

Conscientização persistente da situação espacial para os Guardiões dessa Alta Fronteira

DOUTORA ROBERTA EWART, Força Aérea EUA

Uma vigilância é mantida a cada momento de cada dia, ano após ano... O mundo é um lugar mais seguro por causa dos satélites. Por causa de uma vigilância constante, os dois lados sabem o número, a localização e o status das armas do outro. E ambos os lados sabem que ambos os lados sabem. Novas ameaças podem ser identificadas e combatidas. Uma nação pode agir a partir do conhecimento e não do medo e da ignorância. Surpresa e blefe não são mais táticas úteis. Dessa maneira, os satélites militares representam uma influência estabilizadora - atuando como guardiões de qualquer que seja a paz existente no mundo.

Curtis Peebles

Guardiões: Satélites de Reconhecimento Estratégico

Os EUA têm discutido o poder espacial, a guerra espacial, ou uma combinação desses conceitos por quase 60 anos, desde aproximadamente 1958. Nenhum material recente (de 2015 até o presente) a respeito da Visão da Empresa Espacial (SEV), promulgado pelo Comando Espacial da Força Aérea (AFSPC) ou pela comunidade de controle de espaço *at-large*, é novo. Em 1994, um relatório foi entregue ao Gabinete do Secretário da Direção da Força Aérea para Programas Espaciais, intitulado *A Ameaça Emergente e a Necessidade Futura de Controle Espacial*, que estranhamente se assemelha aos documentos que estão sendo entregues e discutidos hoje.¹ Assim, para que o discurso tome um caminho ligeiramente diferente, é interessante fazer essa pergunta do ponto de vista de um tecnólogo: o que a nação deve fazer para se preparar melhor tecnologicamente a fim de deter a ação agressiva no espaço/ciberespaço e, se necessário, prevalecer caso a dissuasão venha a falhar?

Até o momento, as principais abordagens de investimento em tecnologia pervasiva têm sido subutilizadas, enquanto poderiam concentrar a discussão e a execução de iniciativas para remediar as deficiências espaciais militares e proporcionar uma solução eficiente e eficaz a longo prazo. Essa abordagem deveria ser discutida abertamente como base para a estabilidade baseada na teoria da dissuasão comportamental. Não é apenas para o benefício do público que esta abordagem mais aberta deve ser considerada, mas porque dentro do governo não será possível planejar uma sobreposição de segurança capaz de trazer a amplitude de uma mudança integrada. As iniciativas do SEV precisam ser planejadas de uma forma mais aberta para que o pessoal de aquisição e de operações possa contribuir para a solução total.

As ideias a seguir, derivadas da política e orientação existentes, são propostas para uma base inicial de valores comuns e visam criar uma abordagem de discussão aberta. As ideias apresentadas não são mutuamente exclusivas e provavelmente não são completamente abrangentes:

1. Buscar tecnologias para manter e aumentar as vantagens de segurança nacional dos EUA viabilizadas pelas forças armadas de espaço.
2. Permitir que os sistemas espaciais militares previnam a ação dos adversários e prevaleçam se a dissuasão falhar.
3. Apoiar uma empresa espacial militar mais confiável, disponível, sustentável e que possa sobreviver.
4. Energizar a base industrial espacial que apoia a segurança nacional dos EUA.
5. Manter o enfoque no espaço e na inovação tecnológica e facilitar sua transição para programas espaciais militares já aprovados.

De uma perspectiva histórica, mas sem ir muito fundo ao passado, em 1995 o Conselho Consultivo Científico da USAF completou um estudo - *Vistas do Novo Mundo: Poder Aéreo e Espacial para o Século XXI*,² que definiu condições similares, visão de futuro, conclusões e recomendações que a comunidade espacial militar tem revisitado hoje. Os tecnólogos - nesse caso, o Conselho Consultivo de Ciências (Science Advisory Board, SAB) - forneceram a estrutura para modificar a política, a doutrina e a orientação, o que virá a permitir organizar, treinar e equipar aplicações para o futuro ambiente espacial militar. Ao formularem essa estrutura, os tecnólogos da SAB aderiram à ideia de “apoiar-se sobre ombros de gigantes”. A ideia é aplicar à situação atual as respostas alcançadas e lições aprendidas por aqueles que nos antecederam. A comunidade espacial militar precisa fazer a mesma coisa 23 anos depois, isto é, ficar de pé nos ombros dos seus gigantes e não continuar reinventando o que já foi criado. Assim todos podem avançar mais rapidamente, com ênfase na busca dos componentes de tecnologia para o SEV. As ideias fundamentais, com conexões à situação atual, são resumidas da seguinte forma:

Fontes e transmissões baseadas no espaço são cruciais para a “informação” na guerra baseada em informações, de modo que as Forças dos EUA possam reagir a mudanças nos ambientes operacionais e ameaças em evolução. Uma enorme massa de dados é disponibilizada pelos sistemas de sensores e outras fontes e esses dados precisam ser processados em informações úteis para o combatente.

—Vistas do Novo Mundo: Poder Aéreo e Espacial para o Século XXI
Departamento do Conselho Consultivo Científico da Força Aérea

Atualmente, o valor militar de um sistema espacial é derivado de sua contribuição para o domínio da informação na luta terrestre. Não há nada que tenha valor militar inerente para “ser tomado” no espaço. Não há “terreno”. Atualmente, não existem recursos (pessoas, matéria-prima ou tesouro) a serem tomados em conflito com outras nações. O valor está na posição espacial que o sistema baseado no espaço fornece em relação ao domínio da informação para o exercício do domínio terrestre.

Uma predição esmagadoramente correta no estudo *Vistas do Novo Mundo* de 1995, aplicável a essa discussão, era de que a tecnologia seria dispersa de forma mais ampla e igualitária e que vasta quantidade de informações disponíveis comercialmente mudariam a dinâmica da equação de domínio da informação. A difusão da tecnologia e o acesso ao espaço que vem ocorrendo em todo o mundo perturba a posição anterior de supremacia dos EUA. Já foi suficientemente desconcertante que a terceira estratégia de compensação (*third offset*) fosse solicitada para recuperar e “manter a superioridade contra qualquer adversário em potencial.”³

Infelizmente, a terceira estratégia não foi completamente demonstrada, por isso não é possível vincular diretamente esse conceito à evolução da doutrina / política / orientação espacial militar. No entanto, a terceira estratégia aponta claramente o desejo de encontrar uma base tecnológica suficiente para suportar o peso da visão empresarial.

Assim, mesmo sem uma política totalmente formada no nível da terceira estratégia de compensação, os planejadores espaciais militares podem proceder da seguinte maneira e começar a conceber uma posição de dissuasão. Do ponto de vista de um tecnólogo, atualmente existem suficientes tecnologias disponíveis para converter a empresa espacial em empresa espacial de combate, desde que a meta seja o domínio da informação. Se a comunidade puder momentaneamente deixar de lado o domínio cinético e de energia direta no espaço militar, os EUA podem avançar em um caminho de estratégias de dissuasão com o apoio do desenvolvimento de sistemas mais abertos com um grupo maior de tecnólogos da informação. Isso trará uma maior diversidade de ideias e permitirá que o custo do empreendimento diminua drasticamente. É bem sabido que o desenvolvimento e a aquisição de sistemas classificados tem alto custo e restringe o número de pessoas disponíveis que podem oferecer soluções tecnológicas. Normalmente, as soluções concebidas em uma esfera altamente sigilosa não são aquelas de vanguarda, pois estas residem em universidades e pequenas empresas cujo pessoal geralmente não tem autorização de acesso a informações sigilosas do governo dos EUA e não gostariam de restrições impostas ao seu trabalho para obter esse acesso. Assim, o núcleo da nova ideia é possibilitar a criação de múltiplas parcerias custo-efetivas,

aproximando o escopo inicial do SEV ao apoio do domínio da informação e usando esse domínio em função de dissuasão, que seria melhor concebida de uma maneira aberta. Finalmente o que é necessário é um processo de definição de requisitos vinculado a um processo de engenharia de “sistema de sistema” que permita que a tecnologia seja acoplada a conjuntos apropriados de habilidades de combate para que se tire vantagem dessa tecnologia.

O conjunto de habilidades de combate é baseado em princípios de guerra. Aplicando os “*Princípios da Guerra*”, as versões associadas ao *On War (Sobre a Guerra)* de Carl von Clausewitz e *The Art of War (A Arte da Guerra)* de Sun Tzu, ao domínio da informação, chegamos a duas abordagens. A⁴ primeira é usar a abordagem de Sun Tzu para evitar a guerra por meio de um uso superior da informação antes de entrar em combate. Este é o caso em que o persistente conhecimento da situação espacial e a caracterização suficiente da ação no espaço, são particularmente valiosas para qualificar as partes agindo no espaço. Uma vez que o conflito tenha começado, a segunda abordagem de aplicar os princípios descritos por Clausewitz torna-se mais apropriada.⁵ Um subconjunto desses princípios inclui surpresa, manobra, concentração de força, objetivo singular e névoa de guerra. A concepção da infra-estrutura espacial aderindo a esses princípios para apoiar o domínio da informação é a principal contribuição para o SEV. Usando cada um dos princípios citados anteriormente, é possível chegar ao início de um processo de geração de requisitos dentro da orientação e com as restrições da política. Por exemplo, a surpresa é evitada se os sistemas baseados no espaço puderem coletar mais e melhores informações do que os sistemas do adversário. Isso parece trivial, mas os requisitos de informação de percepção da situação espacial (SSA) devem ser divididos em aspectos volumétricos das várias órbitas e ângulos de aspecto sob iluminação, a pontualidade dos relatórios, a posição precisa e o tempo preciso para correlacionar vários tipos de informações para o processo de atribuição do SSA. Isso não é trivial na análise nem no projeto de um sistema SSA contínuo.

Presumindo que a maioria concorda que o domínio da informação é a meta inicial apropriada para o SEV, o próximo passo é elaborar os objetivos para alcançar a estratégia de dissuasão. Existem várias formas de estratégia de dissuasão, e uma delas é impedir a ação tornando o ator ciente de que suas ações e possivelmente suas intenções foram descobertas. Em outras palavras, não existe surpresa em suas ações e a “névoa de guerra” não é aplicável na ocorrência específica que ele procura. Aqueles treinados em Sun Tzu concordarão que uma vez que o adversário esteja ciente da ação que está sendo planejada, é insensato continuar a ação e arriscar recursos valiosos. Será melhor procurar condições mais favoráveis em um momento posterior. Assim, a estratégia é fazer com que o adversário seja dissuadido de agir e, em vez disso, apresentar outro caminho para atingir alguns de seus

objetivos em uma sequência contínua de etapas de gratificação adiada. Essa abordagem funciona bem com a dissuasão por negação, que é quando a dissuasão visa a assegurar que o adversário saiba que será negado o objetivo de sua ação.

Uma teoria de dissuasão é que, ao ser mostrada a capacidade dos sistemas que coletam as informações, como os sistemas SSA, não ficam dúvidas na mente do adversário de que eles são conhecidos e suas ações são caracterizadas. A outra vantagem de abrir as camadas de classificação de segurança para o SSA é que mais dos seus sistemas podem ser adquiridos em canais apenas de uso oficial. Isso reduz o custo da segurança e aumenta a concorrência na indústria crescendo o número de fornecedores do sistema. Grande parte da SSA “sinótica” precisa ser de sistemas abertos e não confidenciais, tais como o *SPACE Fence*, o Sistema Eletro-Óptico de Vigilância Espacial Profunda com base terrestre e, mais recentemente, o Programa Geo SSA (GSSAP). O GSSAP, antes velado, foi revelado ao público pelo comandante do AFSPC, o que ajudou tanto as equipes da SSA dos EUA quanto os parceiros aliados, internacionais e comerciais a melhorar sua eficiência na colaboração. É provavelmente mais rentável manter aberto o conhecimento dos sistemas sinóticos que podem, de maneira oportuna, dar sugestões a outros sistemas mais capazes e mais sigilosos. Apenas alguns sistemas de caracterização SSA de alta fidelidade e requintados acabariam sendo necessários para respostas altamente personalizadas para a preservação do espaço, não apenas para os EUA, mas, em última instância, para o espaço comum. No processo, as eficiências de custo dos sistemas SSA sinóticos poderiam reduzir o custo e o risco dos sistemas SSA requintados de alta fidelidade. O objetivo principal é obter e manter os mais altos níveis de domínio da informação a um “preço acessível” e, para isso, é crucial ter SSA a um “preço acessível”. É hora de pensar nesse sentido.

Nenhuma nação atualmente tem observação do espaço ao redor da Terra 100% contínua. A utilidade militar espacial mais fundamental é fornecer a capacidade de rastrear constantemente objetos em órbita com ênfase em espaçonaves maiores, ativas em movimento. Esta informação é o primeiro passo crítico em qualquer processo operacional, tático ou estratégico. É necessário realizar essa tarefa de observação por vários motivos. Uma é que, conhecendo a localização dos objetos no espaço, muitas outras atividades são possíveis a um custo acessível. Para a comunidade espacial de segurança nacional, isso inclui proteger operações e recursos espaciais (militares, civis e comerciais), apoiando a capacidade subjacente de verificar tratados e acordos internacionais e continuar a tradição de melhorar as operações militares globais terrestres e a liberdade de movimento no mundo.

Hoje, os satélites são rastreados por intervalos de tempo e por isso um conjunto de sistemas SSA precisa readquirir e re-rastrear objetos de forma intermitente. Nos intervalos entre as observações, os objetos podem mudar suas órbitas, outros

objetos podem ser implantados ou obtruídos e novos satélites poderiam ser colocados em órbita. Existem benefícios, tanto de uma perspectiva de eficiência quanto de caracterização, no contínuo rastreamento de um objeto, em vez de rastrear, largar e readquirir o objeto. A eficiência está em não ter que recalcular, verificar e readquirir o objeto constantemente quando a cadeia de vigilância é quebrada. Manter o objeto sob vigilância constantemente reduz o custo de computação adicional, comparação e reavaliação da identidade dos objetos de seu comportamento rastreado e elimina os erros que podem ocorrer durante esse processo. O segundo benefício é que, uma vez adquirido e persistentemente rastreado, qualquer comportamento do objeto começa a indicar “seu padrão de vida”, levando a uma melhor compreensão da intenção do movimento ou ação do objeto. Portanto, é mais eficiente do ponto de vista de recursos e fornece uma melhor caracterização do comportamento quando o objeto é mantido em vigilância contínua.

Existem inúmeras maneiras de rastreamento contínuo de satélites, com projetos que usam sensores ativos ou passivos e sensores que empregam diferentes fenomenologias em todo o espectro de energia. A estratégia adotada aqui é colocar um sensor passivo longe da Terra, o suficiente para que todo o volume da órbita terrestre baixa (Low earth orbit - LEO) e um pouco além das órbitas geossíncronas (GEO) estejam continuamente visíveis. Esta técnica de “*stand-off*” tem sido utilizada com eficácia em muitos projetos e aplicações militares, e em todos os casos impulsiona a uma maior distância o estado da arte e o estado de prática do engenheiro para obter o desempenho necessário.

A característica adicional de colocar o sensor longe da Terra é que ele exigirá grande quantidade de energia ao longo do tempo, “força” para entrar nessa posição distante.⁶ Devido à grande “força” exigida, é mais difícil para qualquer adversário alcançar o sistema ou alcançá-lo em um período de tempo razoável para ser militarmente relevante, e qualquer movimento nesse sentido sinaliza diretamente a intenção do adversário, já que não há outro motivo conhecido para qualquer sistema estar no local a essa grande distância. Assim, um sensor com essa capacidade a uma distância que é claramente um impedimento é a base de todas as funções de dissuasão de qualquer política espacial. Várias opções para efetuar essa visão são formuladas abaixo.⁷ O método escolhido para ver constantemente qualquer satélite é aumentar a distância do observador para o satélite, de modo que sua órbita esteja constantemente visível. A Opção 1 precisa de dois satélites em uma órbita polar alta elíptica (HEO). A opção 2 coloca um satélite em órbita em torno do ponto Lagrange L1. Várias missões científicas foram ou serão conduzidas a partir de versões desta órbita. A Opção 3 coloca um satélite em uma órbita *pole-sitter*. De um observador no chão, a órbita *pole-sitter* faz um halo sobre os pólos norte ou sul. Para manter esta órbita é necessário um empuxo quase contínuo.⁸

A tabela abaixo compara essas três opções com relação à porcentagem de tipos de órbita constantemente visíveis e a ação adversária necessária para se encontrar com o satélite. A opção *pole-sitter* oferece a melhor vigilância contínua de satélites em órbitas GEO, órbita terrestre média (MEO) e HEO. Nenhuma das opções pode observar constantemente todos os possíveis satélites em LEO devido ao obscurecimento planetário. A opção *pole-sitter* tem a melhor resiliência, necessitando cerca de 400 vezes mais “força” para ser alcançada do que a “força” necessária para chegar ao GEO. Com os meios atuais, levaria 81 dias para se alcançar a opção polar.

Tabela. Opções em comparação com a continuidade da cobertura de órbita e força para atacar

Opção	12-dias HEO	L1 Localização	Órbita Polar
Porcentagem da órbita constantemente visível:			
GEO	100%	90%	100%
MEO	88%	88%	100%
HEO	80%	85%	96%
LEO	Polar: 29% Equatorial 100%	29%	Polar: 29% Equatorial 100%
Força necessária aos satélites (joules-seconds/kg)	2,6 106	2,1 108	4,4 108
Múltiplos da força para alcançar GEO	~ 2 a 3	~200	~400
Energia adicional para alcançar órbita (megajoules/kg)	61,7	62,4	63,5
Mínimo tempo de energia (dias) para alcançar órbita	0,5	38	81

Nota: A opção polar oferece a melhor cobertura contínua de tipos de órbita e a maior resiliência a ações adversárias.

É por causa dessas vantagens que a opção *pole-sitter* foi escolhida como o sistema para alcançar o objetivo de 100% de Conhecimento da Situação Espacial persistente que sustenta a dissuasão. E se a dissuasão falhar, esse sistema dará a vantagem estratégica, operacional e tática necessária para predominar no espaço. As outras duas opções poderiam ser usadas como protótipos de redução de risco para a abordagem escolhida.

As famílias de tecnologias que compõem o *pole-sitter* são bem conhecidas e já estão desenvolvidas ou em desenvolvimento.⁹ Isso inclui telescópios de baixo ruído e grande sistema de refrigeração (Telescópio Espacial James Webb da NASA), sistemas espaciais de infravermelho, sistemas de propulsão elétrica-solar e sistemas como o *Evolutionary Xenon Thruster* (NEXT) da NASA, que em 2010 relatou a conclusão de um teste contínuo de 48.000 horas (5,5 anos). Demonstrações recentes de painéis solares na estação espacial internacional coletaram dados sobre

grandes painéis solares para alimentar os propulsores, chamados de ROSA (Roll-Out Solar Array).

Estima-se que o atual nível de prontidão de tecnologia (TRL) de montagem de plano focal (FPA) seja de cerca de 4, por isso é necessário avançar primeiro em um ambiente de laboratório. A propulsão elétrica solar (SEP), com o impulso específico necessário, está para ser demonstrada em breve, mas não com o empuxo necessário. Relatórios da NASA demonstraram que o NEXT alcançou TRL 6.¹⁰ Grandes telescópios foram colocados no espaço com outros comprimentos de onda além daqueles necessários para essa missão, portanto a demonstração do telescópio em terra parece prudente. Duas pequenas demonstrações de satélites são sugeridas: - uma com FPA representativo e com um SEP representativo. Isso poderia ser realizado na LEO para reduzir custos. Tal missão ajudaria a resolver quaisquer riscos remanescentes associados à operação no ambiente espacial, incluindo supressão de *jitter* e detectabilidade através da SEP; a segunda demonstração coloca um pequeno satélite na órbita *pole-sitter* para caracterizar o ambiente e conseguir manter a órbita com o conhecimento posicional necessário. Enquanto isso, a produção do telescópio em escala real adequado para uma missão espacial pode ser realizada e testada. Enquanto os esforços estão provando o rendimento adequado da fabricação da FPA, um sistema de vida operacional reduzido, em escala real, pode ser testado na órbita *pole-sitter* usando satélites reais cujas órbitas são conhecidas pelos meios tradicionais. Esta iniciativa tecnológica integrada poderia ser então compartilhada com a indústria, a qual proveria melhorias no desenvolvimento conceitual.

A indústria considerou as tecnologias viáveis, dentro do estado da arte e dentro do horizonte de planejamento,¹¹ e orientou que tecnologias adicionais de indicação e localização de objetos precisam ser colocadas na lista de tecnologias críticas devido às grandes distâncias que o sensor teria para identificar precisamente os objetos.

Uma unidade de design de engenharia (EDU) para o telescópio deve ser construída incluindo os espelhos ou painéis espelhados, atuadores e algoritmos de controle e a estrutura do telescópio. Esta EDU deve passar por testes ambientais completos para provar que a vibração do componente de empuxo constante pode ser amortecida no nível do painel e em todo o conjunto do espelho. Os espelhos podem ser resfriados criogenicamente e suas superfícies mapeadas para permitir que os espelhos sejam ainda polidos à temperatura ambiente e que se obtenha a forma apropriada na temperatura de operação designada. Após a conclusão bem sucedida do teste ambiental de escala EDU, o telescópio pode ser considerado TRL 6. Dada a complexidade e o empenho já demonstrados no telescópio espacial James Webb, uma grande parte do conhecimento de engenharia não recorrente já foi adquirida.

Para amadurecer o sistema de propulsão solar, coloque inicialmente o NEXT, ou seu equivalente, em um pequeno satélite na LEO com o apoio de uma carga útil adicional (isto é, o rastreador de infravermelho) para um voo de demonstração. Recomenda-se uma órbita de inclinação quase equatorial, que pode exigir propulsores químicos adicionais para o posicionamento. A partir dessa órbita, a plataforma poderia começar a espiralar para a GEO, muito lentamente. Nota: isso levará meses, se não anos. Ao longo do caminho, os instrumentos suplementares de carga útil poderiam capturar imagens de satélites para calibrar as capacidades de carga útil ótica e outros elementos da missão *pole-sitter* de SSA. Deve ser dada a preferência a uma órbita hélio-sincrônica se uma abordagem de vela solar híbrida for buscada. Isso permite que a espaçonave navegue no Terminador e evite eclipses para que os painéis solares fiquem iluminados.

Em resumo, este artigo apresentou uma cadeia de pensamentos e dados básicos para ilustrar que existe um empenho fundamental em SSA persistente que a nação pode usar para deter, e se a dissuasão falhar, prevalecer. A indústria afirma que pode produzir um sistema de *pole-sitter* a um preço acessível e dentro do horizonte de planejamento atual. Esta tarefa é muito menos intimidante do que a tarefa enfrentada pelo Ten. Gen. Bernard A. Schriever há 60 anos. Os *Guardiões da Alta Fronteira* de hoje devem considerar a SSA 100% persistente, para o domínio da informação, como um objetivo que vale a pena perseguir e considerar o *pole-sitter* como uma concorrente digna para estabelecer uma linhagem de guerras no espaço. □

Notas

1. C. Ren, F. Pappasozzi, e C. Heimach, *The Emerging Threat and the Future Necessity for Space Control*, um relatório para o Gabinete do Secretário da Diretoria da Força Aérea, Analytical Services, Inc. (Arlington, VA., 1994).

2. Dr. Gene McCall e Maj Gen John A. Corder, da Reserva da USAF, *New World Vistas: Air and Space Power for the 21st Century* (Space Applications Volume) (Washington, DC: Departamento do Conselho Consultivo Científico da Força Aérea, 1995), <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/vistas/vistas.htm>.

3. Robert Martinage, *Toward a New Offset Strategy: Exploiting US Long-Term Advantages to Restore US Global Power Projection Capability* (Washington, DC: Centro de Avaliações Estratégicas e Orçamentárias, 2014), ii, <http://csbaonline.org/research/publications/toward-a-new-offset-strategy-exploiting-u-s-long-term-advantages-to-restore>.

4. Carl von Clausewitz, *Vom Kriege* (On War), edição e tradução de Michael Howard e Peter Paret (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976); e Sun Tzu, *The Art of War*, tradução de Thomas Cleary (Boston: Shambhala Pocket Classics), 1991.

5. Michael I. Handel, *Sun Tzu and Clausewitz: The Art of War and On War Compared* (Carlisle Barracks, PA: Instituto de Estudos Estratégicos, Escola Superior de Guerra do Exército dos EUA, 1991.)

6. Richard Feynman, Robert B. Leighton e Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1964), 19–1 a 19–14.
7. Laurence Bellagamba, Klaus Biber, Stuart Patterson, David Pirolo e Roberta Ewart, “*Science and Technology Roadmaps to Enhance Military Space System Resilience*” (palestra, 2016 Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica SPACE Conferência e Exposição, Long Beach, CA,) 13–16 de Setembro de 2016.
8. Matteo Ceriotti, Jeannette Heiligers e Colin R. McInnes, “*Novel Pole-Sitter Mission Concepts for Continuous Polar Remote Sensing*” (autos do SPIE 853, Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites XVI Conference, 85330P, Edinburgh, UK, 19 de Novembro de 2012,) doi: 10.1117/12.974604.
9. Roberta Ewart, “*Government Industry Partnership to Formulate Science and Technology Roadmaps for Persistent Space Situation Awareness*” (palestra, 2017 AIAA SPACE Conference, Orlando, FL), 12–14 de Setembro de 2017.
10. Daniel A. Herman, “*NASA’s Evolutionary Xenon Thruster (NEXT) Project Qualification Propellant Throughput Milestone: Performance, Erosion, and Thruster Service Life Prediction after 450 Kg,*” (palestra, Glenn Research Center, Cleveland, OH, Novembro de 2010), <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110000521.pdf>.
11. Ewart, “*Government Industry Partnership.*”



Doutora Roberta Ewart, Força Aérea EUA

Ewart é a cientista-chefe do Centro de Sistemas de Espaço e Mísseis (SMC) do Comando Espacial da Força Aérea (AFSPC). Suas atribuições incluem servir como a principal autoridade científica, prover supervisão técnica ao SMC, apoiar o comandante do SMC nas revisões técnicas, na avaliação de programas e na pesquisa e desenvolvimento, avançando o conhecimento de conceitos e tecnologias espaciais para as capacidades da Força Aérea; planejar, conduzir, avaliar e coordenar estudos e demonstrações de sistemas espaciais e servir como consultora para o comandante do AFSPC.