

# ARMAS DE ENERGIA DIRIGIDA (AED): UMA QUEBRA DE PARADIGMAS NA DEFESA ANTIAÉREA DO FUTURO

Major George Koppe Eiriz

O Major de Artilharia Koppe é aluno do Curso de Comando e Estado-Maior do Exército. Foi declarado aspirante-a-oficial em 2002 pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). Em 2006, especializou-se na Escola de Artilharia de Costa e Antiérea, estabelecimento de ensino

no qual foi instrutor da Seção de Sistemas de Simulação e Alvos Aéreos. Concluiu o Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais em 2010. Possui o Curso Expedido de Apoio de Fogo Naval no Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão da Marinha do Brasil. Serviu no 21º Grupo de Artilharia de Campanha e no 21º Grupo de Artilharia de Campanha Leve. É

pós-graduado em História Militar Brasileira e em Relações Internacionais. Cumpriu missão no exterior, a serviço da Organização das Nações Unidas, no Saara Ocidental e no Haiti (georgekoppe@gmail.com).



A história militar possui muitos exemplos de novas tecnologias ignoradas ou mal compreendidas no início do seu desenvolvimento que conseguiram eliminar “velhos” métodos de combate. Dentro desse contexto, considera-se possível que as armas de energia dirigida (AED), tradução do inglês *Directed Energy Weapons (DEW)*, representem a grande inovação da chamada “guerra do futuro”. Tais armas, quando se tornarem efetivamente operacionais e acessíveis a todos os países, poderão resultar em uma quebra de paradigma no “jogo da guerra” entre engenhos aéreos e sistemas de defesa antiaérea (DA Ae) baseados em solo ou plataformas navais.

Atualmente, já existem AED com maior potencial de emprego no campo bélico, mais especificamente como integrantes principais da próxima geração de sistemas antimísseis e contra sistemas aéreos remotamente tripulados (SARP). Os armamentos desse tipo têm recebido atenção especial da comunidade científico-tecnológica militar e sua evolução vem ocorrendo de modo crescente e promissor.

Este artigo tem por finalidade apresentar um panorama geral e atualizado das AED no campo de batalha do século XXI, com foco nas possibilidades que esses armamentos poderão proporcionar e nas influências que poderão exercer nos diferentes tipos de meios de DA Ae no combate moderno.

## A CONCEPÇÃO DE EMPREGO DAS AED

As AED são consideradas pelos atuais especialistas militares como um promissor armamento, responsável pela mudança das capacidades de combate no campo de batalha do século XXI.

Inúmeros projetos de AED, cujos resultados se revelaram motivadores, utilizam a combinação das tecnologias militar e comercial existentes em relação às armas a laser e de micro-ondas. Isso possibilitará, em um futuro próximo, que esses armamentos sejam largamente empregados nas forças armadas mais desenvolvidas do mundo.

Nos últimos cinquenta anos, o desenvolvimento das AED recebeu o estereótipo de consumidor de grandes quantias de recursos humanos e financeiros. Cientistas e projetistas foram criticados por construírem sistemas de proporções enormes, complexos e dissipadores de incríveis quantidades de energia.

Nesse contexto, torna-se pertinente relembrar o ambicioso e futurístico projeto iniciativa de defesa estratégica, tradução do inglês *Strategic Defence Initiative (SDI)*, conhecido como (Guerra nas Estrelas), iniciado em março de 1983, no auge da Guerra Fria. O escopo do Star Wars era desenvolver sofisticados sistemas antimísseis balísticos com o objetivo de anular quaisquer ataques de mísseis oriundos dos países do Pacto de

Varsóvia, mais especificamente a União Soviética.

O próprio nome Guerra nas Estrelas foi atribuído ao programa por causa de algumas ideias consideradas abstratas e irrealis à época, como, por exemplo, a utilização de lasers de raios X nucleares baseados em solo, feixes de partículas subatômicas e projetis disparados por canhões eletromagnéticos e guiados por computador – tudo isso sob o controle central de um sistema de supercomputadores.

Ao final do SDI, trinta bilhões de dólares haviam sido investidos no programa e nenhum laser ou sistema de espelhos para o seu emprego fora efetivamente utilizado no ambiente operacional terrestre ou mesmo espacial. A iniciativa se revelara, segundo as palavras de diversos críticos na mídia norte-americana, “um grande elefante branco”.

No entanto, a mudança desse cenário foi comprovada com o rápido avanço tecnológico das AED, desde as últimas décadas do século passado até os dias de hoje, decorrente da miniaturização dos equipamentos emissores, do aumento da energia transmitida e do controle dos feixes de laser e de ondas eletromagnéticas.

Atualmente, as AED se dividem em três tipos: de micro-ondas, a laser ou de energia sob a forma de plasma (gás aquecido e ionizado).

As armas de micro-ondas podem ser empregadas para incapacitar o ser humano através da produção de dor intensa, sem, no entanto, causar morte da vítima. Essas armas

dividem-se em duas categorias principais: micro-ondas de alta potência, em inglês High Power Microwave (HPM), e de ondas milimétricas, em inglês Millimeter Wave (MMW).

Um exemplo da aplicação dessa tecnologia é o programa *Active Denial System*, Sistema de Negação Ativa (Figura 1), desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas da Força Aérea dos EUA e pela *Raytheon*, cujo objetivo é atuar contra lideranças em protestos ou tentativas de aproximação inimiga em instalações sensíveis, *checkpoints*, postos de fronteira, entre outros.

## Dor sem ferimento

O “Sistema de Negação Ativa” detem os atacantes emitindo uma onda milimétrica não letal de energia eletromagnética, causando sensação de queimadura.

A onda penetra 0,4mm na pele, causando uma sensação similar a estar no fogo

Dois segundos de exposição pode aquecer a pele a 55 °C

A antena concentra a energia invisível

nota: o desenho é puramente esquemático

O transmissor produz ondas de 95GHz de frequência

50 °C As pessoas se afastam por reflexo

37 °C Normal

55 °C



Figura 1. Plataforma e Sistema de Lançamento do “Active Denial System”.

Cabe destacar que a tecnologia HPM pode ser empregada por meio da integração em plataformas tripuladas e não tripuladas, mísseis de cruzeiro e veículos terrestres para atordoar, danificar, ou até mesmo destruir componentes eletrônicos mediante a queima de sistemas de computadores não protegidos, o que certamente restringiria a liberdade de ação no movimento do inimigo, de forma a agir em missões de isolamento e de negação de área, em inglês Anti-Access/Area Denial (A2/AD).

Mark Gunziger, antigo Assistente-Secretário de Defesa para a Transformação de Força e Recursos dos EUA, chegou a salientar: “Esse tipo de arma seria muito eficaz contra sistemas antiaéreos, radares de vigilância e de busca e os tipos de redes que suportam a estratégia de isolamento que a China e o Irã estão desenvolvendo”.

Outra aplicação dessa categoria de AED seria no contexto da DA Ae contra antimísseis em um dispositivo a defender, por exemplo, aeronaves nas proximidades de aeródromos contra mísseis ar-superfície, em inglês *air-to-surface missile (ASM)* por meio da desorientação do sistema de guiamento desses vetores aéreos. Essa tecnologia já foi testada no Sistema de Proteção de Aeroportos *Vigilant Eagle* (Figura 2), desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA e pela *Raytheon*.

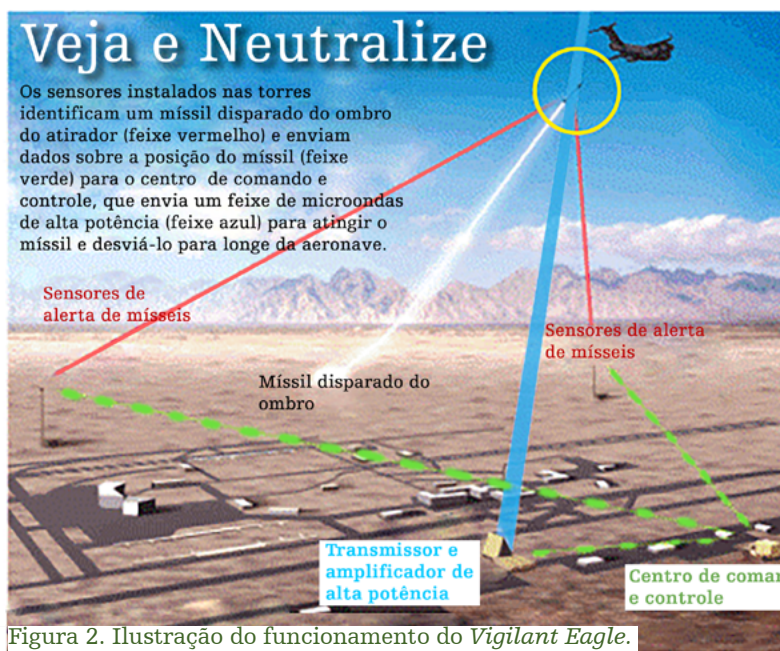


Figura 2. Ilustração do funcionamento do *Vigilant Eagle*.

Com relação às armas a laser, constata-se uma gama de possibilidades e aplicações em um dispositivo de DA Ae, com uma significativa quantidade de projetos existentes no cenário mundial, que serão abordados de forma mais abrangente no

próximo subitem deste artigo.

Já as armas de energia sob a forma de plasma têm por objetivo atordoar o alvo, causando-lhe paralisia temporária e dor. Ainda estão na fase de desenvolvimento e destinam-se ao emprego como armamento não letal para o controle de multidões.

Ante o exposto, pode-se afirmar que existem várias possibilidades de emprego das AED nas operações de DA Ae ou até mesmo como meio oponente a tal dispositivo de defesa, sendo recomendável o contínuo estudo e acompanhamento da evolução desses atuadores não cinéticos, em particular das armas de micro-ondas e a laser.

## O EMPREGO DAS ARMAS A LASER NAS OPERAÇÕES DE DEFESA ANTIAÉREA

A utilização do laser está presente em diversas áreas da vida moderna, como na medicina, na indústria e no entretenimento, entre outras, constituindo uma das principais novas tecnologias para emprego bélico. Nesse contexto, tem se observado o desenvolvimento de armas a laser por alguns países como alternativa para dispositivos de defesa antiaéreos contra as mais variadas ameaças aéreas.

O atual panorama das pesquisas sobre o emprego de armas a laser com a finalidade de integrar meios de defesa antiaéreos tem demonstrado várias questões sobre sua viabilidade em termos econômicos e operacionais. O moderno combate antiaéreo tem se caracterizado por um descompasso crescente entre os custos financeiros do sistema de armas antiaéreo e as respectivas ameaças a serem enfrentadas.

Todavia, o advento dos lasers de alta potência poderá inverter tal realidade em favor do sistema. De modo a exemplificar tal assertiva, cita-se o sistema Iron Dome israelense, que custa cerca de 45 milhões de dólares por um grupo de lançadores e mais 40 mil por foguete disparado. Os projetis a serem destruídos por esse sistema (que,

muitas vezes, se resumem a morteiros e foguetes de curto ou médio alcance) custam, em média, 750 dólares para serem fabricados.

Embora o desenvolvimento de armamentos a laser dependa grandes verbas iniciais até a maturação da tecnologia a eles agregada, um canhão de laser aprovado e testado operacionalmente contra meios aéreos pode ser empregado inúmeras vezes a um custo muito mais baixo do que a munição convencional antiaérea.

Outro aspecto que poderá ser analisado é a capacidade de atuação nas diversas faixas de emprego do armamento antiaéreo no espaço aéreo. Dependendo da potência de emissão dos armamentos a laser, poderá ser proporcionado ao dispositivo de DA Ae a desejável capacidade de engajar ameaças que voem desde poucas dezenas de metros do solo até a altura orbital.

Entretanto, o desenvolvimento de novos AED a laser com alcances cada vez maiores irá requerer um planejamento ainda mais apurado da coordenação e do controle do espaço aéreo, pois os sistemas de armas antiaéreos a laser com disparos de radiofrequência à velocidade da luz atuarão com os outros meios existentes no dispositivo de defesa aeroespacial composto, por exemplo, de aeronaves da força aérea aliada.

Além das possibilidades já apresentadas neste artigo quanto à aplicação das armas de micro-ondas, as armas de energia a laser também poderão, muito em breve, causar danos estruturais através do calor e, assim,

destruir mísseis antiaéreos e de cruzeiro, projetis de artilharia, morteiros, artefatos balísticos e SARP.

No caso da defesa contra os mísseis, as armas a laser, ao concentrar sua energia de forma eficaz sobre esses artefatos, poderão

causar uma falha estrutural catastrófica que as possibilitem acionar a carga explosiva existente na sua estrutura, causar uma desorientação da cabeça de guiamento por excesso de energia nela concentrada ou, até mesmo, “queimar” os sistemas de propulsão de mísseis balísticos durante a fase de ascensão (*booster*).

Sendo assim, comprova-se que, no futuro, as armas a la-

ser poderão ser opções viáveis para integrar dispositivos de DA Ae. A seguir, serão citados alguns programas militares que empregam esse tipo de armamento em desenvolvimento pelo mundo.

O programa *Airborne Laser (ABL)* foi iniciado pela Força Aérea dos Estados Unidos (em inglês, *USAF*) em 1996. Concebido para destruir sistemas de propulsão de mísseis balísticos durante a fase de ascensão, possuía um emissor de laser *COIL* no nariz da plataforma-teste, um *Boeing 747-400*

**Outra aplicação dessa categoria de AED seria no contexto da DA Ae contra antimísseis em um dispositivo a defender, por exemplo, aeronaves nas proximidades de aeródromos contra mísseis ar-superfície, em inglês air-to-surface missile (ASM) por meio da desorientação do sistema de guiamento desses vetores aéreos.**



Figura 3. Plataforma de testes do Programa ABL.

(Figura 3).

O Ministério da Defesa dos EUA consumiu cerca de cinco bilhões de dólares desde a sua implementação. O sistema chegou a derrubar um míssil balístico que serviu de alvo e um míssil de combustível líquido, mas o projeto foi encerrado por não refletir algo operacionalmente viável. Atualmente, fontes da Agência de Defesa de Mísseis dos EUA investigam a possibilidade de operações de laser em grandes altitudes a partir de SARP.

O projeto *Tactical High Energy Laser (THEL)* começou a ser desenvolvido em 1996 por empresas dos EUA e de Israel, conjuntamente. O primeiro disparo foi realizado dois anos depois e o sistema teve previsão de entrada em serviço em 1999. Porém, o redirecionamento do projeto, voltado para o emprego de um laser móvel, denominado *Mobile THEL*, provocou consideráveis atrasos devido à necessidade de redimensionar os seus componentes para permitir um deslocamento por terra.

Entre 2000 e 2001, o protótipo do *THEL* destruiu 28 foguetes terra-ar do tipo *Katyusha* e cinco granadas de artilharia. Apesar de outros êxitos alcançados em testes nos anos subsequentes, inclusive



Figura 4. Meio de emissão de laser do Projeto *THEL*.

com um protótipo do *MTHEL*, em 2005 foi decidido interromper o desenvolvimento do projeto devido ao alto custo, tamanho e desempenho abaixo do esperado (Figura 4).

O projeto *Laser Area Defense System (LADS)* foi desenvolvido pela empresa norte-americana *Raytheon* a partir de 2006 com o propósito de produzir rapidamente um protótipo a ser empregado nos conflitos do Iraque e do Afeganistão em missões contra foguetes, projetis de artilharia e morteiros, em inglês *counter rocket artillery and mortar (C-RAM)*.

O *LADS* (Figura 5) consistiu na primeira tentativa de desenvolver emissores de laser com potência de 100 kW, limiar atualmente considerado como necessário para atingir a finalidade de danificar as cargas das ameaças de *C-RAM* descritas anteriormente, desviar as suas trajetórias ou explodi-las. Em 2006, testes conduzidos a partir da aplicação de lasers



Figura 5. Protótipo do *LADS*.

comerciais de 20 kW utilizados pela indústria automotiva literalmente “fritaram” duas granadas de morteiro 60 mm a pouco mais de 500 metros de distância.

O desafio que se apresenta em projetos dessa natureza é conseguir o rastreamento, em inglês *tracking*, preciso do alvo em movimento e aplicar sobre um ponto específico a potência desejada para

destruí-lo.

O Exército dos EUA está desenvolvendo um programa, inicialmente conhecido como *High Energy Laser Technology Demonstration (HELTD)*, aos moldes do projeto *LADS*, com o objetivo de construir uma plataforma móvel de emissão de laser para a destruição de foguetes, projetis de artilharia, morteiros, mísseis de cruzeiro, mísseis balísticos de curto alcance e SARP nos campos de batalha na Ásia e no Oriente Médio.

Um produto já desenvolvido que serviu de base para o aprofundamento das pesquisas das Forças Armadas dos EUA foi o Sistema de Neutralização de Munições a Laser, Humvee Laser



Figura 6. Plataforma do HLONS.

Ordnance Neutralization System (HLONS) Zeus, o qual foi montado sobre a plataforma da viatura terrestre Humvee (Figura 6).

A evolução do HEL TD resultou na colocação da estrutura de um emissor de laser elétrico de baixa potência em uma viatura 8x8, o que originou o mais moderno projeto do Exército dos EUA na atualidade: o *High Energy Laser Mobile Demonstrator (HEL MD)*, que se vê na Figura 7.

O programa busca a substituição dos sistemas de canhões *Phalanx* em mis-



Figura 7. Plataforma do HEL MD.

sões de *C-RAM*, pois despendem grandes quantidades de munição e, muitas vezes, não obtêm o efeito desejado sobre as ameaças.

Essa corrente de pensamento foi ratificada pelo Vice-Presidente de Sistemas de Defesa Antimíssil e de Energia Dirigida da *Boeing*: “Esse sistema irá, imediatamente, localizar, apreender e, em segundos, destruir a granada de morteiro no ar e ir para a próxima”.

O mais ambicioso e desenvolvido programa em curso no mundo, denominado *High Energy Liquid Laser Area Defense System (HELLADS)*, está a cargo da Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas de Defesa dos Estados Unidos (DARPA). Dois dos principais requisitos balizadores do programa são o seu tamanho (dois metros cúbicos) e o seu peso (no máximo 750 kg). Isso permitirá que o *HELLADS* possa ser instalado em diferentes plataformas móveis no ar, no mar e em terra.

O *HELLADS* consiste em um laser em estado sólido, refrigerado por líquido, fabricado pela *General Atomics* com a participação da *Lockheed Martin* no projeto como integradora do sistema de armas.

Em 2007, testes realizados em laboratório demonstraram que um módulo permite gerar um feixe laser de 15 kW de potência; testes subsequentes, acoplando dois módulos, demonstraram que a potência alcançada foi de 34 kW.

Outros testes que estão sendo realizados têm por finalidade demonstrar a viabilidade do projeto alcançando a meta estipulada da relação peso-potência do sistema. Caso se torne operacional, o *HELLADS* trará mais um aspecto inovador para o já complexo ambiente do combate antiaéreo do futuro, mais particularmente na área dos sistemas de autoproteção das aeronaves, pois servirá de base para o desenvolvimento do *Aero-Adaptative/Aero-Optic Beam Control*, um projeto da *Lockheed Martin* para a obtenção de uma AED instalada numa torreta a bordo de caças, provendo defesa antimíssil AAe nos quadrantes traseiro e laterais dos mesmos.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento das AED e a evolução dos programas militares voltados para a operacionalização desses atuadores não cinéticos deverão trazer novas tendências para os dispositivos de DA Ae

e as plataformas aéreas de combate no presente século.

Entre as AED, as armas a laser se apresentam como uma opção viável para compor os meios de DA Ae contra as modernas ameaças aéreas, em particular

contra SARP, mísseis e foguetes, além de também terem condições de se opor a artefatos cinéticos, como, por exemplo, as granadas de morteiro e de artilharia.

Essa evolução poderá motivar, em um futuro próximo, a atualização das doutrinas de DA Ae das forças armadas em âmbito mundial, bem como a adaptação das técnicas e táticas de ataque dos vetores aéreos atacantes, os quais com-

binarão as já tradicionais formas de combater com o aprimoramento tecnológico dos seus sistemas de armas, aviônicos e de autoproteção.

Por fim, cabe ressaltar que seria desejável a existência de linhas de pesquisa de AED nos institutos de ciência e tecnologia das Forças Armadas do País, com apoio da indústria de defesa, a fim de buscar o conhecimento desses meios e de seu possível emprego em prol da defesa nacional, ou, particularmente, em prol de um sistema de DA Ae mais eficiente.

**Essa evolução poderá motivar a atualização das doutrinas de DA Ae, bem como a adaptação das técnicas e táticas de ataque dos vetores aéreos atacantes, os quais combinarão as já tradicionais formas de combater com o aprimoramento tecnológico dos seus sistemas de armas, aviônicos e de autoproteção.**

## REFERÊNCIAS

- ATHERTON, K. D. *Armas laser e o futuro dos sistemas de interceptação*. Business Insider. (Tradução de Nicholle Murrell). 19 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/nuclear/noticia/16449/Armas-Laser-e-o-futuro-dos-sistemas-de-interceptacao/>>. Acesso em: 01 out. 2014.
- BROWN, N. Technology Report - *Beam on: directed energy weapons get charged up for use on the*

**battlefield.** Jane's International Defence Review, Londres, set. 2008. p. 77-80.

BROWN, N.; JEAN, G. **US reveals extent of directed energy focus.** Jane's International Defence Review, Londres, maio 2013. p. 8.

CROWLEY, K. **The Strategic Defence Initiative (SDI): Star Wars.** The Cold War Museum. Disponível em: <<http://www.coldwar.org/articles/80s/SDI-StarWars.asp>> Acesso em: 30 set. 2014.

CULCLASURE, J. R. **A Espada de Calor Inevitável.** Military Review, Fort Leavenworth, set-out. 2012, p. 31-39.

CUNHA, R. D. da. **Buck Rogers está quase aqui! O Laser como arma se prepara para entrar em ação.** Revista Força Aérea, ano 17, n° 89, Rio de Janeiro, ago. 2014. p. 34-41.

DUFF, E.; HOLMBERG, C.; LAMBERSON, D.; WASHBURN, D. Para onde vão os lasers de alta potência? Air & Space Power Journal, 1° trim. 2006, Montgomery. p. 18-26.

HUGHES, R. **AcuLight ramps up the power for laser weapons.** Jane's International Defence Review, Londres, jun. 2014. p. 12.

JEAN, G. **USN to deploy solid-state laser weapon on USS Ponce.** Jane's Defence Weekly, Londres, 17 abr. 2013. p. 10.

LEE, C. **Boeing prepares for live-fire HEL MD testing.** Jane's Defence Weekly, Londres, 30 out. 2013. p. 10.

MALENIC, M. **Pentagon calls time on airborne laser experiment.** Jane's Defence Weekly, Londres, 11 jan. 2012. p. 10.

TORRUELLA, A. **DEW technology reaches maturity but is military ready to embrace it?** Jane's International Defence Review, Londres, set. 2012. p. 35-36.

