão da Ucrânia, sob o ponto de vista das capacidades espaciais, três clusters regionais despertaram a atenção de analistas. A captura de regiões que concentram a indústria espacial ucraniana, nas áreas ao redor de Karkov, Kiev e, principalmente, Dnipro foi pouco noticiada mais pode ter um significado impactante na capacidade espacial ucraniana. Essas regiões hospedam cerca de vinte corporações estatais desse setor, formando um *cluster* espacial muito importante. Empresas como a *Pivdenne* e a *Yuzhnoye*, que constrói satélites, poderiam ter sofrido danos ao longo da invasão russa. O fato relevante aqui, que inclusive tem sido destacado por analistas, é a eventual coerção de obliteração de empresas que podem chegar a um valor de bilhões de dólares, conseqüentemente reduzindo a capacidade de pesquisa e desenvolvimento tecnológico ucraniano no setor espacial (MULDER, 2022). As recentes movimentações russas de retirada dessas regiões, concentrando o esforço das operações militares terrestres a Leste do território ucraniano, poderá revelar a extensão dos danos eventualmente perpetrados nesses clusters espaciais.

A partida abrupta de pessoal russo do centro de lançamento de Kourou, na Guiana Francesa, comprometendo vários lançamentos previstos para o ano de 2022 do foguete *Soyuz*, teria sido uma ação de natureza coercitiva visando impacto econômico. Igualmente, no dia 4 de março, a *Roscosmos* suspendeu um lançamento previsto para *OneWeb* do Cosmódromo de Baikonur quando a empresa se recusou a garantir que os seus satélites não seriam utilizados para fins militares. Seriam lançados um lote de 36 satélites *OneWeb*, que foram concebidos para prestar serviços de banda larga via satélite na Internet em todo o mundo. Apenas para se ter uma ideia, o *OneWeb*, que é originário de uma empresa britânica, já tem 428 de 648 satélites previstos para sua

constelação (HILBORNE, 2022). Ainda nesse tipo de ação, como retaliação às sanções dos EUA após a anexação da Crimeia em 2014, a Rússia ameaçou impedir o acesso da NASA (*National Aeronautics and Space Agency*) e astronautas de outras nacionalidades aos assentos da *Soyuz*⁵. A Rússia também suspendeu as suas vendas de motores de foguete RD-180 para os EUA.

Como se pode observar, há fatos muito interessantes para se analisar sobre a guerra na Ucrânia relacionados às atividades no espaço exterior. Por esse motivo entende-se que o espaço exterior já tem sido um domínio geográfico nesse conflito, a exemplo dos domínios tradicionais (terrestre, marítimo e aéreo), não necessariamente com ações localizadas no espaço exterior em si, mas que repercutem além da questão operacional do campo de batalha.

O lixo espacial e as consequências para a Geopolítica Aeroespacial

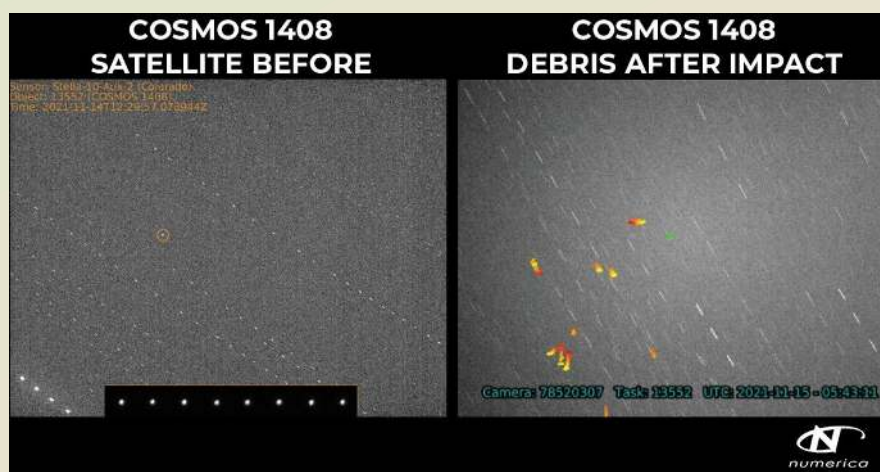
Faz-se imprescindível tecer uma análise sobre as consequências da guerra para a Geopolítica Aeroespacial. Considera-se que ela importa elementos basilares da geopolítica clássica e pode ser analisada a partir de distintos vieses, como o político, econômico, social etc.

Cabe lembrar o que foi citado anteriormente em relação ao teste de uma arma antissatélite (ASAT) russa, contra o satélite Cosmos-1408, que ocasionou a geração de uma grande quantidade de detritos espaciais, sendo comparado ao teste ASAT feito pela China em 2007, que até então era considerado aquele que mais teria produzido lixo no ambiente aeroespacial.

A Figura 4, relativa ao teste russo, é uma comparação entre a situação anterior (fotografia à esquerda) e a situação após a detonação espacial da ASAT (fotografia à direita). Depois do teste o satélite, que cumpria uma órbita circular a cerca de 485 km de altitude, desapareceu, restando em seu lugar pequenos objetos espaciais não reconhecidos pelo sistema de rastreamento orbital da NASA.

⁵ A Soyuz tem sido a principal espaçonave a suprir a Estação Espacial Internacional.

Figura 4 – Teste ASAT russo em 15 de novembro de 2021



Fonte: (CASSITA, 2021).

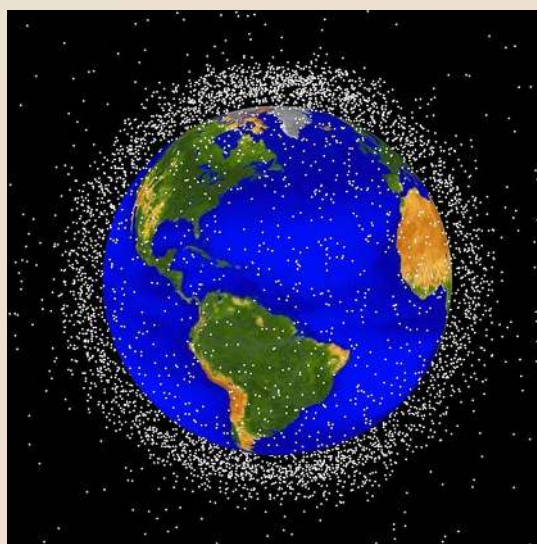
Ao analisar esse movimento russo, infere-se que, em uma possível guerra espacial, existe a probabilidade de armas antissatélites serem empregadas com o propósito de destruir satélites de todas as naturezas, tais como os da empresa *Starlink*. Essa hipótese estaria em consonância com a aplicação das capacidades militares aeroespaciais russas, como foram observadas anteriormente. A utilização de armas no espaço pode trazer consequências importantes para a geopolítica aeroespacial, como é o caso do lixo espacial.

A questão do lixo espacial não é recente. Ela teria surgido após o fim da Segunda Guerra Mundial, recrudescendo ao longo da Guerra Fria, no fenômeno conhecido como Corrida Espacial, cujo primeiro movimento foi o lançamento do satélite artificial soviético Sputnik 1, em 04 de outubro de 1957, que teve funcionalidade efêmera, logo se transformando no primeiro caso de lixo espacial, até que, em janeiro de 1958, foi consumido na reentrada da atmosfera terrestre.

Essa corrida espacial caracterizada por avanços tecnológicos não teve como um de seus objetivos o desenvolvimento sustentável do espaço. Por esse motivo, acumulam-se, desde então, grandes quantidades de lixo espacial nas órbitas terrestres, ocasionando impactos graves que podem inviabilizar a utilização dessas órbitas e gerar sérios riscos geopolíticos aos Estados e à sociedade civil em geral.

Neste artigo, entende-se por lixo espacial (também denominado *space debris*, detrito, dejetos, ou resíduo espacial) todos os objetos espaciais artificiais, fragmentados ou não, assim como seus elementos, que após o fim de suas vidas úteis permanecem vagando nas órbitas da Terra, principalmente na órbita baixa da Terra (LEO) e na órbita geoestacionária (GEO). Esses objetos espaciais são derivados de foguetes, satélites, naves espaciais e dentre outros. Até mesmo ferramentas ou outros equipamentos que se perdem durante sua utilização por astronautas no espaço podem ser considerados lixo espacial. Nesse contexto, a Figura 5 é uma representação artística da NASA, que procura demonstrar o grau de poluição das órbitas terrestres em decorrência dos detritos espaciais.

Figura 5 – Detritos Espaciais



Fonte: (NASA, 2019).

Estimativas da Agência Espacial Europeia – ESA (ESA, 2022) e da NASA (GARCIA, 2021) apontam para a existência de centenas de milhões de detritos monitorados e catalogados em suas redes de vigilância. Desses, há quantidades significativas de detritos que representam risco potencial aos satélites e estações espaciais tripuladas. Em especial, os detritos com mais de 10 cm (de 23.000 a 36.500) e aqueles entre 1 a 10 cm (de 500.000 a 1 milhão).

No caso do teste ASAT russo anteriormente referenciado, estima-se que originou mais de 1.500 detritos espaciais rastreáveis na órbita baixa da Terra e milhares de fragmentos menores não rastreáveis (PATRÍCIO, 2021). Essa questão obriga uma análise sobre o impacto geopolítico dessas ações ASAT se tornarem prática no atual conflito na Ucrânia.

O espaço é uma extensão do nosso meio ambiente terrestre, por isso torna-se necessária sua preservação, enquanto meio ambiente funcional de demandas tecnológicas que se tornaram imprescindíveis para a humanidade. Assim, os impactos causados pelos detritos espaciais podem ser analisados a partir de questões geopolíticas associadas às seguintes variáveis: a) ambiental; b) social; c) política; e d) econômica.

No que diz respeito aos impactos ambientais, eles ocorrem tanto no meio ambiente sideral quanto no meio terrestre. Entende-se que a permanência do lixo espacial nas próprias órbitas, principalmente nas LEO e nas GEO, já se caracteriza como alteração desse meio, haja vista que a fragmentação sucessiva dos detritos, devido à síndrome de Kessler⁶, resultaria em um efeito dominó de colisões tanto entre si quanto com satélites ativos ou até mesmo com outros objetos espaciais e pessoas, poluindo o ecossistema espacial.

Com a possibilidade de ameaça à continuidade das operações espaciais, os objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pelas Organizações das Nações Unidas (ONU) para os Estados partícipes da *Space2030 Agenda*⁷ não seriam cumpridos, afetando significativamente as relações internacionais quanto à cooperação para a proteção do meio ambiente espacial. Agravando esse quadro, haveria a possibilidade de violação do artigo 9º do Tratado do Espaço Exterior de 1967, que estende aos estados-signatários a responsabilidade de “exploração [espacial] de maneira a evitar os efeitos prejudiciais de sua contaminação” (UNOOSA, 2017, p. 6).

6 A Síndrome ou Efeito de Kessler trata da colisão sucessiva de detritos espaciais com satélites gerando novos detritos em um efeito cascata (KESSLER e COUR-PALAIS, 1978).

7 A Agenda *Space2030* foi criada por meio da Resolução 73/6, de 31 de outubro de 2018, e possui objetivos estratégicos sobre o desenvolvimento do espaço que alinham a política espacial internacional com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) dispostos na Agenda 2030.

Além do mais, o lixo que polui o espaço também tem potencial de poluir o meio ambiente terrestre. Fragmentos de objetos espaciais que retornam à atmosfera terrestre, quando possível, são direcionados para caírem no Oceano Pacífico, na conhecida “Área Desabitada do Pacífico Sul” ou “Ponto Nemo”, onde se encontra um cemitério espacial. Já existem debates sobre a degradação do ambiente marinho da região, o que retoma debates clássicos da geopolítica ambientalista (Ó TUATHAIL, DALBY e ROUTLEDGE, 2003).

Em relação aos impactos sociais, nota-se a crescente exploração comercial do espaço, no fenômeno conhecido como *New Space*. Empresas privadas como a *Blue Origin*, a *Space X* ou a *Virgin Galactic* têm fornecido produtos e serviços a Estados e a consumidores comuns. Tanto no âmbito da construção de foguetes e satélites (por exemplo, no caso do *Starlink* que foi citado acima) como no turismo espacial, a realidade do espaço exterior como ambiente de exploração de oportunidades comerciais já é presente.

O lixo espacial, portanto, catalisa riscos sociais consideráveis. Colisões de resíduos espaciais com naves espaciais que tenham turistas a bordo poderão ocasionar graves acidentes, com grande probabilidade catastrófica. Além disso, é alta a chance da nuvem de detritos espaciais oriunda de testes ASAT atingir estações espaciais tripuladas, como a Estação Espacial Internacional (ISS) ou a Tiangong (estação espacial chinesa), colocando em perigo a vida dos astronautas, cosmonautas e taikonautas que estejam a tripular essas estações. Caso não haja a possibilidade de reposicionamento da estação para uma órbita segura, o risco de perda de vidas é substancial (PATRÍCIO, 2021).

No que tange aos impactos políticos, há reflexos no âmbito da cooperação internacional sobre a exploração e uso do espaço para fins pacíficos, conforme previsão no artigo 3º do Tratado do Espaço Exterior de 1967 (UNOOSA, 2017). Entende-se que as atividades espaciais devem se pautar no Direito Internacional, visando a manutenção da paz, a segurança internacional e a promoção da cooperação. O teste ASAT russo, e a possibilidade de ações mais contundentes no contexto da atual guerra na Ucrânia, incorreriam em ameaça direta a todas as nações, contrariando o

referido tratado, visto que poderiam impactar a soberania, a integridade territorial, a segurança e defesa nacionais.

Corroborando esse entendimento, a existência dos detritos espaciais decorrentes desse teste vai de encontro com o princípio da cooperação internacional expresso no artigo 9º do Tratado do Espaço Exterior (UNOOSA, 2017). No mesmo Tratado, também seria importante recordar o que prevê o artigo 4º:

Os Estados Partes do Tratado se comprometem a não colocar em órbita ao redor da Terra quaisquer objetos que carreguem armas nucleares ou qualquer outro tipo de armas de destruição em massa, não instalar tais armas em corpos celestes ou colocar tais armas no espaço sideral de qualquer outra maneira. A Lua e outros corpos celestes serão utilizados por todos os Estados Partes no Tratado exclusivamente para fins pacíficos. Serão proibidos o estabelecimento de bases militares, instalações e fortificações, teste de qualquer tipo de armamento e a realização de manobras militares sobre corpos celestes (UNOOSA, 2017, p. 5, tradução nossa).

Nesse artigo 4º, o que estão patentes são as ideias de desmilitarização e *desarmamentização* do espaço exterior⁸. Nesse sentido, o que se propõe é um entendimento jurisprudencial de interpretação extensiva do artigo para todo o meio ambiente espacial como uma unidade, pois a Lua e os demais Corpos Celestes estão contidos nesse meio. Assim, se estabelece, como compreensão pactuada, a restrição de testes ASAT com efeitos de geração de fragmentos que contribuam para a geração de detritos espaciais. Há de se considerar que a fragmentação é um efeito cumulativo, exponencialmente crescente, com a possibilidade de inviabilizar o uso funcional e social das órbitas baixas, assim como existe a possibilidade de tal situação ser considerada como um novo tipo de arma de destruição em massa do meio ambiente espacial.

Essa consideração tem relação direta com os impactos econômicos, que consistem na acessibilidade do espaço para colocação de satélites em órbita que são necessários para atividades cotidianas, como os de telecomunicação, os de previsão meteorológica, os de sensoriamento remoto, dentre outros. A

⁸ A militarização é a aposição de satélites e espaçonaves com finalidades militares. A armamentização é a aposição de armas no espaço exterior. São fenômenos distintos, pois implicam em diferenciadas resultantes de capacidades. Por exemplo, um satélite de sensoriamento remoto militar se caracteriza no escopo da militarização. Caso um satélite tenha condições de agir fisicamente sobre outro satélite, danificando-o, estaria caracterizado um exemplo de armamentização.

imensa concentração de detritos espaciais nas LEO e GEO, onde os satélites são posicionados, gera alta probabilidade de colisões dos resíduos com os satélites, podendo induzir prejuízos econômicos significativos devido à interrupção dos serviços provisionados pelos satélites.

Em consequência desse movimento, o espaço geográfico espaço exterior surge como um novo campo geopolítico, a se processarem políticas públicas na direção dessa exploração comercial. Essa geoeconomia espacial transforma o espaço exterior em ativo estratégico, compreendido com um recurso (natural) de grande valor potencial. Jacek Bartosiak (2020, p. 12) considera as “órbitas baixas da Terra pontos pivô da atualidade, um novo *rimland* no nosso sistema solar”.

Os impactos geopolíticos na variável econômica podem ser mais bem compreendidos quando observamos o volume de negócios do setor espacial. Em 2019, a indústria espacial gerou US\$ 366 bilhões de receita. Somente em serviços relacionados à satélites, a receita foi de US\$ 271 bilhões (SIA, 2020).

Diante do exposto, a questão dos detritos espaciais merece total atenção da comunidade internacional. Apesar de ainda pouco explorado na mídia e nas análises acadêmicas, a eventualidade de ações cinético-físicas por parte da Rússia no contexto da guerra de 2022, ou em quaisquer outros conflitos presentes ou vindouros, poderá gerar implicações sérias para as gerações presentes e futuras.

Conclusão

O conflito entre a Rússia e a Ucrânia, no encerramento desse artigo, progride sem um fim claro à vista. As perdas materiais e, principalmente, o desperdício de vidas humanas irrecuperáveis sinalizam que o evento é mais uma tragédia no início do século XXI. Momento que é marcado pelo esmaecimento aparente da pandemia do SARS-COVID, que ceifou tantas vidas.

O fim do século passado e o princípio deste século também se caracterizaram por importantes conquistas humanas no campo das atividades espaciais. A crescente participação de empresas privadas no setor espacial

dinamizou atividades; a exploração de Marte trouxe novos patamares para a exploração espacial; os movimentos de pesquisa na Lua, inclusive no seu lado oculto, trouxeram a possibilidade da descoberta de água em nosso satélite natural; o que despertou programas como o Artemis, da NASA, visando levar o homem, e a primeira mulher, novamente à Lua; inserção e consolidação de novos atores nas atividades espaciais, como a China, o Japão, a ESA e a Índia.

Diante do exposto, o domínio espacial foi trazido para o centro das discussões no debate internacional, especialmente as questões geopolíticas que agregam condicionantes políticas, jurídicas, ambientais, econômicas, tecnológicas e militares, compreendendo a chamada geopolítica aeroespacial.

Buscando contribuir com essa discussão, o artigo analisou o potencial risco ao ambiente aeroespacial que o atual conflito poderia ocasionar, objetivando introduzir no debate acadêmico nacional o tema. Trata-se de uma interpretação da guerra espacial no conflito russo-ucraniano e seus impactos na geopolítica aeroespacial, dando particular atenção à questão do lixo espacial.

Metodologicamente, o artigo compreendeu uma discussão teórica sobre guerra espacial; o levantamento de evidências quanto às capacidades russas e fatos da guerra relacionados à guerra espacial; e reflexões sobre o impacto dessa guerra no ecossistema espacial, mormente na questão da geração de detritos por meio da eventualidade de emprego de armas antissatélites.

No primeiro segmento do artigo, sintetizaram-se as possíveis motivações da guerra, principalmente à luz de movimentos geopolíticos da Rússia. Posteriormente, o artigo definiu os principais tipos de ação que seriam conduzidos em uma guerra espacial, enfocando basicamente ações de natureza destrutiva e ações incapacitantes dos sistemas espaciais. O artigo apresentou algumas capacidades russas para executar essa guerra no espaço. Na quarta parte, o texto evidenciou as ações que estariam sendo conduzidas por ambos os contendores, expressas na forma de fatos que puderam ser coletados nas fontes disponíveis. Por fim, o artigo levantou algumas implicações geopolíticas da guerra no caso do uso de armas antissatélites e a

geração de lixo espacial, analisando variáveis ambientais, sociais; políticas e econômicas.

Reforça-se que há dificuldades de acesso às informações, em face das características do conflito. Em consequência, surgem limitações na qualidade dos dados disponíveis, apesar de considerável quantidade.

O artigo aponta para a possibilidade hipotética de o conflito estender as ações da guerra espacial à utilização de armas antissatélite, com a consequente geração de lixo espacial, que traria impactos a serem considerados na geopolítica aeroespacial.

Foi identificado que a capacidade russa em relação aos equipamentos disponíveis a serem utilizados numa possível guerra espacial é viável e potencialmente destrutiva, em especial as armas cinéticas de impacto físico que, se direcionadas aos satélites de telecomunicação da empresa *Starlink*, por exemplo, poderiam resultar detritos espaciais, contribuindo ainda mais para o aumento desses objetos espaciais nas órbitas terrestres e a inviabilidade do uso do espaço.

O teste ASAT conduzido pela Rússia em 2021 teria gerado grande número de fragmentos de lixo espacial. A partir desse exemplo, e na eventualidade de ações como essa escalarem no conflito, ou em outras guerras, há que se considerar impactos significativos de natureza ambiental, social, política e econômica para o meio ambiente espacial, dentre outros, aqueles que o artigo apontou.

Finaliza-se com uma frase marcante de um pensador norte-americano chamado Everett Dolman, que tem debatido as questões geopolíticas e de segurança espacial. Esse autor acredita que “a militarização e a armamentização do espaço são fatos históricos e processos em curso” (DOLMAN, 2002). A guerra entre a Rússia e a Ucrânia dá fortes indícios dessa afirmação, o que torna tão importante a discussão da guerra espacial.

REFERÊNCIAS

- ALBON, C. US Space officials expect Russia, Ukraine conflict to extent into space. **C4ISRNet**, 2022. Disponível em: <<https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2022/02/24/us-space-officials-expect-russia-ukraine-conflict-to-extend-into-space/>>. Acesso em: 05 maio 2022.
- ATANESYAN, G.; KOZLOV, P. "O objetivo da Rússia é o prestígio e o reconhecimento do Ocidente." O que explica o aumento da atividade diplomática de Putin. **BBC**, 2022. Disponível em: <<https://www.bbc.com/russian/features-60260344> >. Acesso em: 09 maio 2022.
- BARTOSIAK, J. Topography in Outer Space. **Geopolitical Futures**, p. 1-12, June 2020. Disponível em: <<https://geopoliticalfutures.com/topography-in-outer-space/>>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- BORYS, C. The day a mysterious cyber-attack crippled Ukraine. **BBC**, 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/future/article/20170704-the-day-a-mysterious-cyber-attack-crippled-ukraine>>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- BOWEN, A. S. **Russian Cyber Units**. Washington: Congressional Research Service (CRS), 2022. Disponível em: <<https://crsreports.congress.gov/>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- BOWEN, B. E. **War in Space: Strategy, Spacepower, Geopolitics**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2020.
- BUCHHOLZ, K. How NATO Expanded Eastwards. **Statista**, 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/chart/26674/european-countries-by-year-of-joining-nato/> >. Acesso em: 17 mar. 2022.
- BUTT, A. R. Role of space capabilities in the Russia-Ukraine War. **Center for Aerospace & Security Studies – CASS**, 2022. Disponível em: <<https://casstt.com/post/role-of-space-capabilities-in-the-russia-ukraine-war/61803/05/22>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- BYMAN, D. L.; WAXMAN, M. C.; LARSON, E. **Air Power as a coercive instrument**. Washington: RAND, 1999.
- CASSITA, Danielle. Fotos mostram fragmentos do satélite destruído pela Rússia, que ameaçam a ISS. **Canaltech**, Espaço, 17 nov. 2021. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/espaco/fotos-mostram-fragmentos-do-satelite-destruido-pela-russia-que-ameacam-a-iss-201965/>>. Acesso em: 16 maio 2022.
- CLAUSEWITZ, C. V. **On War**. Tradução de Michael Howard e Peter Paret. Princeton: Princeton University Press, 1984.
- DEFENSE INTELLIGENCE AGENCY. **2022 Challenges to security in space: space reliance in a era of competition and expansion**. Washington: Defense Intelligence Agency, 2022.
- DINIZ, E. Análise preliminar da Campanha da Ucrânia de 2022. **Diplomatizzando**, 2022. Disponível em: <<https://diplomatizzando.blogspot.com/2022/04/prof.html> >. Acesso em: 2022 abr. 22.
- DOLMAN, E. C. **Astropolitik. Classical Geopolitics in the Space Age**. London, Portland : Frank Cass, 2002.
- EUSST. EU SST confirms the fragmentation of space object COSMOS 1408. **European Union Space Surveillance and Tracking**, 2021. Disponível em: <<https://www.eusst.eu/newsroom/eu-sst-confirms-fragmentation-cosmos-1408/> >. Acesso em: 18 mar. 2022.
- GARCIA, Mark. Space debris and human spacecraft. **NASA**, Estação Espacial, 26 maio 2021. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html>. Acesso em: 16 maio 2022.

- HAMILTON, T. The Uncertain Fates of Satellites in the Russia-Ukraine War. **American Security Project – ASP**, 2022. Disponível em: <<https://www.americansecurityproject.org/the-uncertain-fates-of-satellites-in-the-russia-ukraine-war/>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- HARRISON, T.; JOHNSON, K.; YOUNG, M. **Defense Against the Dark Arts in Space**: Protecting Space Systems from Counterspace Weapons. Lanham, Boulder, New York, London: Center for Strategic & International Studies, 2021.
- HAWKEYE360. Hawkeye 360 Signal Detection Reveals Gps Interference In Ukraine. **HawkEye360**, 2022. Disponível em: <<https://www.he360.com/hawkeye-360-signal-detection-reveals-gps-interference-in-ukraine/>>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- HENDRICKX, B. Peresvet: a Russian mobile laser system to dazzle enemy satellites. **The Space Review**, 2020. Disponível em: <<https://www.thespacereview.com/article/3967/1>>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- HILBORNE, M. Ukraine war: how it could play out in space – with potentially dangerous consequences. **The Conversation**, 2022. Disponível em: <<https://theconversation.com/ukraine-war-how-it-could-play-out-in-space-with-potentially-dangerous-consequences-178557>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- KESSLER, D. J.; COUR-PALAIS, B. G. Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. *Journal of Geophysical Research*, 1978, 83(A6), 2637. doi:10.1029/ja083ia06p02637
- KLEIN, J. J. **Space Warfare**: Strategy, principles and policy. London, New York: Routledge, 2006.
- MILITARY WATCH MAGAZINE. Russia's A-60 Airborne Laser Laboratory Equipped for Satellite Hunting. **Military Watch**, 2018. Disponível em: <<https://militarywatchmagazine.com/article/russia-s-a-60-airborne-laser-laboratory-equipped-for-satellite-hunting>>. Acesso em: 10 maio 2022.
- MULDER, C. P. Russia's space weapons may be the next frontier in the Ukraine conflict. **Atlantic Council**, 2022. Disponível em: <<https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/russias-space-weapons-may-be-the-next-frontier-in-the-ukraine-conflict/>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- NASA. Photo Gallery. **Nasa**, Graphics, 1 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photo-gallery/>>. Acesso em: 16 maio 2022.
- Ó TUATHAIL, G.; DALBY, S.; ROUTLEDGE, P. (Eds.). **The Geopolitics Reader**. London, New York: Routledge, 2003.
- PATRÍCIO, Nuno. Fragmentos de satélite russo destruído podem causar ondas de inativação em satélites operacionais. **RTP Notícias**, Mundo, 17 nov. 2021. Disponível em: <https://www.rtp.pt/noticias/mundo/fragmentos-de-satelite-russo-destruido-podem-causar-ondas-de-inativacao-em-satelites-operacionais_n1363611>. Acesso em: 16 maio 2022.
- RANJAN, R. Russia announces space war on Elon Musk's Starlink satélites, accepts Moskva was attacked. **Republicworld.com**, 2022. Disponível em: <<https://www.republicworld.com/world-news/russia-ukraine-crisis/russia-announces-space-war-on-elon-musks-starlink-satellites-ac>>. Acesso em: 03 maio 2022.
- REUTERS. What you need to know about Finland's and Sweden's path to NATO membership. **CNN**, 2022. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2022/05/03/europe/finland-sweden-path-nato-membership-intl/index.html>> 09/05/2022. Acesso em: 09 maio 2022.
- ROSA, C. E. V. **Geopolítica Aeroespacial**. Natal: UFRN, 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- SIA. **2020 State of the Satellite Industry Report**: Two Page Summary. Washington: Satellite Industry Association, 2020. Disponível em:

<<https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>>. Acesso em: 2020 out. 06. 2019 Top-Level Global Satellite Industry Findings.

STATISTA. Comparison of air forces of Russia and Ukraine by type in 2022. **Statista**, 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1293414/airpower-of-russia-and-ukraine-in-comparison/> 19/03/2022>. Acesso em: 19 mar. 2022.

TESLOVA, E. Russia claims it struck space-rocket plant in Ukraine's capital Kyiv. **Anadolu Agency**, 2022. Disponível em: <<https://www.aa.com.tr/en/russia-ukraine-war/russia-claims-it-struck-space-rocket-plant-in-ukraine-s-capital-kyiv/2576405>>. Acesso em: 03 maio 2022.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY. Space Debris by the numbers. **ESA**, Segurança, 04 abril 2022. Disponível em: <https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers>. Acesso em: 23 abr. 2022.

UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS. **International Space Law: United Nations Instruments**. New York: United Nations Office, 2017.

WALL, M. Russian space chief Dmitry Rogozin apparently threatens Elon Musk. **Space.com**, 2022. Disponível em: <<https://www.space.com/russian-space-chief-rogozin-threatens-elon-musk> >. Acesso em: 10 maio 2022.

WATSON, E.; MARTIN, D. Intelligence provided by the U.S. helped Ukrainians sink Russian ship Moskva. **CBS News**, 2022. Disponível em: <<https://www.cbsnews.com/news/moskva-ship-sink-russia-ukraine-us-intelligence/>>. Acesso em: 10 maio 2022.

WEEDEN, B.; SAMSON, V. **Global Counterspace Capabilities**. Washington: Secure World Foundation, 2021.

Submissão em 25.05.2022.

Publicação em 30.07.2022.