

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

CURSO DE ESTADO-MAIOR CONJUNTO

2013/2014



TII

ARMAS DE ENERGIA DIRIGIDA

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS E DA GUARDA NACIONAL REPUBLICANA.



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

ARMAS DE ENERGIA DIRIGIDA

CTEN M Brazuna Ranhola

Trabalho de Investigação Individual do CEM-C 13/14

Pedrouços 2014



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

ARMAS DE ENERGIA DIRIGIDA

CTEN M Brazuna Ranhola

Trabalho de Investigação Individual do CEM-C 13/14

Orientador: CTEN M João José Laranjeira de Brito Afonso

Pedrouços 2014



Agradecimentos

Expresso de uma forma geral, os meus sinceros agradecimentos, ao Instituto de Estudos Superiores Militares e a todos aqueles que de algum modo contribuíram para o debate de ideias e para a concretização do estudo agora apresentado.

Elevo a pessoa do meu orientador Capitão-tenente Brito Afonso pela permanente disponibilidade e compreensão na orientação da investigação e revisão do trabalho escrito.

Agradeço aos camaradas do Curso de Estado-Maior Conjunto 2013/2014, muitos deles de longa data e os quais tive o privilégio de voltar a rever, mas igualmente a todos aqueles que desde o primeiro momento partilharam a sua amizade, pela troca de experiências e conhecimentos, e pelos momentos de boa disposição e sã camaradagem, que em muito contribuíram para o desanuviar e foco de ideias.

Por último, reservo um agradecimento especial à minha família, pela compreensão manifestada perante as minhas abstrações e ansiedade em momentos de grande desgaste. Aos meus filhos, por uma vez mais abdicarem da sua merecida cota parte de atenção e convívio com o pai. E à minha querida esposa, pelo esforço adicional e paciência durante os meus largos períodos de ausência.

A todos um bem-haja e um muito obrigado!



Índice

Introdução.....	1
1. O Conceito de Revolução em Assuntos Militares.....	5
2. A Aplicabilidade das Armas de Energia Dirigida.....	10
a. Armas Laser	11
(1) Laser Anti Minas “ZEUS”	12
(2) <i>Advanced Tactical Laser</i>	12
(3) <i>Ground Based Laser Weapon</i>	13
(4) <i>Area Defense Anti-Munitions</i>	14
(5) <i>Laser Weapon System (LaWS)</i>	15
(6) <i>Maritime Laser Demonstrator</i>	17
(7) <i>Maritime Tactical Laser System</i>	18
(8) <i>High Energy Liquid Laser Area Defense System</i>	19
(9) EXCALIBUR	19
(10) <i>Space Based Laser</i>	20
b. Armas de Micro-ondas.....	22
(1) <i>Active Denial System</i>	23
(2) <i>Electromagnetic Bomb</i>	24
c. Armas Acústicas	24
(1) <i>Long-Range Acoustic Device</i>	25
3. Vantagens e Desvantagens das Armas de Energia Dirigida	27
4. O Impacto Operacional das Armas de Energia Dirigida no Futuro da Guerra.....	30
5. A Influência Estratégica e o Desequilíbrio de Poder	37
Conclusões.....	42
Bibliografia.....	45

Índice de Apêndices

Apêndice 1 – Perspetiva Histórica.....	Ap-1-1
Apêndice 2 – A Energia Dirigida e as suas variantes tecnológicas	Ap-2-1
Apêndice 3 – Matriz de Validação	Ap-3-1



Índice de Figuras

Figura nº 1 – Laser Anti Minas “ZEUS”	12
Figura nº 2 – <i>Advanced Tactical Laser</i> durante testes a bordo do NC-130H	13
Figura nº 3 – <i>Tactical High Energy Laser</i>	14
Figura nº 4 – <i>Mobile Tactical High Energy Laser</i>	14
Figura nº 5 – <i>Area Defense Anti-Munitions</i>	15
Figura nº 6 – <i>Laser Weapon System</i> a bordo do USS Dewey	16
Figura nº 7 – <i>Maritime Laser Demonstrator</i>	18
Figura nº 8 – <i>Maritime Tactical Laser System</i>	18
Figura nº 9 – <i>Optical phased array</i> usado na demonstração do programa EXCALIBUR ..	20
Figura nº 10 – <i>X-37B Orbital Test Vehicle</i>	21
Figura nº 11 – <i>Active Denial System 2</i> á esquerda e o <i>ADS1</i> á direita	24
Figura nº 12 – <i>Long-Range Acoustic Device</i> a bordo de um navio de guerra.....	25
Figura nº 13 – Protótipo do <i>Tactical Relay Mirror System</i>	32
Figura nº 14 – <i>Airborne Laser Test Bed</i>	Ap-1-2
Figura nº 15 – Aplicações militares da tecnologia laser	Ap-2-2



Resumo

As Armas de Energia Dirigida estão na vanguarda da próxima revolução em armamento militar, graças ao desenvolvimento tecnológico, que permitiu importantes e recentes inovações em vários sistemas de armas.

Sejam lasers, micro-ondas ou acústicas, as novas armas oferecem aos militares uma grande variedade de capacidades letais e não-letais, que lhes permitirá enfrentar desafios em todo o espectro da guerra. Desde a década de 60 que os Estados Unidos da América investem no desenvolvimento de novas tecnologias de energia dirigida, cujo recente sucesso perspectiva novas capacidades para as operações, quer estas sejam ofensivas ou defensivas.

Através de uma pesquisa qualitativa, foi recolhida diversa informação sobre os vários tipos de tecnologia e projetos em curso. Como grandes fontes de informação incluímos artigos, notícias, estudos e relatórios oficiais neste domínio. Utilizando o método de investigação indutivo, partimos do particular para o geral com o objetivo de apresentarmos o estado da arte das Armas de Energia Dirigida e perspetivar o seu impacto como armas decisivas ou dissuasoras.

Pela observação das suas características, consideramos que as novas armas permitem neutralizar múltiplas ameaças à velocidade da luz e com um elevado nível de precisão, reduzindo simultaneamente a probabilidade de danos colaterais, atuando como um multiplicador de força e demonstração de poder, sem contrariar o atual paradigma de redução de custos.

Estes sistemas de armas serão capazes de garantir a defesa contra projéteis de artilharia e mísseis de curto alcance e intercontinentais, bem como providenciar capacidades de defesa contra sistemas antissatélite, contribuindo assim para a estratégia de domínio e controlo espacial.

No final do trabalho, concluímos que as Armas de Energia Dirigida apesar de não substituírem o armamento convencional, permitem colmatar várias lacunas operacionais e podem vir a ser utilizadas como uma arma de coação e dissuasão estratégica com reduzidos ou inexistentes danos colaterais.



Abstract

Thanks to technological development, which has enabled important and recent innovations in several weapon systems, Directed Energy Weapons are at the forefront of the next revolution in military weaponry.

Lasers, microwaves or acoustics, the new weapons grant to the military a wide variety of lethal and non-lethal capabilities, which allow them to face challenges in the entire spectrum of war. Since the 60's United States of America are investing in new technologies development for directed energy, whose recent success anticipate new capabilities for offensive or defensive operations.

Varied information about the numerous types of technology and ongoing projects was gathered using a qualitative search. Major sources of information includes articles, news, official studies and reports in this domain. In order to present the Directed Energy Weapons state of the art and predict its impact as decisive or dissuasive weapons, our analysis started from the particular to the general using the inductive research method.

Based on the observation of its characteristics, we believe that the new weapons allow the neutralization of multiple threats at the speed of light and with a high level of accuracy, reducing the collateral damage probability, and acting as a force multiplier and power demonstration, without refuting the current paradigm of cost reduction.

These weapons systems will be able to ensure artillery projectiles and short-range and intercontinental missiles defense, as well as provide defense capabilities against anti-satellite systems, contributing to the domain and space control strategy.

We concluded that the Directed Energy Weapons can fill multiple operational gaps and may be used as a coercion and strategic deterrence weapon with reduced or nonexistent collateral damage but will not replace the use of conventional weaponry,.



Palavras-chave

Armas de Energia Dirigida; Estratégia; Revolução em Assuntos Militares.



Lista de Abreviaturas

A

A2/AD	<i>Anti-access/Area-denial</i>
ABL	<i>Airborne Laser</i>
ADAM	<i>Area Defense Anti-Munitions</i>
ADS	<i>Active Denial System</i>
AED	<i>Armas de Energia Dirigida</i>
ALTB	<i>Airborne Laser Test Bed</i>
ASAT	<i>Antissatélite</i>
ATL	<i>Advanced Tactical Laser</i>

B

BAE	<i>British Aerospace</i>
BBC	<i>British Broadcasting Corporation</i>

C

C4ISR	<i>Command and Control, Communications, Computers, Intelligence Surveillance and Reconnaissance</i>
CIWS	<i>Close-In Weapon System</i>
COIL	<i>Chemical oxygen-iodine lasers</i>

D

DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DDG	<i>Guided Missile Destroyer</i>
DF	<i>Fluoreto de deutério</i>
DoD	<i>United States Department of Defense</i>

E

EMP	<i>Electromagnetic pulse</i>
EUA	<i>Estados Unidos da América</i>

F

FEL	<i>Free electron laser</i>
-----	----------------------------

G

G-RAMM	<i>Guided rockets, artillery, mortars, and missiles</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>



H

HEFL	<i>High Energy Fiber Laser</i>
HEL	<i>High-energy laser</i>
HELLADS	<i>High Energy Liquid Laser Area Defense System</i>
HF	Fluoreto de hidrogénio
HLONS	<i>HMMWV Laser Ordnance Neutralization System</i>
HMMWV	<i>High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle (Humvee)</i>
HPM	<i>High-Powered Microwaves</i>

I

ISR	<i>Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance</i>
-----	---

L

LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LaWS	<i>Laser Weapon System</i>
LRAD	<i>Long-Range Acoustic Device</i>

M

MLD	<i>Maritime Laser Demonstrator</i>
MTR	<i>Military Technical Revolution</i>

N

NSWCDD	<i>Naval Surface Warfare Center, Dahlgren Division</i>
--------	--

O

ODNI	<i>Office of the Director of National Intelligence</i>
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte

Q

QC	Questão Central
QD	Questão Derivada

R

RAM	Revolução em Assuntos Militares
RF	Radiofrequência
RHIB	<i>Rigid-Hull Inflatable Boat</i>
RM	Revolução Militar

S

SSL	<i>Solid-state laser</i>
-----	--------------------------



T

THEL *Tactical High-energy Laser*

TLS *Tactical Laser System*

U

UAV *Unmanned aerial vehicle*



“...the nature of war will always be determined by the interaction
between warriors and their tools, not by the tools alone.”

Max Boot (2006, p. 350)

Introdução

A guerra é um fenómeno evolutivo onde as inovações tecnológicas e a aplicação dessas novas tecnologias nas operações militares proporciona oportunidades únicas para quem procura obter a superioridade. Atualmente, os meios militares executam missões que cruzam todos os espectros de conflito, procurando aproveitar a tecnologia com o objetivo de ganhar uma vantagem decisiva sobre os seus adversários e simultaneamente proteger as suas próprias forças (Lincoln, 2004, pp. 1-2).

Várias nações estão empenhadas no desenvolvimento de novas tecnologias que lhes confira essa superioridade no campo militar. As Armas de Energia Dirigida (AED) estão na vanguarda da próxima revolução em armamento militar. Aparentemente, estas armas oferecem aos militares uma grande variedade de capacidades letais e não-letais, que lhes permitirá enfrentar desafios em todo o espectro da guerra. O progresso que os Estados Unidos da América (EUA) estão a conseguir no desenvolvimento destas armas, perspectiva novas e significativas capacidades para as operações, quer estas sejam ofensivas ou defensivas (Lincoln, 2004, pp. 1-2).

As AED não são um assunto novo, existindo inúmeros estudos nesta área desde a década de 60, no entanto, os avanços científicos e notícias mais recentes indicam que a edificação desta nova capacidade é agora uma realidade. De modo a manter esta dinâmica emergente e conforme a análise que foi publicada pelo *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (CSBA), o Departamento de Defesa dos EUA (DoD) deverá continuar a investir em novas tecnologias que ajudem os militares a manter a sua liberdade de ação e simultaneamente melhorar a relação custo/benefício dos equipamentos e sistemas militares. Ao longo da história militar, os avanços tecnológicos, tais como, as metralhadoras, veículos blindados, submarinos, armas guiadas de precisão, aeronaves, etc., provaram ser o garante de uma grande vantagem operacional para todos os militares com capacidade e vontade de os explorar (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 11).

Esta nova geração de armas irá trazer obviamente novos desafios, tornando-se importante conhecer os vários tipos de armas em desenvolvimento e como a sua operacionalização irá “revolucionar” a condução das operações militares. O desconhecimento ainda existente sobre “as armas do futuro” e a necessidade de nos



adaptarmos a esta realidade próxima, é motivo suficiente para que este trabalho assuma uma acrescida importância, como contributo para futuros estudos neste domínio.

A investigação realizada sobre as AED procura enriquecer o conhecimento nesta área, elencando os vários estudos e projetos em desenvolvimento nos EUA e que são do conhecimento público, com especial enfoque nos que se encontram na fase de implementação e nas implicações que este novo tipo de armas terá na condução futura das operações militares. No entanto, considerando a dimensão do trabalho, delimitámos o tema aos sistemas de armas de elevada potência, que utilizam a energia eletromagnética e que se encontram em desenvolvimento ou operacionalização nos EUA, não se incluindo no presente estudo as armas individuais e antipessoais, assim como todas as armas que utilizem a energia eletromagnética para a impulsão no disparo de projéteis.

Tendo como referência o quadro conceptual do tema, o objetivo principal do trabalho é apresentar o estado da arte das AED e perspetivar o seu impacto quando empregue no teatro de operações, deduzindo-se os seguintes objetivos específicos de investigação:

- Analisar o estado da arte das AED nas suas várias dimensões de aplicação;
- Analisar as vantagens e desvantagens das AED;
- Perspetivar o impacto operacional das AED no teatro de operações;
- Perspetivar a influência estratégica das AED no equilíbrio de poder entre nações;
- Relacionar o conceito de “Revolução em Assuntos Militares” (RAM) com as AED.

A metodologia escolhida foi estabelecida conforme a NEP/ACA - 010 IESM JUL2012, tendo sido adotado o método indutivo, procedimento de investigação proposto por Raymond Quivy e Luc Van Campenhoudt na obra Manual de Investigação em Ciências Sociais.

O estudo em apreço pretende responder à seguinte questão central (QC): “Como é que as Armas de Energia Dirigida podem revolucionar as Operações Militares do século XXI?”

Como instrumento orientador de pesquisa, foram deduzidas as seguintes questões derivadas (QD):

- QD1: “Qual é a aplicabilidade das AED nos seus vários ambientes operacionais?”
- QD2: “Quais são as vantagens da integração operacional das AED quando comparadas com as armas convencionais?”
- QD3: “Qual o impacto operacional das AED nos conflitos armados?”



- QD4: “Qual é o contributo estratégico das AED para o desequilíbrio do poder internacional?”
- QD5: “As AED são uma evolução ou uma RAM?”

Para respondermos às QD que foram deduzidas, admitimos as seguintes hipóteses de trabalho:

- H1: As AED são aplicáveis na dimensão terrestre, marítima, aérea e espacial.
- H2: As AED possuem várias vantagens sobre o armamento convencional.
- H3: As AED não substituem o armamento convencional.
- H4: As armas nucleares podem ser substituídas pelas AED como instrumentos de coação ou dissuasão.
- H5: As AED são uma evolução/ inovação tecnológica.

O percurso metodológico iniciou-se com a identificação e caracterização genérica do tema a investigar, a formulação da pergunta de partida e a exploração temática através de uma pesquisa qualitativa e análise documental disponível na Internet. Nesta fase, foi recolhida diversa informação sobre os vários tipos de tecnologia, projetos em curso e tendências futuras, sendo evidente o pouco conhecimento e informação nacional disponível sobre esta matéria. As grandes fontes de informação são artigos, notícias, estudos e relatórios oficiais sobre os projetos dos EUA neste domínio.

A esta fase do processo seguiu-se a construção do modelo de análise e a formulação das hipóteses a verificar, através da análise da informação documental recolhida. Não se complementou a investigação bibliográfica com entrevistas, por não se ter identificado na fase exploratória, entidades nacionais que possuam experiência relacionada com a temática em estudo. No final, foram extraídas as conclusões da investigação, realizadas de forma a proporcionar uma ideia global do trabalho que foi feito, de como foi feito e de quais os resultados que foram alcançados, terminando com algumas considerações, com vista ao desenvolvimento de futuras investigações nesta área.

A resposta à questão central surgirá no final das conclusões através da análise das questões derivadas. Para cumprir com este objetivo, organizámos o trabalho em cinco capítulos.

O primeiro capítulo pretende conceptualizar princípios que permitirão ao longo do trabalho relacionar a RAM com as AED. Serão analisados os conceitos de RAM, Revolução Militar (RM) e a sua destrição segundo vários autores, bem como a evolução e a sua relação com a RAM. No final do capítulo é nossa pretensão definir qual o conceito a aplicar às AED.

No segundo capítulo esclareceremos o que são as “novas armas” e apresentamos o



estado da arte das AED dos EUA, que são do conhecimento público. De modo a complementar o conhecimento nesta área, elencamos alguns dos projetos em desenvolvimento, perspetivando a sua aplicabilidade nas suas várias dimensões, terrestre, marítima, aérea e espacial.

No terceiro capítulo e com o objetivo de verificarmos a pertinência do seu desenvolvimento, analisamos as vantagens e as desvantagens das AED quando comparadas com o armamento convencional, procurando elencar as vantagens da sua integração operacional.

Em cada um dos capítulos seguintes e tendo como finalidade relacionar as AED com o conceito de “revolução”, será igualmente elencado o seu possível contributo para uma eventual RAM.

No quarto capítulo analisamos a importância da integração e utilização de um sistema de AED no teatro de operações, perspetivando as alterações que estas armas podem provocar na condução da guerra. No quinto e último capítulo iremos perspetivar de que modo as AED podem influenciar estrategicamente o equilíbrio de poder entre as nações.

No final do presente trabalho extraímos da nossa investigação e análise as conclusões sobre o tema, englobando uma breve retrospectiva do procedimento seguido e terminamos com algumas considerações quanto ao futuro desenvolvimento de investigações nesta área.



1. O Conceito de Revolução em Assuntos Militares

Em 1970, alguns dos estrategas militares soviéticos escreveram sobre uma Revolução Técnico-militar, em inglês *Military Technical Revolution* (MTR), argumentando que os computadores, a vigilância espacial e os mísseis de longo alcance, evoluíam para um novo nível de tecnologia, cuja importância seria o suficiente para alterar o equilíbrio de poder entre o Este e o Oeste. Em meados dos anos oitenta, o Chefe do Estado-maior General das Forças Armadas soviéticas, Marshal Nicolai Ogarkov, tornou-se o principal defensor do conceito, argumentando que a posição soviética na Europa estava sob a ameaça dos Estados Unidos da América (EUA), por este liderar a revolução tecnológica em curso. No início dos anos noventa, Andrew W. Marshall, diretor do *Office of Net Assessment* do Departamento de Defesa (DoD) americano, estava ciente do conceito de MTR, no entanto, considerava que o ênfase dado pelos soviéticos ao aspeto tecnológico era demasiado restritivo para o que ele considerava uma verdadeira revolução, tendo substituído o termo MTR por um conceito mais amplo e que em adição enfatizava os aspetos doutrinários de uma transformação militar. Nascia assim o conceito de Revolução em Assuntos Militares (RAM) que Marshall designou por *Revolution in Military Affairs* (RMA) (Thompson, 2011, p. 85) e que pode ser definida como uma grande mudança na natureza da guerra, sendo o resultado dos avanços tecnológicos de equipamentos, que combinados com mudanças bruscas na doutrina militar e novos conceitos organizacionais, alteram o carácter e a condução das operações militares.

Para William S. Cohen (1999), Secretário da Defesa americano, uma RAM ocorre quando uma nação aproveita uma oportunidade para transformar a sua estratégia, doutrina militar, treino, formação, organização, equipamentos, operações e táticas, de modo a alcançar uma decisiva superioridade militar, através da utilização de novos métodos.

Embora o conceito de RAM deva a sua origem, em grande parte, aos historiadores e aos teorizadores soviéticos, a liderança civil e militar das forças militares dos EUA constatou que a ideia encontrava grande receptividade entre os políticos, especialistas e académicos (Stephenson, 2010, p. 38). Com o objetivo de convencer os políticos a redirecionar recursos, alterar doutrina ou estruturas e organizações, vários analistas são tentados a abusar do termo “revolução” em virtude da “evolução” ou “mudança” não refletir o impacto suficiente e necessário que pretendiam obter nas audiências alvo (Andrews, 1998, pp. 1-2). “De meados dos anos 90 ao início do século XXI, o Pentágono utilizou o conceito de RAM para justificar a reformulação da doutrina, a reforma das estruturas organizacionais e o dispêndio de grandes quantias em novos sistemas de armas” (Stephenson, 2010, p. 38).

Vários são os teóricos, sejam analistas militares ou historiadores, que utilizam termos



e definições diferentes numa tentativa de explicar o “mesmo” conceito. Alguns utilizam o termo RAM mas apresentam exemplos de “revolução militar” (RM), enquanto outros se limitam a descrever uma RM. Apesar da “confusão” é universalmente aceite a existência de grandes e pequenas revoluções, assim como a existência atual de uma grande revolução: a Era da Informação, que trouxe “alterações dramáticas na rapidez de decisão e reação, assim como no número de sistemas necessários para alcançar os efeitos desejados” (Vicente, 2013, p. 57).

Para Krepinevich (2005) uma RM ocorre quando a aplicação de inovações tecnológicas em um número significativo de sistemas de armas militares, combinados com conceitos operacionais e métodos de organização inovadores, alteram de forma significativa o carácter e a condução dos conflitos militares. Para este, uma RM é composta por quatro elementos: mudança tecnológica, desenvolvimento de sistemas, inovação operacional e adaptação organizacional, sendo que esta abordagem em pouco difere do conceito de RAM definido por Andrew Marshall. Krepinevich em “*Cavalry to Computer: The Pattern of Military Revolutions*” (2005) que identifica dez RM ocorridas desde o século XIV.

Knox e Murray (2001, p. 176) distinguem uma RAM de uma RM, definindo a segunda como um evento “incontrolável, inesperado e imprevisível” que “muda fundamentalmente a estrutura da guerra” por meio de mudanças sísmicas tanto nas sociedades como na organização militar, o que denota uma abordagem mais holística e diferenciadora, integrando as sociedades além do aparelho militar neste conceito de RM. Para estes, uma RAM pode ser descrito como um fenómeno menor e mais restrito, sendo uma combinação de inovações tecnológicas, doutrinárias e organizacionais (Stephenson, 2010, p. 39). A teoria defendida por Murray menciona a existência de grandes revoluções, designadas de RM’s e que são compostas de pequenas RAM’s ou MTR’s. O seu argumento baseia-se nos registos históricos que sistematicamente referem mudanças radicais que são consideradas verdadeiras revoluções militares e que são acompanhadas previamente e/ou posteriormente por pequenas RAM’s ou MTR’s. Estas pequenas revoluções podem resultar de diversos fatores, incluindo a inovação tecnológica (o que constitui uma MTR), ou inovações estratégicas, doutrinárias e táticas (que constitui uma RAM) (Thompson, 2011, p. 95).

Para Alvin e Heidi Toffler (1993) existem três grandes revoluções associadas com as três vagas: Agrária, Industrial e Informacional. Este casal argumenta que na atual revolução informacional, a informação será a fonte de poder, tornando-se num ativo estratégico e o seu controlo o próprio meio da guerra (Thompson, 2011, p. 93). Max Boot (2006) considera



quatro RM's, definindo-as como a revolução da pólvora, a primeira revolução industrial, a segunda revolução industrial e a revolução informacional. Para este autor, a Era da Informação está em constante evolução e as atuais revoluções tecnológicas e futuras revoluções, podem vir a ser consideradas como integrantes da revolução informacional atual. O estratega Colin Gray (2002, p. 206) identifica três grandes revoluções: a revolução napoleónica, a primeira guerra mundial e a revolução nuclear, e defende que a revolução nuclear é historicamente a mais consensual e a que mais evidencia o seu carácter tecnológico.

As alterações relacionadas com a RAM tanto no plano tático como no estratégico são diversas, sendo que alguns especialistas consideram que esta não é uma verdadeira revolução, mas sim um processo evolutivo como tantos outros registados na história e que foram esculpindo o percurso das operações militares. Outros porém detetam diferenças importantes, referindo que as revoluções anteriores foram do tipo sistema único (caso da pólvora) ou combinado (caso da doutrina alemã para o emprego de blindados), e que a presente revolução afigura-se como um sistema integrado ou "sistema de sistemas", sendo que a RAM só atinge a sua plena rentabilização "através do emprego integrado de todos os novos sistemas" (Vaz, 2003, p. 119).

O debate sobre o número total de revoluções e quais as tecnologias, estratégias e mesmo os fenómenos que constituem ou compõem uma revolução, vem destacar um aspeto crucial sobre as revoluções militares, a definição utilizada, sendo que esta procura destacar um determinado evento, da ideia de uma mera mudança ou evolução conceptual (Thompson, 2011, p. 92). Podemos assim aferir que a RAM tem por base uma evolução tecnológica que vai muito para além dela, de acordo com o conceito que estejamos a retratar, resultando assim da conjugação de quatro componentes: a tecnológica, a organizacional, a doutrinária e a conceptual.

Para Colin Gray (2002) a inovação desempenha um papel importante mas é a capacidade de um estado lidar com a crescente complexidade das operações militares que é determinante para o seu sucesso (Thompson, 2011, pp. 98-99). Williamson Murray afirma que uma evolução só se torna uma revolução quando a vitória é alcançada. Da mesma forma, Andrew Krepinevich refere que o que é revolucionário não é a velocidade da mudança, mas o reconhecimento, mesmo que por um curto período, que o carácter do conflito mudou dramaticamente e que é necessário e vital uma mudança radical da doutrina militar e das suas organizações. Ou seja, uma revolução não surge de um processo inovador, mas da perceção do opositor de que a forma de fazer a guerra alterou drasticamente. As armas nucleares podiam ser consideradas como o resultado de uma evolução da capacidade



destrutiva do armamento, no entanto, só após o seu uso no Japão, foram apelidadas de radicais e se percebeu do início de uma nova era de fazer a guerra (Thompson, 2011, pp. 100-101).

A inovação para ser eficaz precisa de uma ameaça real na qual possa concentrar-se, sendo difícil manter a liderança numa RAM sem uma ameaça estratégica convincente. Williamson Murray ao analisar a inovação durante o período entre as duas guerras mundiais, observou que as instituições militares com mais sucesso em prever os problemas nos campos de batalha eram as que estudavam problemas específicos apresentados por inimigos específicos (Stephenson, 2010, p. 44).

De acordo com Andrew Krepinevich, as tecnologias emergentes apenas tornam possíveis as revoluções, sendo cada vez mais curtas as suas vantagens competitivas, pois embora na maioria das forças militares seja possível reconhecer uma vantagem sobre o opositor, nunca se tem a certeza se esta será ou não importante (Thompson, 2011, p. 104). No último século assistiu-se à ideia de que a superioridade tecnológica seria decisiva nos conflitos futuros, sendo estes temporalmente mais curtos, com menos atrição e com tendência para a ausência de baixas. Os conflitos no Afeganistão, no Iraque e no Líbano, evidenciam que a superioridade tecnológica ajuda, mas não é o fator decisivo ou suficiente na resolução dos conflitos (Santo, 2006).

Os tipos de ameaças existentes atualmente, onde se inclui o terrorismo, crime internacional e proliferação de armas de destruição massiva, não se enquadram com a utilização de alta tecnologia e aplicação do conceito de RAM, o que na opinião de Neil McFarlane (1999 cit. por Thompson, 2011, p. 86) vem diminuir a sua importância no contexto atual. “Na esmagadora maioria dos atuais conflitos armados, a ausência de sofisticação tecnológica é que faz a regra” (Vaz, 2003, p. 122). Segundo Murray (1998), na lista de possíveis RAM’s existe apenas um exemplo que é totalmente tecnológico: as armas nucleares. E no entanto, além da competição e equilíbrio de poder que gerou, as armas nucleares não alteraram a natureza da guerra.

A grande revolução atual é o processamento da informação, que se manifesta em três grandes áreas: o domínio da informação, as armas de precisão e as operações conjuntas (Loo, 2006, p. 29). Segundo Gray *et al.* (2007, pp. 107-110), ao invés de uma nova tecnologia ou arma criar sozinha uma rutura revolucionária com o passado, o que parece indicar efetivamente essa rutura é a integração dos novos sistemas de armas em conceitos de emprego e doutrinas operacionais para as novas armas combinadas.

Se a revolução é o resultado de um conjunto de pequenas evoluções, ou de uma ideia



inovadora que ocorre num intervalo de tempo reduzido, é discutível. Se a revolução ocorre quando um dos atores concebe uma nova doutrina ou uma potencial tecnologia, ou ocorre apenas quando uma vitória é alcançada, é uma mera questão de interpretação. Se existem quatro, cinco ou dez revoluções na história é uma questão de opinião baseada na definição de “revolução” que se utiliza e/ou se inclui os termos RAM e MTR. A questão principal do conceito está na definição dos termos e na sua associação por quem os analisa (Thompson, 2011, p. 102).

A relação “evolução *versus* revolução” pode não ser tão incompatível como alguns pretenderam, pois certas inovações na tecnologia, podem ter rápidas consequências na estratégia e na doutrina, e com o tempo virem a ser revolucionárias (Thompson, 2011, pp. 105-106), ou seja, o facto de se usar o termo “revolução” não significa que o processo seja rápido, mas sim que este é radical, mudando tudo em termos de qualidade (Telo, 2002, p. 216). Para uma inovação ser eficaz deve existir uma perceção clara de uma ameaça (Stephenson, 2010, p. 45).

Em suma, o conceito de RMA/RM sugere mudanças radicais no carácter e natureza da guerra e exige alterações na condução das operações militares. Vários autores defendem que estas alterações têm por base desenvolvimentos tecnológicos, e alterações na doutrina e organização, às quais podemos associar uma quarta componente, a conceptual de acordo com o conceito que estejamos a retratar.

Assim, podemos considerar que a RAM é uma visão histórica que só tem sentido após uma evolução ou inovação tecnológica associada a mudanças doutrinárias, organizacionais, mas igualmente estratégicas e políticas, que apenas se tornam visíveis após a obtenção de um resultado final. Nem todas as revoluções militares foram baseadas em tecnologia e conforme verificado nos últimos conflitos, a inovação tecnológica ajuda a obter superioridade relativa, independentemente do tipo de conflito e natureza da ameaça, e não só não elimina a atrição como não garante a vitória, sobretudo se utilizada deficientemente. Realizada a análise conceptual da RAM, julga-se consensual que vivemos atualmente uma longa revolução militar, a Era da Informação, que atingirá a sua plenitude máxima através da integração e rentabilização das informações e do emprego integrado de forças, sensores e armas combinadas de elevada precisão, onde podemos incluir as Armas de Energia Dirigida (AED), como ficará demonstrado nos capítulos seguintes. Esta análise servirá de base para se conseguir validar a hipótese “As AED são uma evolução/inovação tecnológica” subjacente à QD “As AED são uma evolução ou uma RAM?”.



2. A Aplicabilidade das Armas de Energia Dirigida

Com a revolução da informação a avançar à velocidade de um correio eletrónico, os progressos em outras áreas científicas e tecnológicas, em conjunto com alterações táticas, culturais e organizacionais, estão a remodelar a guerra. Muitas destas potenciais revoluções, onde se enquadra por exemplo, a robótica e a ciberguerra, poderiam ser classificadas como subconjuntos da revolução da informação ou uma Revolução em Assuntos Militares (RAM) (Boot, 2006, p. 350). A atual Revolução Militar (RM) é uma guerra distante que procura baixas nulas ou praticamente nulas de um dos lados, “em que o poder que está na defensiva é castigado sem conseguir responder e isso, mais que qualquer outra coisa, acaba por minar a sua vontade de resistir” (Telo, 2002, p. 222).

Depois de abordarmos o conceito de RAM e termos definido a atual revolução em curso, importa esclarecer o que são as Armas de Energia Dirigida (AED) e elencar o estado da arte destes sistemas nas suas várias dimensões.

As AED são uma área que tem sido negligenciada na atual revolução, no entanto, as tecnologias associadas a estes sistemas de armas foram amadurecendo, tendo o apoio político e financeiro permitido que a implementação deste tipo de sistemas seja já uma realidade (Mowthorpe, 2002). Com o Departamento de Defesa americano (DoD) a investir no seu desenvolvimento desde a década de 60, os desafios técnicos que potenciaram atrasos na sua implementação e o seu uso no teatro de operações, estão a ser ultrapassados pela recente evolução da engenharia (Krepinevich, et al., 2009, p. 5). Uma breve descrição histórica das AED pode ser consultada no apêndice 1.

Designação genérica para vários tipos de armas que utilizam partes do espectro eletromagnético para fins militares diretamente ligados ao uso da força, as AED direcionam a energia com potências muito mais elevadas do que as potências aplicadas em usos domésticos ou mesmo industriais (Ávila, et al., 2009, p. 73), sendo definidas pelo governo americano como “uma arma ou sistema que usa a energia dirigida para incapacitar, destruir ou deteriorar equipamento, infraestruturas e/ou pessoal inimigo”, nas dimensões terrestre, aérea, naval e espacial (US DoD, 2013a, p. 79). Conforme se apresenta no apêndice 2, existem várias tecnologias a considerar nas AED, como sejam os lasers e micro-ondas, que foram recentemente desenvolvidas e que podem agora ser empregues em sistemas de armas (Pališek, 2009, p. 55).

As AED têm sido consideradas como adequadas e propensas para utilizar tecnologias menos letais ou até mesmo não-letais, tipologia que foi objeto de grande interesse nos últimos anos. Algumas tipologias de AED quando empregues diretamente contra pessoas,



possuem a vantagem dos seus efeitos poderem ser regulados para níveis não-letais, evitando assim a perda de vidas humanas. Tal possibilidade é particularmente útil para missões de manutenção da paz onde um dos principais requisitos é a inexistência de vítimas civis (Boot, 2006, p. 355). As AED não-letais têm demonstrado que são um meio seguro, legal e mais humano no tratamento, possuindo a capacidade de serem usadas em vários tipos de missão, como sejam a negação de área, o controlo de multidões e a segurança de plataformas, instalações e infraestruturas. Existem inclusive, pesquisas a serem desenvolvidas sobre o potencial de se usar a energia na forma de radiofrequência (RF) com o objetivo de parar veículos terrestres e pequenas embarcações sem qualquer efeito letal nos seus utilizadores (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 21).

O *Multi-Frequency Radio-Frequency Vehicle Stopper*, ainda em fase de desenvolvimento, tem como objetivo a paragem de veículos sem que exista qualquer efeito colateral ou dano físico. O seu conceito permite a criação e manutenção de uma zona segura, em que através da energia eletromagnética, se interfere nos motores dos veículos, afetando os seus componentes elétricos e provocando a sua paragem. O sistema possui o potencial necessário para ser utilizado em várias missões de proteção de força, controlo de pontos de acesso, bloqueio de estradas e patrulhas. Utilizando o mesmo conceito, está igualmente a ser desenvolvido o *Radio-Frequency Vessel Stopper* com o objetivo de parar ou degradar pequenas embarcações e navios, o que permitirá apoiar a proteção da força ou unidade naval, operações portuárias, interdição de áreas e a perseguição e paragem de navios (US DoD, 2013b, p. 6).

Os lasers são o rosto mais visível e conhecido, mas estes são apenas um dos vários tipos de AED existentes. Existem outros dispositivos que geram micro-ondas e ondas eletromagnéticas e que são muito eficazes quando utilizados contra equipamentos eletrónicos porque os semicondutores que os compõem são extremamente sensíveis a qualquer pico de energia. Uma arma de micro-ondas de alta potência pode danificar seriamente os circuitos a bordo de uma aeronave ou um míssil, provocando a sua queda (Boot, 2006, p. 355).

a. Armas Laser

As armas laser estão a ser desenvolvidas para abater aeronaves, mísseis, navios e alvos terrestres, mas igualmente para neutralizar minas terrestres e marítimas, podendo ser instaladas e integradas numa grande variedade de veículos.



(1) Laser Anti Minas “ZEUS”

O HLONS (HMMWV¹ *Laser Ordnance Neutralization System*) mais conhecido como “Zeus”, foi a primeira arma laser a ser usada em combate, quando em 2003 o exército dos EUA interveio no Afeganistão. Montado no topo de um Humvee (cf. fig. nº 1), o “Zeus” emite dois quilowatts de energia e pode neutralizar minas terrestres ou engenhos explosivos por detonar, que foram colocadas por insurgentes com o propósito de destruir comboios militares, a uma distância até cerca de 300 metros, minimizando os efeitos de uma detonação completa (Boot, 2006, p. 354). O Zeus foi destacado igualmente para o Iraque e já demonstrou a sua utilidade ao neutralizar mais de 2200 engenhos, com uma taxa de eficácia de 98 por cento (PARSONS, 2012). “O sistema usa combustível a Diesel para criar um raio laser, focalizando a energia no alvo que ao aquecer detona em uma explosão menos violenta do que se o explosivo fosse ativado, causando menos danos na área ao redor” (Costa, 2012, p. 38).



Figura nº 1 – Laser Anti Minas “ZEUS”

Fonte: *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (Gunzinger & Dougherty, 2012)

(2) *Advanced Tactical Laser*

O *Advanced Tactical Laser* (ATL) foi desenvolvido pela *Boeing* em 1996 com o objetivo de avaliar o potencial de um *High-energy laser* (HEL) na condução de ataques aéreos contra alvos terrestres fixos e móveis, utilizando um pequeno *Chemical oxygen-iodine lasers* (COIL) montado numa aeronave. Embora a potência do ATL seja apenas cerca de cinco por cento do que o projetado para o *Airborne Laser Test Bed* (ALTB), o sistema ocupa mais de dois terços da área de carga de um C-130 (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 15). O primeiro voo de teste foi realizado em 2005, tendo sido adaptado em 2009 para funcionar numa aeronave MV-22. O sistema opera no comprimento de onda dos 1,315

¹ *High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle*, normalmente conhecido por Humvee.



microsegundos, podendo gerar potências entre os 100 e os 300 kW durante cinco segundos. Quando não existe demasiada atenuação excessiva, o seu alcance pode atingir os 20 km (Mcarthur, et al., 2013, pp. 27-28). Com um diâmetro de feixe de dez centímetros, possui a potência suficiente para cortar metal a uma distância de cerca de 14 km. Uma aeronave de teste NC-130H (cf. fig. nº 2) especialmente modificada e equipada, disparou o ATL enquanto voava sobre White Sands, Novo México, tendo atingido com sucesso um alvo terrestre. O ATL destina-se a danificar, degradar ou destruir alvos sem ou com reduzidos efeitos colaterais (NSWCDD, 2012, p. 32).



Figura nº 2 – *Advanced Tactical Laser* durante testes a bordo do NC-130H

Fonte: *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (Gunzinger & Dougherty, 2012)

(3) *Ground Based Laser Weapon*

Ao longo de trinta e três dias, cerca de 4.000 *rockets* de curto alcance e sem qualquer tipo de guiamento, foram disparados sobre povoações, vilas e cidades no norte de Israel. Durante o conflito com Israel no verão de 1996, a utilização indiscriminada pelo Hezbollah de *rockets* sobre os aglomerados populacionais, motivou o desenvolvimento de um sistema laser que pudesse neutralizar igualmente a ameaça de mísseis, artilharia e morteiros (Krepinevich, et al., 2009, p. 2).

A proliferação contínua de tecnologias e sistemas de posicionamento e navegação e a custos reduzidos, como sejam *Global Positioning System* (GPS), navegação inercial, infravermelhos, RF, entre outros, sugere que é uma questão de tempo para que as forças militares dos EUA sejam confrontadas por adversários “supostamente” inferiores, mas dotados de armamento mais letal e com uma maior precisão (Krepinevich, et al., 2009, p. 2). Perante estas ameaças e baseado igualmente numa suposta necessidade de um sistema antimíssil capaz de neutralizar cerca de 40 mísseis por segundo, num caso de existir um ataque simultâneo da Rússia com cerca de 2000 mísseis, foi desenvolvido o sistema THEL (Laser de Alta Potência Tático – do inglês, *Tactical High Energy Laser*), para a defesa



terrestre dos EUA e das suas forças militares (Costa, 2012, p. 38).

O THEL é um laser de fluoreto de deutério (DF), desenvolvido pelo exército (cf. fig. nº 3). Durante os testes ocorridos em 2000 e 2001, o THEL obteve um enorme sucesso ao abater 28 *rockets* (Northrop Grumman, 2014b) de fabrico russo da classe Katyusha a diferentes distâncias, utilizados para atacar o norte de Israel. Existe uma versão móvel (cf. fig. nº 4), o MTHEL (acrescenta-se à sigla o *Mobile*) desde novembro de 2002. Posteriormente, durante um teste realizado em agosto de 2004, o sistema abateu com êxito várias salvas de morteiros (NSWCDD, 2012, p. 32).



Figura nº 3 – *Tactical High Energy Laser*

Fonte: (Northrop Grumman, 2014b)



Figura nº 4 – *Mobile Tactical High Energy Laser*

Fonte: (Boeing, 2012b)

(4) *Area Defense Anti-Munitions*

De acordo com a *Lockheed Martin* (2013), o *Area Defense Anti-Munitions* (ADAM) foi projetado como um sistema de defesa de curto alcance, que utiliza tecnologia laser de dez quilowatts para abater *rockets*, veículos aéreos não tripulados (UAV) e pequenas embarcações. O ADAM é um sistema terrestre, transportável e independente (cf. fig. nº 5),



que em poucos segundos deteta e destrói uma ameaça. Permite o seguimento de alvos até cinco quilómetros e a sua destruição até dois quilómetros, podendo ser utilizado para a proteção de áreas ou edifícios de elevado valor operacional.



Figura nº 5 – *Area Defense Anti-Munitions*

Fonte: (Lockheed Martin, 2013)

(5) *Laser Weapon System (LaWS)*

O *Laser Weapon System* (LaWS) combina seis *Solid-state laser* (SSL) para produzir um raio de energia laser contínuo de 100 kW de potência, prevendo-se que o seu diretor de tiro seja montado no sistema de arma *Phalanx* ou equivalente (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 25).

Construído pela empresa *Raytheon*, o LaWS foi testado a bordo do *Guided missile destroyer* (DDG) Dewey (cf. fig. nº 6), destroyer americano da classe Arleigh Burke, tendo em Maio de 2010, abatido com êxito, quatro UAV em quatro tentativas, a uma distância de uma milha náutica, num cenário de ameaça e combate em ambiente naval, ao largo da costa do Sul da Califórnia, junto à ilha de San Nicolas. O LaWS demonstrou igualmente a habilidade para destruir materiais usados em embarcações semirrígidas (RHIB) a uma distância de meia milha náutica e como contramedida para sensores eletro-óticos e infravermelhos (Mcarthur, et al., 2013, p. 21). Entre Julho e Setembro de 2012, o LaWS abateu novamente três UAV em três tentativas, durante testes realizados a bordo em águas de San Diego (O'Rourke, 2013, p. 10).

A visão da Marinha norte americana é que o LaWS seja usado em operações de negação ou empastelamento de sensores eletro-óticos, contra UAV e mísseis eletro-óticos, e como forma de aumentar a capacidade de seguimento de alvos. Um laser com uma potência entre 125 e 150 kW foi considerado tecnicamente viável de instalar na classe de navios DDG-51 e de integrar nas classes LCS-4 e LCS-5 (Mcarthur, et al., 2013, p. 23).



Figura nº 6 – *Laser Weapon System* a bordo do USS Dewey

Fonte: (US Navy, 2014)

Em 8 de abril de 2013, a Marinha americana anunciou a intenção de instalar no início de 2014, um protótipo do LaWS no USS PONCE, um antigo navio anfíbio (LPD-4) que foi convertido para servir de *Afloat Forward Staging Base*. A sua integração não irá ser total, pois o sistema provisório de 100 kW a ser instalado, será independente em energia e refrigeração (Mcarthur, et al., 2013, pp. 175-176). A Marinha já tinha previsto que a intensificação da potência do LaWS para cerca de 100 kW ocorreria no ano fiscal de 2014 (O'Rourke, 2013, p. 9).

O LaWS apresenta um conjunto de soluções viáveis para fazer face a um subconjunto importante de ameaças e em virtude de ser totalmente elétrico, a operação do seu sistema não exige a manipulação e armazenamento de produtos químicos perigosos a bordo.

Embora o seu nível de potência atual ainda não seja o adequado para fazer face a determinadas ameaças e a distâncias taticamente adequadas, como sejam os mísseis de cruzeiro ou balísticos, o seu desenvolvimento atual permite a sua utilização operacional contra um grande espectro de ameaças a distâncias muito similares ou superiores aos atuais sistemas de defesa dos navios, como sejam os UAV, sistemas de *Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance* (ISR), *rockets*, morteiros, minas flutuantes, mísseis anti navio e artilharia (NSWCDD, 2012, pp. 37-38).

Uma grande vantagem deste sistema, é a possibilidade de se integrar no atual *Close-In Weapon System* (CIWS), pois através do uso combinado desta tecnologia com um sistema já integrado e montado a bordo, é possível reduzir os seus custos de instalação, e assim aumentar a capacidade operacional das unidades navais, sem a necessidade de se sacrificar os atuais recursos. Assim, ao se considerar a sua instalação a bordo, os decisores apenas têm



de optar pela instalação do LaWS a ré, a vante ou em ambas as localizações. A sua integração irá permitir que o LaWS seja controlado através dos mesmos sistemas que controlam atualmente o CIWS, com uma área de cobertura que se presume ser muito semelhante à do CIWS, desde que ambos os sistemas compartilhem a mesma estrutura (Mcarthur, et al., 2013, pp. 179-182).

A ameaça de pequenas embarcações e AUV contra navios de apoio, de transporte e de logística, a reduzida capacidade de aviso antecipado e de defesa destes navios contra potenciais terroristas e ataques de piratas, e a limitação da força imposta pelas regras de empenhamento e pelo conceito de operações em determinadas missões, torna bastante importante a operacionalização de um sistema como o LaWS, que possa graduar a força desde o simples aviso até à força letal e que simultaneamente aumente a capacidade de defesa própria destas unidades navais contra ameaças aéreas e assimétricas (NSWCDD, 2012, p. 43).

(6) *Maritime Laser Demonstrator*

O *Maritime Laser Demonstrator* (MLD) combina coerentemente a tecnologia elétrica do seu módulo laser, com um sistema de controlo de feixe e de tiro, utilizando a combinação de vários feixes SSL de 15 kW, de modo a aumentar a sua potência de saída e criar um raio de alta potência (100 kW) com muito boa qualidade (Mcarthur, et al., 2013, p. 184).

Durante testes estáticos realizados em terra, em Setembro de 2010, o MLD (cf. fig. nº 7) queimou com sucesso várias secções de pequenas embarcações, tendo sido montado num navio em Abril e Maio de 2011 para uma demonstração de defesa própria em alto mar (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 25). A bordo do USS PAUL FOSTER, um destroyer descomissionado da classe Spruance, onde foi integrado nos seus sistemas radar e de navegação, bem como no sistema elétrico do navio, o MLD demonstrou a sua capacidade de seguir e neutralizar múltiplas pequenas embarcações, a distâncias operacionais significativas e assim provando a capacidade de os SSL assumirem a defesa dos navios contra pequenas embarcações. Ficou igualmente demonstrado a capacidade do MLD de suportar condições meteorológicas adversas de chuva e nevoeiro, com um estado de mar de dois metros e meio e ventos de 25 nós (Mcarthur, et al., 2013, p. 184).

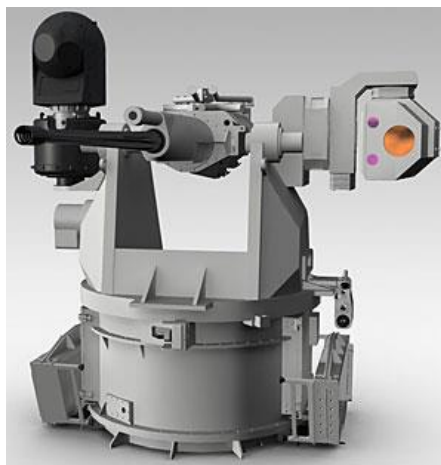
Figura nº 7 – *Maritime Laser Demonstrator*

Fonte: (US Navy, 2011)

O MLD é fisicamente o maior sistema das AED que se prevê para instalação a bordo de unidades navais. O seu tamanho e o espaço que o protótipo ocupa de forma autónoma podem ser reduzidos através da sua integração nos sistemas elétricos e refrigeração de bordo, essencial para minimizar os danos no equipamento causados por superaquecimento, sendo absolutamente necessário dissipar qualquer excesso de calor gerado pelo laser. De modo semelhante ao LaWS, o conceito do MLD é combinar feixes laser de modo a se atingir a potência desejada (Mcarthur, et al., 2013, pp. 185-187).

(7) *Maritime Tactical Laser System*

O *Tactical Laser System* (TLS) é uma parceria entre a *Boeing* e a *British Aerospace* (BAE). O sistema tem uma potência de 10 kW e tem como finalidade a integração com as metralhadoras MK 38 de 25 mm (cf. fig. nº 8), instaladas a bordo de muitos dos navios da Marinha norte-americana. O TLS pretende aumentar a capacidade da metralhadora MK 38 contra pequenos alvos, como sejam as pequenas embarcações, e melhorar igualmente a sua precisão no seguimento de alvos (O'Rourke, 2013, p. 11).

Figura nº 8 – *Maritime Tactical Laser System*

Fonte: (Boeing, 2011)



O TLS ao ser integrado na MK 38 mantém a capacidade total da metralhadora e a filosofia de um único operador, combinando a AED com uma arma cinética numa única estrutura, o que oferece opções adicionais ao utilizador e um impacto mínimo na atual configuração a bordo, permitindo uma cobertura de 360 graus e uma elevada precisão contra ameaças assimétricas. Outra vantagem do TLS quando comparada com outras AED é que não necessita de muito mais espaço adicional e energia ou possui muito mais peso que as atuais armas convencionais (Mcarthur, et al., 2013, pp. 190-191).

(8) High Energy Liquid Laser Area Defense System

Conforme publicado pela *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA, 2011), o objetivo do programa *High Energy Liquid Laser Area Defense System* (HELLADS) é desenvolver uma arma laser com uma potência de 150 kW, mas cerca de dez vezes mais pequeno e leve que os lasers de potência similar, permitindo assim a sua integração em aeronaves contra ameaças terrestres e aumentar assim o alcance dos sistemas de defesa terrestres. O sistema é para ser contruído pela *General Atomics* e o seu subsistema de aquisição e seguimento (provavelmente laser) a ser desenvolvido pela *Lockheed Martin Corporation*, sendo a maioria seus detalhes de natureza classificada. A intenção inicial era o desenvolvimento de uma arma com um peso de 750 kg que ocupasse apenas um a dois metros cúbicos, de modo a ser instalada numa plataforma aérea, no entanto, a DARPA terá conseguido reduzir o seu tamanho de modo a conseguir realizar a sua instalação num veículo. Para a *Lockheed Martin*, o laser pode ser instalado numa grande variedade de plataformas (Rich, 2010, p. 206).

(9) EXCALIBUR

Recentemente, foi amplamente divulgado o sucesso de outro programa em desenvolvimento pela DARPA (2014). Com o nome de EXCALIBUR, o programa está a desenvolver uma combinação de lasers de fibra ótica de baixa potência, cujo objetivo nos próximos três anos, é aumentar gradualmente a sua potência até valores superiores a 100 kW e com uma dimensão e peso bastante reduzido. No seu último teste, foram utilizados 21 elementos óticos *phased array* impulsionados por amplificadores de laser de fibra, combinados em três *clusters* idênticos, com apenas dez centímetros de diâmetro (cf. fig. nº 9). O laser foi usado de modo a atingir um alvo a sete quilómetros, tendo revelado uma correção da turbulência atmosférica quase perfeita, atingindo níveis muito superiores aos óticos convencionais. Os testes revelaram a precisão do laser mesmo com condições atmosféricas adversas e a potencialidade de se atingir um HEL múltiplo de 100 kW com um peso dez vezes inferior, com uma eficiência energética na ordem dos 35 por cento e mais



compacto que os lasers existentes, permitindo a sua utilização operacional na defesa própria de aeronaves e na defesa antimíssil (DARPA, 2014).

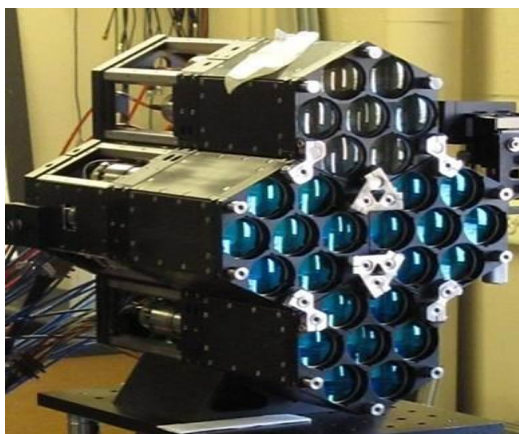


Figura nº 9 – *Optical phased array* usado na demonstração do programa EXCALIBUR

Fonte: (DARPA, 2014)

(10) *Space Based Laser*

Conforme refere o *National Security Space Strategy* (US DoD & ODNI, 2011, p. 1) o espaço e o seu domínio é vital para a segurança nacional dos EUA e para a sua capacidade de antecipar novas ameaças, projetar poder, conduzir operações, apoiar a diplomacia e a economia global. De modo a manter estas capacidades, os EUA baseiam a sua estratégia num espaço comum, mas seguro, não abdicando do seu direito ao uso da legítima defesa, caso venham a ver os seus objetivos ameaçados, neutralizando assim possíveis ameaças (US DoD & ODNI, 2011, p. 4).

Considerando que os EUA podem identificar praticamente em tempo real, um qualquer alvo em qualquer lugar, o próximo passo lógico será implantar sistemas de armas que possam destruir esse alvo, ou uma qualquer combinação de alvos, não interessando onde eles se encontrem geograficamente (Chapman, 2003, p. 8), e que permitam aumentar drasticamente a rapidez de execução do ciclo de decisão ou ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir e Atuar) e revolucionar o ciclo do *targeting*.

Para cumprir com este desiderato e de acordo com Boot (2006, pp. 353-354), os sistemas satélite são os mais bem-sucedidos de todos e indispensáveis em futuras operações, o que faz do espaço e do seu controlo uma nova dimensão da guerra, levando a que o DoD tenha explorado a possibilidade de colocar uma arma laser a orbitar no espaço, com o objetivo de abater mísseis balísticos. O interesse político sobre a utilização de lasers baseados no espaço (SBL – *Space Based Laser*) para a defesa contra mísseis balísticos surgiu após se ter verificado que estes são relativamente frágeis, não resistindo à energia do laser e que os lasers químicos podem manter a sua capacidade destrutiva até uma distância de 3000



km, o que permite a neutralização do míssil poucos segundos após o seu lançamento e ainda sobre território hostil. Para que tal seja possível, será necessário que o laser esteja numa posição que lhe permita destruir o maior número de mísseis na sua fase pós lançamento, no entanto, a altitude ou a órbita do satélite depende, da capacidade do laser, da duração da sua fase de arranque e do nível de resistência do míssil. A configuração ideal seria uma constelação de satélites (vinte e quatro) com a sua órbita inclinada cerca de 70 graus sobre o Equador e equipados com um laser de elevada potência, capaz de atingir alvos a uma distância até 5000 km (Mowthorpe, 2002). De modo a reduzir os seus custos financeiros bastante limitativos, outra variante do projeto é os satélites apenas disporem de espelhos desdobráveis, o que permitiria direcionar um laser disparado da terra e assim garantir de igual modo, a neutralização de mísseis hostis (Costa, 2012, p. 37). Utilizando um mínimo de três espelhos espaciais, é possível utilizar lasers originários da terra e redirecioná-los para qualquer lugar do planeta à velocidade da luz (Rich, 2010, p. 209).

Outro programa de pesquisa e desenvolvimento nos EUA é o veículo X-37B, a primeira aeronave espacial não tripulada (cf. fig. nº 10) e cujo objetivo e capacidades, ainda é secreto para a opinião pública.



Figura nº 10 – X-37B *Orbital Test Vehicle*

Fonte: (Boeing, 2012a)

De acordo com as notícias da *British Broadcasting Corporation* (BBC, 2012), desde que foi lançado em 2010 o primeiro X-37B, várias foram as especulações sobre o seu propósito, desde uma arma antissatélite até missões de reconhecimento e espionagem, sendo por diversas vezes relacionado como um satélite espião que pode ser colocado sobre qualquer país ou região do mundo. Obviamente, os militares há muito tempo que estão interessados em obter uma capacidade espacial que tenha a possibilidade de manobrar, evadir e ser imprevisível, pois pode ser colocado em qualquer parte, sob qualquer alvo e em qualquer altura. A *Boeing's Experimental Systems Group*, uma unidade da divisão de



sistemas espaciais e de inteligência, é o principal contratante desta aeronave espacial (Boeing, 2012a), cujo interesse pressupõe a utilização deste veículo para a recolha de informações. No entanto, a sua dimensão sugere que possui o potencial necessário para o transporte de uma AED que poderia ser utilizada a partir do espaço, em caso de necessidade.

Algumas propostas de armas baseadas no espaço incluem o uso da energia solar para a aplicação em HEL e sistemas óticos, o que permite alimentar o laser em vários modos de operação, atingir elevadas potências e ajustar a sua letalidade contra alvos terrestres, aéreos e espaciais (Rich, 2010, pp. 209-210).

Os programas de pesquisa e desenvolvimento que envolvam a militarização do espaço são propensos à resistência de outros países. As armas permanentes baseadas no espaço, nas quais podemos considerar as AED e cinéticas integradas em satélites, são atualmente proibidas pelo Tratado Espacial². No entanto, o interesse manifestado pelo controlo do espaço e a suposição de que este será um futuro campo de batalha, sugerem que as AED no espaço se tornarão parte do arsenal dos EUA num futuro próximo (Chapman, 2003, pp. 8-9). Para alguns autores, o conceito da “desmilitarização do espaço” só se aplica ao armamento nuclear e não a outros tipos de sistemas com evidente utilização militar (Telo, 2002, p. 234).

b. Armas de Micro-ondas

As armas de micro-ondas baseiam-se em duas grandes tecnologias. A primeira utiliza ondas milimétricas que podem ser focalizadas num alvo a grandes distâncias e produzem uma sensação de queimadura, cujo exemplo é o *Active Denial System* (ADS). A segunda tecnologia são as *High-Powered Microwaves* (HPM), cujo exemplo é a bomba eletromagnética (*e-bomb*) que pode destruir à distância, circuitos eletrónicos e redes de comunicações, através de uma explosão eletromagnética não-nuclear, existindo uma grande variedade de aplicações de acordo com a sua potência (Rich, 2010, p. 190).

Projetadas para neutralizar, negar, degradar, danificar ou destruir alvos, as armas HPM podem ser descritas como sistemas não cinéticos que irradiam energia eletromagnética no espectro de micro-ondas ou RF, cujo objetivo é atacar a tecnologia eletrónica do adversário. Estas podem ser integradas em todos os tipos de plataformas e ser inclusive

² *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies*, assinado em Londres, Washington e Moscovo a 27 de Janeiro 1967. De acordo com a ONU (http://disarmament.un.org/treaties/t/outer_space), o tratado foi ratificado por 102 países, 27 países assinaram mas não ratificaram.



portáteis e individualmente transportáveis (NSWCDD, 2012, pp. 78-81).

(1) *Active Denial System*

A Força Aérea e o Corpo de Fuzileiros dos EUA investiram cerca de 40 milhões de dólares para desenvolver o ADS, que emite ondas milimétricas que podem penetrar ligeiramente na pele e causar uma intensa sensação de queimadura. Sendo muito útil para o controlo de multidões hostis, a vantagem deste sistema é que pode ser utilizada para cobrir uma determinada área a custos bastante reduzidos (Boot, 2006, p. 355).

Devido à sua capacidade de penetração ser apenas superficial, o risco de lesão grave permanente é mínimo (embora pequenas lesões mais duradoras sejam possíveis de ocorrer em nervos, tecidos e células gordas). No entanto, o seu efeito passa assim que o sistema é desligado ou que os indivíduos se retiram da direção do feixe (Mcarthur, et al., 2013, p. 30). O seu feixe pode ser ajustado a um pequeno ponto ou a uma grande área, irradiando sobre várias pessoas, ou seja, pode ser ajustado para se concentrar num único indivíduo ou em milhares de pessoas numa determinada área. Dependendo da potência utilizada, o ADS pode causar uma grande variedade de efeitos. Estes incluem o aquecimento de todo o corpo, um ardor intolerável numa área específica (sensação de queimadura), ou uma sensação semelhante ao de picada de abelha e que pode cobrir todo o corpo. Em casos extremos com potências mais elevadas, esta pode provocar uma ressonância corporal interna, afetando o funcionamento dos órgãos (Rich, 2010, p. 194).

Atualmente, existem dois tipos de ADS (cf. fig. nº 11). O ADS1 é um protótipo móvel que tem servido satisfatoriamente nos últimos oito anos ao demonstrar a potencialidade da tecnologia, atingindo o fim da sua utilidade e atual configuração. O ADS1 está a ser remodelado numa nova e mais robusta plataforma móvel, de modo a preencher as solicitações atuais de demonstração e potencial emprego operacional. O ADS2 é uma versão contentorizada e adequada para destacamento e emprego operacional. Caso seja recebida uma solicitação, existe um plano de aprontamento para implementação do sistema, treino dos operadores e apoio operacional e técnico através de um representante do seu fabricante, a empresa *Raytheon*. O ADS2 possui um alcance de cerca de 1000 metros, grande precisão e capacidades noturnas e diurnas, sendo a sua aplicação ideal em determinadas missões, que inclui, sem estar limitado, à segurança de área, estabelecendo perímetros de segurança, em bases avançadas, bases aéreas e portos (US DoD, 2013b, p. 6).



Figura nº 11 – *Active Denial System 2* á esquerda e o ADS1 á direita

Fonte: (ABC News, 2010)

(2) *Electromagnetic Bomb*

A arma de *electromagnetic pulse* (EMP), também designada de *e-bomb*, é capaz de degradar ou danificar os circuitos da maioria dos dispositivos eletrônicos. A arma produz este efeito ao enviar um pulso único ou uma série rápida e de elevada potência, de ondas de energia eletromagnética na faixa dos 100 MHz aos 20 GHz, similares a um relâmpago ou explosão nuclear. A sua potência pode atingir as centenas de megawatts. A *e-bomb* possui um alcance de várias centenas de metros, mas supostamente pode atingir até aos 15 km, destruindo qualquer aparelho eletrônico no seu raio de ação (Rich, 2010, pp. 197-198).

Os seus alvos incluem: mísseis, aeronaves, veículos, embarcações e navios, sistemas de comunicações, computadores, redes, radares e rádios. Pode igualmente interferir com a rádio de onda curta e com as transmissões televisivas. Também pode perturbar ou destruir sistemas de ignição. Uma cidade inteira pode ser afetada pela utilização desta arma, que pode ser instalada e utilizada de qualquer plataforma móvel ou fixa (Rich, 2010, pp. 198-199).

c. **Armas Acústicas**

As armas acústicas são consideradas AED porque empregam ondas sonoras (energia) sobre um alvo, produzindo efeitos físicos e psicológicos. Estas armas incluem dispositivos direcionais que podem transmitir a grandes distâncias som audível e doloroso ao ouvido humano, e geradores que podem disparar projéteis acústicos a várias centenas de metros, causando um determinado efeito sobre um alvo (Rich, 2010, p. 214).

A grande maioria destas armas funciona entre a gama de frequências de 1 Hz a 30 kHz, abrangendo as ondas sonoras infrassônicas, ultrassônicas e audíveis. Além da frequência, outro fator de som a considerar é a sua potência. Os decibéis são usados para medir a potência do som audível e inaudível, pois ambos produzem efeitos que devem ser considerados. Qualquer som torna-se fisicamente doloroso após os 120 decibéis, embora



potências mais baixas possam provocar algum desconforto. Após os 130 decibéis, as ondas sonoras tornam-se insuportáveis, ou seja, quanto maior a potência, maior é o dano. Os efeitos destas armas podem incluir, dependendo da frequência e da sua potência: fadiga, desconforto, aquecimento da pele, náuseas, dores abdominais, pressão no ouvido, perda de visão, desequilíbrio, desorientação, fortes dores intestinais e abdominais, náuseas e vômitos. Outro efeito muito doloroso é a ressonância dos ossos. Utilizando potências mais elevadas, as ondas sonoras podem afetar os órgãos internos, causando a morte (Rich, 2010, pp. 214-220).

(1) *Long-Range Acoustic Device*

Com o objetivo de controlar multidões sem recurso à força letal, o Corpo de Fuzileiros e o Exército dos EUA tem utilizado uma arma que utiliza ondas sonoras, o *Long-Range Acoustic Device* (LRAD) (cf. fig. nº 12). Este dispositivo acústico de longa distância é uma antena em forma de prato que pode emitir um ruído ensurdecedor até 150 decibéis. Esta AED foi desenvolvida como uma arma não-letal, no entanto, pode funcionar como uma arma letal, caso as suas ondas sonoras sejam ajustadas para níveis acima dos 150 decibéis, limite a partir do qual, estas podem provocar graves ferimentos internos nos humanos (Boot, 2006, p. 356).



Figura nº 12 – *Long-Range Acoustic Device* a bordo de um navio de guerra

Fonte: (LRAD Corporation, 2013)

De acordo com a *LRAD Corporation* (2013) que comercializa este tipo de dispositivos, os LRAD são um sistema eficaz de transmissão de avisos e ordens e podem ser montados em viaturas, navios ou fixados no terreno. As suas características permitem que este tipo de equipamentos seja empregue em várias tipologias de missões ou tarefas, como sejam proteção de força, segurança de *checkpoints* e controlo de multidões.

A Marinha de Guerra Portuguesa possui um LRAD que é instalado nos navios aquando da sua participação em operações internacionais. Utilizado principalmente como



equipamento de transmissão de ordens e avisos a longas distâncias, com o módulo adequado, pode tornar-se uma arma letal. Estes dispositivos podem ser empregues em qualquer tipo de operações de segurança marítima que envolva uma ação de *boarding* e em Operações de Ajuda Humanitária, Manutenção da Paz ou mesmo Imposição, para controlo de tumultos e manifestações, bem como na proteção de meios, infraestruturas e equipamentos.

Elencados os vários sistemas de AED nas suas várias dimensões, podemos concluir que estas armas possuem várias aplicações de acordo com o seu ambiente operacional, podendo ser instaladas em várias plataformas, quer estas sejam terrestres, navais, aéreas ou espaciais. Utilizando energia eletromagnética, as AED podem ser divididas em armas laser, de micro-ondas ou acústicas, e agrupadas de acordo com a sua tipologia, caso estas sejam letais ou não-letais.

Caracterizadas as AED, fica demonstrada a hipótese H1 “As AED são aplicáveis na dimensão terrestre, marítima, aérea e espacial” subjacente à QD “Qual é a aplicabilidade das AED nos seus vários ambientes operacionais?”.



3. Vantagens e Desvantagens das Armas de Energia Dirigida

Apresentado o estado da arte das Armas de Energia Dirigida (AED) e alguns dos projetos em desenvolvimento, importa agora fazer uma análise comparativa com o armamento convencional, de onde procuraremos retirar e elencar as vantagens das AED e atestarmos a sua pertinência.

As alterações revolucionárias nos teatros futuros da guerra convencional são possíveis graças aos recentes avanços de desenvolvimento tecnológico, que permitiu importantes inovações em sensores e sistemas de armas. Estas armas e sensores incluem obviamente as AED, além de sistemas de vigilância e identificação de alvos, que proporcionam às operações militares, uma capacidade de destruir ou neutralizar mísseis e outros alvos à velocidade da luz e com elevados alcances, mantendo quase ininterruptamente as suas cadências de tiro (Amarante, 2003, p. 9).

A ameaça de ataques com mísseis é permanente com o evoluir das suas plataformas lançadoras, cada vez mais sofisticadas, como são o caso de veículos e aeronaves não tripuladas (McAulay, 2011, p. 207). De acordo com Krepinevich, et al. (2009, p. 2) uma pesquisa do *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (CSBA) revelou que as organizações terroristas possuem no curto prazo, os patrocínios financeiros, recursos e capacidade para adquirir e empregar armamento *Guided-rockets, artillery, mortars, missiles* (G-RAMM). A capacidade que os sistemas laser possuem de neutralizar estas ameaças em voo, tornam estes sistemas o meio de defesa primordial contra G-RAMM, pelo que se torna imperativo que os Estados Unidos da América (EUA) atinjam a sua capacidade operacional inicial antes da proliferação destas ameaças pelas várias organizações terroristas. Apenas as armas laser são atualmente eficazes na interceção de mísseis balísticos intercontinentais, logo na sua fase de arranque. Uma desvantagem é que o feixe das armas laser tem de atingir e manter-se sobre o alvo, o que a longas distâncias aumenta a dificuldade de aquisição e acompanhamento do alvo (Mowthorpe, 2002). A aquisição a grandes distâncias de um míssil durante a sua fase de arranque é possível porque a sua pluma é bastante visível no seu lançamento, o que viabiliza a sua deteção. Durante esta fase o míssil é bastante mais vulnerável porque à medida que acelera na atmosfera, diminui a capacidade de resistência do seu revestimento e o tempo necessário para que um feixe de energia o perfure, provocando a sua queda. Em situações de curto alcance, a velocidade da luz não permite ao míssil tempo suficiente para reagir e manobrar (McAulay, 2011, pp. 208-209).

As armas laser possuem várias vantagens sobre os sistemas de armas impulsionados por energia cinética ou química: são muito mais rápidas a atingir o seu alvo pois o seu feixe



desloca-se à velocidade da luz, ou seja, cerca de 160 mil vezes mais rápida que a velocidade típica de uma munição; são muito mais precisas, o que reduz o risco de danos colaterais; apesar dos elevados custos de pesquisa e desenvolvimento, na sua utilização os laser são muito mais baratos, pois cada tiro custa cerca de 500 vezes menos que o disparo de um míssil; e por último, enquanto existir combustível para gerar energia elétrica, o sistema laser mantém-se munido e na sua capacidade máxima (Boot, 2006, p. 355). Acrescente-se ainda a extensa área que o sistema tem capacidade de cobrir ou afetar, quer em operações defensivas, quer em ofensivas, e a reduzida influência do vento e da gravidade na precisão do tiro (Mcarthur, et al., 2013, p. 8). O grande desafio para o alvo é detetar o raio laser, com a antecedência necessária para que possa iniciar manobras evasivas ou lançar contramedidas. Um sistema de aviso antecipado de laser deve conseguir detetar algumas das suas principais características, nomeadamente, a frequência e potência, direção e coerência, pulso e modulação, entre outros. Tais características permitiriam identificar o tipo de laser e tomar as respetivas contramedidas, no entanto, a velocidade do laser e a sua curta necessidade de exposição temporal (que depende da distância e do tipo de alvo) para garantir um efeito eficaz, não permite grande tempo de reação ao alvo (McAulay, 2011, pp. 237-239).

O custo de um míssil antimíssil é muito elevado, quando comparado com o disparo de um laser. No caso dos sistemas laser, não existe qualquer recuo ou pós efeito, sendo que a quantidade de energia a utilizar irá depender do tipo de alvo. A possibilidade de se ajustar a potência, para níveis mais reduzidos, permite diminuir a energia e os custos por treino de tiro, e assim aumentar o treino dos operadores na aquisição, seguimento e tiro real. A utilização de sensores nos alvos de treino permite calcular a perda de propagação, precisão e eficiência do tiro, dados que podem contribuir para a análise do tiro (McAulay, 2011, p. 208).

No entanto, estes sistemas não possuem apenas vantagens. As desvantagens atuais identificadas prendem-se com a logística e aspetos de edificação do sistema e integração na sua plataforma, prevendo-se que os programas em desenvolvimento os venham a reduzir. As desvantagens variam consoante a tipologia de AED, mas dizem respeito ao tamanho, refrigeração e alimentação (fonte de energia) das AED de alta energia, que tornam os seus protótipos ainda indisponíveis de instalar em algumas das plataformas aéreas e terrestres (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 2).

Para as armas *High-Powered Microwaves* (HPM) instaladas em aeronaves ou mísseis de cruzeiro, a quantidade de energia disponível e fornecida pelas baterias, além da eficiência de eliminação de calor, irá determinar o número de disparos e cadência de tiro, ou seja, com



a possibilidade de as baterias poderem ser carregues em voo, estas armas podem estar limitadas apenas pela capacidade da própria plataforma (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 10-23), pois não são afetadas pelas condições atmosféricas e incluem ainda como vantagens, o seu baixo requisito de precisão e a persistência do seu efeito após o desligar do seu feixe de energia. Uma das principais vantagens do HPM é que aparelhos eletrónicos são geralmente mais vulneráveis ao seus efeitos que os seres humanos, o que possibilita um ataque aos sistemas sem afetar as pessoas. Esta capacidade faz com que as HPM sejam a escolha ideal para aplicações não-letais. No entanto, ao se atacar um alvo de interesse com uma arma HPM, existe um maior risco de se degradar sistemas colaterais que se encontrem dentro da sua área de influência. Outra dificuldade é a avaliação de danos e a perceção da eficácia do ataque e do sucesso da missão, por ser difícil apurar se os alvos foram suficientemente degradados ou destruídos, e por quanto tempo (NSWCDD, 2012, p. 53).

Resumindo, podemos considerar como primeira vantagem, que todas as AED utilizam a radiação eletromagnética na forma de fotões que viajam à velocidade da luz, sendo o seu efeito atingido quase instantaneamente após o disparo do operador, ou seja, a sua velocidade permite que os sistemas de AED possam efetuar a aquisição e neutralização de inúmeros alvos quase simultaneamente e num reduzido espaço de tempo, não permitindo que ocorra uma contramedida em tempo. A segunda vantagem é que o municionamento das AED é praticamente infinita quando comparada com as munições cinéticas atualmente utilizadas, desde que a sua alimentação seja elétrica e exista a possibilidade de alimentar o sistema ininterruptamente. O seu baixo custo de utilização quando comparado com o armamento convencional funcionalmente congénere, reduz consideravelmente os custos na defesa contra salvas de G-RAMM, o que proporciona uma grande vantagem económica e financeira sobre os adversários que se encontram dependentes de armamento mais dispendioso. Por último, as AED possuem a capacidade de reduzir os danos colaterais, adquirindo e neutralizando alvos, mesmo que estes se encontrem junto a forças amigas ou não-combatentes, o que aumenta o leque de opções para a resposta militar. Assim, podemos considerar quatro conjuntos de vantagens principais nas AED: em tempo; no municionamento e cadência de tiro; no baixo custo de utilização e na possibilidade de criar efeitos não-letais.

Elencadas as vantagens comparativas das novas armas foi demonstrada a hipótese H2 “As AED possuem várias vantagens sobre o armamento convencional” subjacente à QD “Quais são as vantagens da integração operacional das AED quando comparadas com as armas convencionais?”.



4. O Impacto Operacional das Armas de Energia Dirigida no Futuro da Guerra

Elencadas as vantagens e desvantagens das Armas de Energia Dirigida (AED), iremos agora analisar a importância da sua integração nos vários tipos de plataformas existentes e perspetivar as eventuais alterações operacionais.

Enquanto as várias e numerosas aplicações de energia dirigida de reduzida potência têm sido utilizadas em vários programas de registo ao longo dos últimos cinquenta anos, apenas alguns dos conceitos de alta energia, onde se inclui o *Tactical High-energy Laser* (THEL) e o *Active Denial System* (ADS), ultrapassaram as fases de demonstração em laboratório e de protótipo. Atualmente, os lasers, as micro-ondas e as tecnologias não-letais têm sido desenvolvidos até ao ponto onde o Departamento de Defesa americano (DoD) pode começar a implementar algumas das suas potencialidades, que prometem transformar a forma de combater, permitindo um desenvolvimento revolucionário na precisão, letalidade, velocidade e alcance dos sistemas de armas (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 24).

As AED ainda estão na sua infância, o que permite a existência de inúmeras oportunidades de melhoria, contrapondo-se às armas convencionais que atingiram a sua capacidade máxima e das quais não se esperam quaisquer desenvolvimentos futuros que alterem significativamente o seu desempenho (Mcarthur, et al., 2013, p. 34). Quando comparadas com as armas nucleares, as novas AED tendem a disseminar-se mais rapidamente, porque podem vir a ser ainda mais efetivas e eficientes se integradas nos sistemas de *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* (C4ISR), comprimindo o tempo de ação e reação, além de possuírem a capacidade de destruir ou neutralizar alvos específicos, regular o seu efeito letal e assim minimizar os seus danos colaterais e consequentemente o número de baixas no teatro de operações (Ávila, et al., 2009, pp. 74-75).

Nos últimos anos, as AED de baixa potência têm sido utilizados em várias aplicações para contrariar sensores ou em armas não-letais, comprovando a sua utilidade militar. O desenvolvimento das AED de elevada potência pode igualmente trazer vantagens militares consideráveis e revolucionar as atuais soluções no ciclo de *targeting* (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 13-14).

As ameaças aéreas sejam aeronaves tripuladas, veículos não tripulados (UAV) ou mísseis, têm evoluído significativamente, provocando uma necessidade de contrariar este tipo de ameaças de forma cada vez mais rápida e eficaz. O domínio dos Estados Unidos da América (EUA) e do seu armamento de precisão convencional, desde a década de 90 até ao presente, está a chegar ao fim. Nos próximos anos, as forças dos EUA serão confrontadas



com mísseis de longo alcance como os que, e a título de exemplo, os chineses estão desenvolvendo como parte integrante de uma estratégia mais ampla de *Anti-access/Anti-denial* (A2/AD) no Pacífico Ocidental. Ao mesmo tempo e devido à proliferação de uma grande variedade de armas guiadas de curto e longo alcance, parece ser simplesmente uma questão de tempo até que as forças americanas sejam confrontadas por pequenos países ou organizações terroristas com essa capacidade de curto alcance (Watts, 2011, p. 12). O que será preocupante é a possibilidade emergente e a proliferação de tecnologia e recursos para um ataque de precisão a distâncias intercontinentais, o que poderá tentar os seus adversários em caso de conflito, a um ataque direto aos EUA. As novas formas de combate e a utilização das AED ainda necessitam de ser testadas entre adversários similares e num grande conflito. Até à ocorrência desse teste, as instituições militares dos EUA correm o risco de continuarem agarradas às formas tradicionais de combate e evitarem as mudanças necessárias, provocadas pela maturação e proliferação das armas de precisão (Watts, 2011, p. 41).

De modo a manterem a sua eficácia e relevância, todas as forças militares evoluem ou sofrem alterações periódicas, quer em equipamentos e recursos, quer nos seus conceitos doutrinários e estratégicos (Loo, 2006, p. 29). O desenvolvimento tecnológico irá proporcionar novos desafios com a introdução da dimensão eletromagnética da guerra, que terá o seu papel reforçado ao se incluir o emprego das AED, que podem ser ajustadas para níveis letais ou não-letais. O satélite será empregue como um “sistema de sistemas”, utilizando as AED de forma ofensiva e defensiva. Quando se passar do satélite para a nave espacial não tripulada (X-37B) e desta para a nave espacial tripulada, estaremos a um pequeno passo da criação de uma nova componente das Forças Armadas, a Força Espacial, como uma evolução e separação natural de uma ramificação da Força Aérea (Amarante, 2003, pp. 17-18).

A grande maioria dos navios de superfície são boas plataformas e facilmente adaptáveis para suportar o peso e integrar os requisitos de tamanho, energia e refrigeração dos *Solid-state laser* (SSL) atuais. De acordo com Gunzinger & Dougherty (2012, p. 26) a classe de destroyers *Arleigh Burke* tem o potencial para gerar energia e refrigeração suficientes para as necessidades normais de operação e ainda manter uma reserva suficiente de energia elétrica e refrigeração para suportar o funcionamento de um sistema laser com uma potência entre os 100 e os 200 kW. Esta capacidade irá permitir aos navios adquirir rapidamente e sucessivamente um elevado número de alvos e assim contrariar a recolha de informações por UAV's. A sua utilização na neutralização de vários mísseis anti navio, que procuram saturar a capacidade de defesa própria, provoca a necessidade de se rever ou de se

criar uma nova doutrina de defesa antimíssil, podendo obrigar à utilização de mais do que um navio ou de relés para se conseguir efetuar disparos laser que sejam eficazes contra as contramedidas dos mísseis (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 41). Os relés designados por *Tactical Relay Mirror Systems* (cf. fig. nº 13) permitem aumentar consideravelmente o desempenho dos sistemas de armas laser ao reduzir os efeitos da atmosfera nos feixes, e expandir a sua área de influência, ao estender o seu alcance para além da linha de vista. De acordo com a *Boeing* (2012b) existe um contrato com a Força Aérea dos EUA e o DoD para projetar, fabricar e testar o sistema, que podem ser transportados por veículos aéreos não tripulados (UAV) ou balões. O uso dos relés pode permitir que um único laser neutralize vários mísseis que provenham de várias direções diferentes.

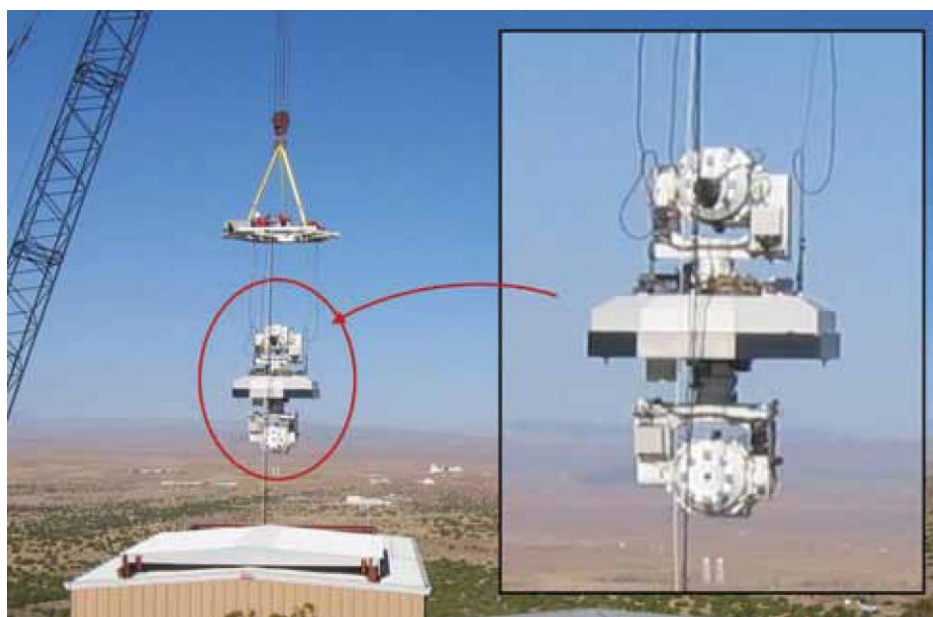


Figura nº 13 – Protótipo do *Tactical Relay Mirror System*

Fonte: *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (Gunzinger & Dougherty, 2012)

De acordo com O'Rourke (2013, p. 1) o equipar dos navios de superfície com armas laser pode levar a alterações nas táticas, nos projetos dos navios, e nos planos de aquisição do armamento naval, provocando uma mudança tecnológica na Marinha comparável à utilização dos mísseis a bordo na década de 50.

A integração das AED nos sistemas de combate dos navios e a utilização conjunta com os meios cinéticos permitirá a criação de uma camada defensiva cooperativa, onde os sistemas de energia dirigida podem ser utilizados como sensores e explorados como armas, o que de acordo com Gunzinger & Dougherty (2012, p. 42), iria reduzir significativamente o uso e o custo financeiro de determinados mísseis, como o *Harpoon*, *Hellfire*, *Penguin* e *Sea Sparrow*. O uso de SSL na Marinha terá um efeito multiplicador de força.

A aplicação do ADS a bordo das unidades de superfície irá colmatar uma lacuna



identificada, ao permitir a criação de uma área de segurança em redor do navio através de meios não-letais, integrando a doutrina de *Force Protection* e simultaneamente garantir uma maior segurança nas operações de vistoria a navios e embarcações (Mcarthur, et al., 2013, p. 266).

O anúncio da instalação e utilização operacional do *Laser Weapon System* (LaWS) no USS PONCE em finais de 2014 é um primeiro passo na direção de incorporar as AED na Marinha (Mcarthur, et al., 2013, pp. 267-268). É importante clarificar que as AED atuais não vão substituir por completo os sistemas de defesa dos navios, mas sim complementar os mesmos, de modo a que se possam sobrepor na redução das atuais limitações existentes.

A curto prazo será igualmente possível à componente terrestre explorar as tecnologias em fase de teste e utilizar as AED para defesa de posições e infraestruturas contra ameaças aéreas. Com a utilização de relés, será possível aumentar o raio de ação das armas laser e assim aumentar as suas capacidades de defesa contra mísseis e forças irregulares que se preparem para realizar ataques usando G-RAMM. Esta capacidade pode ser modular e facilmente transportável por meios aéreos e navais, para proteção de portos e aeroportos, além de bases, infraestruturas vitais para o cumprimento da missão, mas igualmente móvel para acompanhar a deslocação de forças de manobra e locais de operação avançada (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 27-31). O seu uso em centros populacionais densamente povoados contra forças irregulares e em defesa de área irá certamente reduzir o risco de danos colaterais (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 45).

A implicação operacional da utilização de HEL ou THEL em aeronaves são potencialmente revolucionários. Um bombardeiro por exemplo, se equipado com HEL possui uma enorme capacidade de defesa própria contra ameaças aéreas ou de superfície, e simultaneamente, uma grande capacidade de ataque de alvos terrestres sem necessidade de utilizar armamento convencional. Esta capacidade seria igualmente importante no aumento da capacidade de sobrevivência de aeronaves de reabastecimento, de comando e controlo e *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance* (ISTAR), permitindo que estas operem mais perto do espaço aéreo hostil no apoio às aeronaves de combate (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 29-30).

Atualmente, as aeronaves estão limitadas na sua eficácia pelo armamento que carregam a bordo. A integração das AED seria apenas limitada pela capacidade da aeronave de gerar a energia necessária para múltiplos disparos do seu sistema. Como os motores de avião desenvolvem uma considerável potência e capacidade de energia, o seu poder de fogo pode vir a aumentar exponencialmente contra múltiplos alvos, pois estas não possuem uma



especialidade ou categoria de emprego, consoante a ameaça. Por exemplo, uma arma laser ou de micro-ondas será de igual modo efetiva quando utilizada sobre um carro de combate ou um navio.

Desde 2009 que a Força Aérea dos EUA está a desenvolver um projeto HPM que possa ser transportado por pequenas plataformas aéreas como são os mísseis ou UAV's e que possua a capacidade de degradar, danificar ou destruir equipamentos e sistemas eletrónicos. Esta integração permitirá afetar mais profundamente e em maior número, os sistemas eletrónicos que sustentam complexos sistemas A2/AD, como sejam as redes de comando e controlo, radares de tiro e *sites* de mísseis, bem como negar temporariamente ou permanentemente o uso de sistemas críticos de reconhecimento aéreo (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 28). O uso das AED permite igualmente afetar a capacidade ISTAR do adversário ao utilizar a sua energia para cegar ou neutralizar os sensores baseados em satélites ou simplesmente provocar a destruição do próprio satélite (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 48).

O facto do municionamento das AED poder ser praticamente infinito quando comparado com o número de munições das armas cinéticas, possui várias implicações a considerar: o incremento da duração da missão que os meios navais, terrestres e aéreos podem desempenhar, sem necessidade de reabastecer munições periodicamente, embora exista sempre a necessidade de reabastecimento de combustível; a redução dos requisitos de transporte de munições que irá permitir a integração de mais capacidades ofensivas; e a combinação das AED com as cinéticas que aumentará consideravelmente a capacidade de defesa própria e o número de salvos a utilizar pelo adversário, de modo a saturar essa capacidade (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 22). Atualmente, as AED aplicadas na defesa aérea e antimíssil não eliminam a necessidade de existirem armas cinéticas, no entanto, estas podem aumentar a eficácia global dos sistemas de defesa, bem como reduzir a confiança do adversário no sucesso dos seus ataques (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 27).

As Forças Armadas americanas estão prontas para incorporar nos próximos cinco anos algumas das AED nas suas capacidades de combate. Entre cinco a dez anos teremos SSL a bordo das unidades navais, módulos *Chemical oxygen-iodine lasers* (COIL) na defesa de infraestruturas e HPM integradas em veículos aéreos tripulados e não tripulados (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 35). A médio prazo, espera-se que o desenvolvimento tecnológico permita a redução do volume, peso e requisitos de refrigeração de HEL, de modo a que seja possível a sua integração em pequenos veículos aéreos ou terrestres (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 54). A capacidade das AED de intercetar mísseis balísticos, de forma



eficaz, com grande cobertura e reduzido custo por disparo, representa um grande passo para o DoD, pois estas armas combinadas com outros meios cinéticos, fornecem uma excelente rede de defesa antimíssil e com um reduzido custo de operação (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 49).

Conforme referido no primeiro capítulo, um relatório de 2009 do *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (CSBA) sugere que os ramos das Forças Armadas possuem a tendência para “aceitar” as novas tecnologias, apenas quando estas resolvam uma lacuna operacional, mantenham a identidade própria do ramo e apoiem a sua forma de conduzir a guerra. No caso das AED podemos adicionar que as Forças Armadas aguardam a maturidade e a perfeição da sua tecnologia e que os decisores não querem investir num sistema que não substitua um já existente ou que não colmate uma lacuna operacional perfeitamente identificada (Mcarthur, et al., 2013, p. 18), pelo que será importante frisar que as AED atuais não substituem todas as armas cinéticas e que na realidade, quase todos os sistemas de AED serão mais efetivos quando combinados com outros sistemas, permitindo que estas compensem as suas próprias limitações de forma mútua, atuando como um multiplicador de poder (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 54-55).

No teatro de operações e conforme menciona Telo (2002, p. 232) “um sistema de armas não vale tanto por si, mas sobretudo pela forma como se integra no todo. A evolução faz com que hoje em dia seja muito difícil avaliar a eficácia de um sistema de armas isolado”.

Considerando as novas formas de energia e até há bem pouco tempo, as AED eram algo do âmbito da ficção científica, no entanto, hoje elas já são de uso corrente como substituto ou complemento de sistemas cinéticos atualmente existentes (Telo, 2002, p. 238).

Assim, as AED são uma solução contra a evolução das ameaças aéreas e desenvolvimento tecnológico das armas de precisão, podendo neutralizar múltiplas ameaças à velocidade da luz e com um elevado nível de precisão, reduzindo simultaneamente a probabilidade de danos colaterais. O seu uso contra sistemas A2/AD poderá contribuir para a liberdade de ação das forças militares em futuras operações, além de expandir as opções e capacidades militares, atuando como um multiplicador de força e demonstração de poder, sem contrariar o atual paradigma de redução de custos. No entanto, a sua utilização em plataformas aéreas, ainda se encontra condicionada pelo estado da arte, encontrando-se em desenvolvimento sistemas mais leves e compactos.

Em suma, a inovação tecnológica possui o potencial para criar vantagens operacionais significativas nas Forças Armadas que estejam disponíveis para a explorar. As



características únicas das AED permite-lhes suportarem uma ampla gama de missões e proporcionam uma oportunidade para que as Forças Armadas se imponham às forças irregulares e à sua utilização de armas guiadas de precisão, ganhando vantagem na sua disrupção. Além disso, o custo de operação das AED é muito mais reduzido quando comparadas com as munições e armamento convencional, o que pode ajudar a restabelecer uma relação de custo/eficácia muito mais favorável para quem as possui, contribuindo igualmente para a redução do esforço logístico de aquisição, transporte, armazenamento e manutenção do armamento convencional e respetivas munições.

Após a observação e análise do estado da arte das AED, concluímos que estas não substituem mas complementam as armas convencionais e permitem colmatar as suas lacunas operacionais. Fica assim demonstrada a hipótese H3 “As AED não substituem o armamento convencional” subjacente à QD “Qual o impacto operacional das AED nos conflitos armados?”.

Embora o advento das AED e suas capacidades possam alterar significativamente o modo como os militares conduzirão as operações no futuro, complementando os atuais sistemas, concorda-se com Gunzinger & Dougherty (2012, p. 58) quando referem no seu relatório que, as AED de forma isolada não constituem uma nova revolução militar que possa substituir os atuais meios de conduzir a “guerra”, o que valida parcialmente a hipótese “As AED são uma evolução/inação tecnológica” subjacente á QD “As AED são uma evolução ou uma RAM?”.



5. A Influência Estratégica e o Desequilíbrio de Poder

Efetuada a análise das alterações operacionais com a integração das Armas de Energia Dirigida (AED), iremos agora perspetivar a potencialidade das AED de atuarem como uma arma dissuasora e de utilização estratégica.

Além de fornecer parâmetros para uma avaliação do potencial de rutura tecnológica apresentado pelas AED relativamente ao desempenho dos sistemas de armas convencionais e nucleares, os dois corpos de literatura, teoria da dissuasão e Revolução em Assuntos Militares (RAM), procuram explicar como um sistema de armas atinge a denominação de arma decisiva e dissuasora (Ávila, et al., 2009, pp. 58-59).

A deterioração das relações entre os países-membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e da União Europeia com a Rússia, sugere o reaparecimento de um antigo cenário mundial, sendo retomados os temores marcantes da Guerra Fria, sobretudo em relação ao grau de hostilidade entre as grandes potências (Ávila, et al., 2009, p. 52) e cuja atual situação na Ucrânia, aumenta o risco de uma guerra às portas da Europa, envolvendo vários importantes atores do sistema internacional. De acordo com Ávila, et al. (2009, pp. 53-54), a “expansão da OTAN para o Leste Europeu e o suporte ocidental cada vez mais explícito aos grupos e partidos adversários do governo russo em países como a Ucrânia” e a Geórgia, são consideradas por vários analistas russos e pelo próprio presidente Putin, como indicadores de uma postura mais agressiva dos Estados Unidos da América (EUA) em detrimento da diplomacia.

A teoria da dissuasão adquiriu uma importância doutrinária e conceptual com o surgimento e utilização das armas nucleares, que conduziu à sua multiplicação bipolar, com a corrida ao armamento nuclear durante a Guerra Fria. O desenvolvimento do conceito de defesa antimíssil dos EUA, bem como a tensão no Mar da China e as recentes movimentações na Ucrânia, demonstram a tensa relação política e militar entre os EUA, China e Rússia, e recolocam na ordem do dia, a reflexão sobre a dissuasão e suas condicionantes. Uma dissuasão determinada pela posse de armas estratégicas nucleares, pela credibilidade de retaliação e pela ameaça de punição como resposta a uma agressão (Ávila, et al., 2009, pp. 50-57).

O sucesso no desenvolvimento das AED pelos EUA e a sua possível utilização contra a ameaça dos mísseis intercontinentais, como é o caso do laser, poderá provocar uma nova corrida armamentista, mas desta vez por sistemas *High-energy Laser* (HEL). A China, Rússia, Índia, Irão, Coreia do Sul, França, Israel e Alemanha possuem os seus próprios compromissos e contratos técnicos em programas de pesquisa e desenvolvimento de AED



(Mcarthur, et al., 2013, p. 9). Estas armas possuem a tendência para se transformarem nas novas armas estratégicas do século XXI e alterar a balança do poder internacional, mesmo que esta transformação ainda seja controversa (Ávila, et al., 2009, p. 50).

Conforme já referido no capítulo anterior, tal como ocorreu com as aeronaves e os carros de combate, as AED vão complementar o armamento convencional, possuindo a tendência para a abolição ou redução das armas nucleares e muitos dos seus vetores, ou seja, as AED tendem a ser armas estratégicas de dissuasão e de emprego operacional mais crível do que as nucleares, pois permitem uma utilização com reduzidos danos colaterais, permitindo um controlo maior dos custos humanos. Possuindo um custo financeiro mais reduzido e menores barreiras tecnológicas do que as armas nucleares, as AED conjugadas com outras capacidades, tendem a uniformizar a competição militar e a redefinir o equilíbrio de poder no sistema internacional. A posse de um vasto arsenal nuclear estratégico é bastante oneroso, no entanto, é a capacidade de sobreviver e punir o agressor que tem definido a grande potência mundial, pelo que a sua manutenção de liderança irá passar obrigatoriamente pela saliência e desenvolvimento tecnológico das AED, como garante da sua capacidade de defesa nuclear e cumprimento da imposição atual de redução dos custos operacionais financeiros (Ávila, et al., 2009, pp. 59-63).

Desde a década de 80 que as operações militares dos EUA se tornaram cada vez mais dependentes dos sistemas de satélite, nomeadamente no âmbito do posicionamento, comunicações e informações, sincronizadas temporalmente pelo *Global Positioning System* (GPS), sendo o seu armamento inteligente e de elevada precisão, um dos exemplos desta dependência. O uso de veículos aéreos não tripulados (UAV) e dos sistemas satélite de *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and reconnaissance* (ISTAR) são o resultado de um enorme investimento de desenvolvimento, mas que refletem a necessidade de utilização dos sistemas espaciais (Watts, 2011, p. 15). Outro aspeto em que o controlo espacial é essencial é para a defesa antimíssil, sendo que num determinado horizonte, o próprio espaço pode ser utilizado para a colocação de sistemas ativos de intervenção baseados em novos tipos de energia, complementando os sistemas de aviso antecipado já existentes (Telo, 2002, p. 233).

As operações no espaço, interdependentes das realizadas nos restantes ambientes, podem ter um impacto estratégico no desequilíbrio do poder mundial. Assumindo uma importância exponencial, o domínio e controlo do espaço é um elemento preponderante no desenrolar das operações militares e a sua dependência coloca em alerta os EUA, para a necessidade de proteger a sua rede de satélites de comunicações e reconhecimento e



simultaneamente tirar partido da sua potencialidade em caso de conflito.

Na sua estratégia de segurança nacional no espaço (US DoD & ODNI, 2011, pp. 10-11), os EUA defendem o apoio dos esforços diplomáticos para promover normas comportamentais e parcerias internacionais que desencorajem potenciais competidores. Além desta estratégia de cooperação, os EUA pretendem melhorar a capacidade de antecipar e atribuir eventuais ataques, reforçar a capacidade de defesa dos seus satélites, reservando o direito de utilizar o conceito de legítima defesa, caso a sua estratégia de dissuasão espacial não seja efetiva. Em caso de necessidade, os EUA pretendem que as suas forças militares e agências de informações estejam preparadas para combater num ambiente “degradado” e para contrariar ataques aos seus sistemas espaciais e respetivas infraestruturas de apoio. Para atingir tal desiderato, consideram ser necessário rever a sua doutrina e respetivas táticas, técnicas e procedimentos (TTP’s), para além de incrementar e focalizar a formação, treino e exercícios nesta área.

Os competidores dos EUA e principalmente a China estão a investir em tudo o que possa contrariar a hegemonia dos EUA no espaço, desde empastelamento, ciberataques, armas antissatélite (ASAT) e sistemas de AED, de modo a negar essa capacidade às forças militares norte americanas e assim tornar as suas forças e recursos estratégicos mais difíceis de localizar espacial e temporalmente (Watts, 2011, pp. 18-19). O teste de uma arma chinesa ASAT em Janeiro de 2007 e Maio de 2013 demonstra a clara intenção chinesa de possuir uma capacidade que contribua para o domínio e o controlo do espaço. Os relatos de que em Setembro de 2006, a China testou uma arma HEL com o objetivo de “cegar” os satélites de vigilância e reconhecimento norte americanos, é um claro indicador do relevante papel estratégico que as AED tendem a adquirir. “A militarização do espaço preconizada pela doutrina militar dos Estados Unidos tende, paradoxalmente, a neutralizar a vantagem norte-americana ao forçar a Rússia e a China a desenvolverem capacidades semelhantes” (Ávila, et al., 2009, pp. 74-76).

A utilização das AED no espaço, através de veículos como o X-37B ou de satélites, permitiria igualmente que o tempo de reação a uma situação de conflito passasse a contar-se em segundos ou minutos, pois esta deixaria de estar dependente da prévia colocação de forças no terreno (Telo, 2002, p. 234).

A possibilidade de futuros agressores, nomeadamente, insurgentes e terroristas, adquirirem e utilizarem armas nucleares, tem motivado vários países, onde obviamente se inclui os EUA, a desenvolverem potentes lasers com capacidade de emular a temperatura e as pressões existentes no centro de um engenho explosivo nuclear (McAulay, 2011, pp. 231-



232). As “novas” ameaças e o modo de se fazer a guerra atualmente, exige uma maior integração e flexibilidade das forças militares. “A integração, em particular, exige um esforço muito especial, pois ela implica ter a mesma linguagem, os mesmos conceitos, o mesmo tipo de formação, a mesma doutrina tática, a mesma logística, os mesmo procedimentos, a mesma maneira de comunicar, a mesma forma de tratar a informação e muitos outros aspetos em comum” (Telo, 2002, pp. 242-243).

À medida que o conceito das operações conjuntas se torna cada vez mais complexo para os EUA, questiona-se a inclusão de forças aliadas e respetivas estruturas de comando. A interoperabilidade durante a execução de operações conjuntas e combinadas é uma necessidade cada vez mais premente, pelo que a rápida evolução tecnológica dos EUA em determinadas áreas e os seus avultados gastos em inovação e desenvolvimento, criam um fosso de capacidades que leva a que alguns aliados questionem o esforço necessário para a sua integração. De acordo com Chapman (2003, p. 15) a própria sofisticação do seu equipamento militar e armamento de última geração, provoca a renitência dos EUA na partilha com os seus aliados da sua tecnologia mais recente. A RAM tem implícita uma repartição desequilibrada das capacidades estratégicas entre os aliados de uma coligação ou aliança militar. Esse desequilíbrio é suficientemente destabilizador dos mecanismos conjuntos e combinados, podendo a prazo, destruir a interoperabilidade e a sua lógica agregadora de aliança ou coligação (Vaz, 2003, p. 130).

Assim, podemos considerar que ultrapassados os obstáculos iniciais que incluíam: a degradação da qualidade do feixe pelas condições atmosféricas; a aquisição e seguimento do alvo; fonte de energia adequada; tamanho e robustez das plataformas; e dissipação de calor (Krepinevich, et al., 2009, p. 5), o uso das AED no teatro de operações irá contribuir para a atual Revolução Militar (RM). Estes sistemas de armas serão capazes de garantir a defesa contra projéteis de artilharia e mísseis de curto alcance e intercontinentais, bem como providenciar capacidades de defesa contra sistemas ASAT, contribuindo assim para a estratégia de domínio e controlo espacial (Mowthorpe, 2002). A guerra no espaço será inevitavelmente uma extensão necessária e lógica das outras dimensões do conflito militar, e a supremacia no espaço será parte integrante e decisiva da superioridade em futuros conflitos (Watts, 2011, p. 18).

Mais do que uma inovação tecnológica pontual, as AED tendem a produzir efeitos de alcance estratégico no sistema internacional contemporâneo (Ávila, et al., 2009, p. 49), prevendo-se que a atual Era Nuclear seja marcada pelo uso eficaz das defesas antimísseis e



pela anulação da arma nuclear pelas AED estratégicas. Fica assim demonstrada a hipótese H4 “As armas nucleares podem ser substituídas pelas AED como instrumentos de coação ou dissuasão” subjacente à QD “Qual é o contributo estratégico das AED para o desequilíbrio do poder internacional?”.

No entanto, conforme refere Max Boot (2006, p. 350), a natureza da Guerra será sempre determinada pela interação entre combatentes e meios e não pelos meios em si. Em conjunto com o capítulo anterior, concluímos que as AED são uma inovação que irá contribuir para a atual RM, o que valida a hipótese “As AED são uma evolução/inovação tecnológica” subjacente à QD “As AED são uma evolução ou uma RAM?”.



Conclusões

De um modo geral, a análise das mudanças revolucionárias na arte da guerra foi deixada a cargo dos historiadores. A questão se houve, está a decorrer ou haverá uma Revolução em Assuntos Militares (RAM) parece ser uma questão de semântica, conceptual, e de raízes históricas. No entanto, parece gerar consenso de que a confrontação secular de forças militares, com capacidades similares e de atrição em massa, chegou ao fim e que os desenvolvimentos tecnológicos descritos por vários estrategas como RAM alteraram profundamente a condução das operações militares e influenciaram decisivamente o equilíbrio de poder. O termo original de "Revolução Técnico-Militar" descrito pelo Marechal Ogarkov e pelos seus colegas soviéticos desapareceu com a própria União Soviética, mas o conceito dessa revolução continua a influenciar a guerra atual.

A precisão atual do armamento reduz drasticamente o número de munições usadas em combate. Esta mudança tecnológica tem repercussões em toda a rede de sistemas militares, particularmente na análise da informação, nas comunicações e na velocidade de combate, no entanto, estes sistemas podem vir a ser ainda mais efetivos e eficientes se a eles forem integradas as Armas de Energia Dirigida (AED), reduzindo-se o tempo de ação sobre o alvo e minimizando-se o número de baixas no teatro de operações. Por outro lado, como ficou demonstrado nos recentes conflitos, a tecnologia apesar de minimizar, não pode e não consegue substituir as forças militares no terreno e a própria atrição física com adversário.

A pesquisa e desenvolvimento das AED deu passos gigantescos nos últimos anos, o que permitiu o avanço considerável do seu estado da arte. O que era inimaginável há relativamente pouco tempo atrás, hoje tornou-se uma realidade. Dado o contínuo investimento nesta área, as forças militares terão a breve prazo uma arma adicional que permitirá aumentar o seu leque de opções para lidar com um largo espectro de ameaças.

De modo a definir o que é uma RAM e a distinção entre o seu conceito e a evolução tecnológica, concluímos no primeiro capítulo que vivemos atualmente uma longa Revolução Militar (RM), a da Informação, e que nem todas as grandes revoluções foram baseadas na tecnologia. A RAM pode ser considerada uma pequena revolução dentro da RM, derivando de uma evolução tecnológica que é associada a mudanças doutrinárias, organizacionais, mas igualmente estratégicas e políticas, que apenas se tornam visíveis após a obtenção de um resultado final. No segundo capítulo, apresentámos a definição e o estado da arte das AED dos Estados Unidos da América (EUA), obviamente limitados ao conhecimento público existente e utilizando uma pesquisa qualitativa e análise documental, onde ficou demonstrado a existência de uma grande variedade de aplicações e de projetos em



desenvolvimento, letais e não letais, que podem ser usados nas suas várias dimensões. No terceiro capítulo e com o objetivo de apurarmos se as AED são uma arma revolucionária e as vantagens que justificam o seu desenvolvimento, realizámos uma análise indutiva entre estas e o restante armamento, concluindo que existem quatro conjuntos de vantagens: a sua rapidez de execução, o seu municiamento ilimitado, o seu baixo custo de operação e a possibilidade de se ajustar o seu efeito para não letal, permitindo reduzir o número de baixas no teatro de operações. Nos dois últimos capítulos, perspetivámos o impacto das AED, nos níveis operacional e estratégico, focados na influência, capacidade e potencialidade destas armas para revolucionar a condução da guerra. No quarto capítulo concluímos que as AED permitem colmatar as atuais lacunas operacionais mas não substituem o emprego operacional das armas convencionais. Estrategicamente e conforme referido no quinto capítulo, as AED possuem a potencialidade de serem utilizadas como uma arma coerciva e dissuasora, contribuindo para o uso eficaz das defesas antimísseis e para a anulação da arma nuclear como arma estratégica. Com os dois últimos capítulos concluímos igualmente que as AED são atualmente uma evolução ou inovação tecnológica, pois ainda não atuam de forma isolada, mas em complemento de uma capacidade existente. Procurando sistematizar as várias questões derivadas e validação das hipóteses formuladas, elaborámos uma matriz de validação que se junta no apêndice 3 do presente trabalho.

Assim, podemos considerar que ultrapassados os obstáculos iniciais de integração, o uso das AED no teatro de operações irá contribuir para a atual RM. Sendo a guerra sempre multidimensional, as AED possuem a potencialidade para a “influenciar” nas suas várias dimensões. Estes sistemas de armas serão capazes de garantir a defesa contra projéteis de artilharia e mísseis de curto alcance e intercontinentais, bem como providenciar capacidades de defesa contra sistemas antissatélite, contribuindo assim para a estratégia de domínio e controlo espacial. Obviamente, os novos métodos de combate e a própria utilização das AED ainda necessitam de ser testadas entre adversários similares e num grande conflito, correndo as forças militares o risco de entretanto, continuarem agarradas às formas tradicionais de combate e evitarem as necessárias mudanças, para que se ganhe vantagem na disrupção e dissuasão dos ataques de precisão.

Estamos agora em condições de poder responder à Questão Central (QC) que norteou toda a investigação realizada: “Como é que as Armas de Energia Dirigida podem revolucionar as Operações Militares do século XXI?”.

Na opinião do autor e com base nas conclusões apresentadas, as AED são atualmente uma das muitas evoluções ou inovações tecnológicas integradas na RM da informação, que



possuem a capacidade de virem a ser utilizadas a médio/longo prazo como instrumento de coação ou dissuasão, compensando assim a redução do arsenal de armas estratégicas nucleares com custos muito mais reduzidos. Estas armas caminham lentamente mas tendencialmente para uma RAM como fator de desequilíbrio estratégico na corrida ao armamento espacial e como potencial meio de anulação da superioridade nuclear, permitindo um controlo muito superior dos danos colaterais. No entanto, esta revolução só assim será entendida quando os seus resultados finais forem demonstrados em conflito, o que irá permitir a alteração radical da perceção do adversário sobre a sua importância estratégica. A sua integração operacional em conjunto com outros sistemas trará alterações doutrinárias e organizacionais, revolucionando a logística, a construção naval, a defesa própria de unidades e meios, aumentando as distâncias de atiragem e reduzindo o tempo de atuação com custos e danos colaterais bastante reduzidos.

Ou seja, as AED são uma evolução tecnológica integrada na Revolução da Informação. Apesar de colmatarem atuais lacunas operacionais, estas novas armas não substituem o armamento convencional. Possuem no entanto, o potencial para virem a ser utilizadas como uma arma de coação e dissuasão estratégica e assim desequilibrar a balança de poder, com reduzidos ou inexistentes danos colaterais.

Embora o aparecimento das AED e a utilização das suas capacidades possam alterar significativamente o modo como os militares conduzirão as operações no futuro, complementando os atuais sistemas, as AED de forma isolada não substituem os atuais meios de conduzir a “guerra”.

De modo a complementar a investigação realizada, recomenda-se a realização de futuros estudos nesta área, nomeadamente sobre o desenvolvimento das AED em outros países, como a Rússia e a China, e o seu contributo na relação de poder entre nações.



Bibliografia

- ABC News, 2010. *Military Weapons That Save Lives?*. [Online]
Available at: <http://abcnews.go.com/Health/Technology/medicalized-warfare-doctors-hurt-heal/story?id=9664570>
[Acedido em 13 Abril 2014].
- Alvin Toffler, H. T., 1993. *War and Anti-War: Survival at the Dawn of the 21st Century*. Boston, EUA: Little, Brown and Company.
- Amarante, J. C. A. d., 2003. O Alvorecer do Século XXI e a Ciência e a Tecnologia nas Forças Armadas. *Military Review*, 1º trimestre, pp. 3-18.
- Andrews, T. D., 1998. *Revolution and Evolution. Understanding Dynamism in Military Affairs*. Washington DC, USA: National War College.
- Ávila, F. S., Martins, J. M. & Cepik, M., 2009. Armas Estratégicas e Poder no Sistema Internacional: O advento das Armas de Energia Direta e o seu Impacto Potencial sobre a Guerra e a Distribuição Multipolar de Capacidades. *Contexto Internacional*, Janeiro/Abril, Volume 31, pp. 49-83.
- BBC, 2012. *X-37B: Secrets of the US military spaceplane*. [Online]
Available at: <http://www.bbc.com/future/story/20121123-secrets-of-us-military-spaceplane>
[Acedido em 25 Janeiro 2014].
- Boeing, 2011. *Lasers on the high seas*. [Online]
Available at: http://www.boeing.com/Features/2011/11/bds_tls_11_28_11.html
[Acedido em 13 Abril 2014].
- Boeing, 2012a. *Defense, Space & Security: X-37B Orbital Test Vehicle overview*. [Online]
Available at: http://www.boeing.com/boeing/defense-space/ic/sis/x37b_otv/x37b_otv.page
[Acedido em 28 Fevereiro 2014].
- Boeing, 2012b. *Directed Energy Systems*. [Online]
Available at: http://www.boeing.com/assets/pdf/defense-space/ic/des/files/DES_overview.pdf
[Acedido em 3 Março 2014].
- Boot, M., 2006. *War made new: technology, warfare, and the course of history*. e-book ed. EUA: Gotham Books.
- Chapman, G., 2003. *An Introduction to the Revolution in Military Affairs*. [Online]
Available at: <http://www.lincci.it/rapporti/amaldi/papers/XV-Chapman.pdf>
[Acedido em 22 Janeiro 2014].
- Cohen, W. S., 1999. *Annual Report to the President and the Congress*. [Online]
Available at: http://www.fas.org/man/docs/adr_00/chap10.htm
[Acedido em 21 Janeiro 2014].
- Costa, G. d., 2012. O Campo de Batalha do Século XXI: Como Será o Teatro de Guerra no Futuro. *Revista de Geopolítica*, Janeiro/Junho, Volume 3, pp. 31-48.



DARPA, 2011. *Compact High-Power Laser Program completes Key Milestone*. [Online] Available at:

http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2011/2011/06/30_COMPACT_HIGH-POWER_LASER_PROGRAM_COMPLETES_KEY_MILESTONE.aspx

[Acedido em 27 Fevereiro 2014].

DARPA, 2014. *EXCALIBUR prototype extends reach of High-Energy Laser*. [Online]

Available at: <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2014/03/06.aspx>

[Acedido em 21 Março 2014].

Gray, C., Baylis, J., Wirtz, J. & Cohen, E., 2007. *Strategy in the Contemporary World: An Introduction to Strategic Studies*. 2º ed. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.

Gray, C. S., 2002. *Strategy for Chaos: Revolutions in Military Affairs and The Evidence of History*. e-book ed. Londres, UK: FRANK CASS.

Gunzinger, M. & Dougherty, C., 2012. *Changing the Game: The promise of Directed-Energy Weapons*, Washington DC: Center for Strategic and Budgetary Assessments.

Krepinevich, A. F., 2005. Cavalry to Computer: The Pattern of Military Revolutions. Em: D. C. C. S. J. Paul Bolt, ed. *American Defense Policy*. 8ª ed. Baltimore, EUA: Johns Hopkins University Press, pp. 208-215.

Krepinevich, A., Watts, B. & Ehrhard, T., 2009. *Near-Term Prospects for Battlefield Directed-Energy Weapons*. [Online]

Available at: <http://www.csbaonline.org/publications/2009/01/near-term-prospects-for-battlefield-directed-energy/>

[Acedido em 22 Janeiro 2014].

Lincoln, M. T. J., 2004. *Directed Energy Weapons: Do We Have a Game Plan?*. Fort Leavenworth, Kansas: School of Advanced Military Studies, United States Army Command and General Staff College.

Lockheed Martin, 2013. *Area Defense Anti-Munitions (ADAM)*. [Online]

Available at: <http://www.lockheedmartin.com/us/products/ADAM.html>

[Acedido em 28 Fevereiro 2014].

Lockheed Martin, 2014. *Lockheed Martin Demonstrates Weapons Grade High Power Fiber Laser*. [Online]

Available at: <http://www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2014/january/140128-mst-lockheed-martin-demonstrates-weapons-grade-high-power-fiber-laser.html>

[Acedido em 02 Março 2014].

Loo, B. F. W., 2006. *New Problems, New Answers? The Revolution in Military Affairs in an Era of Changing Security Concerns*. [Online]

Available at: http://www.nids.go.jp/english/event/symposium/pdf/2005/e2005_04.pdf

[Acedido em 21 Janeiro 2014].



- LRAD Corporation, 2013. *LRAD Product Overview*. [Online]
Available at: <http://www.lradx.com/site/content/view/252/110>
[Acedido em 13 Abril 2014].
- Mcarthur, et al., 2013. *Viable Short-Term Directed Energy Weapon Naval Solutions: A systems analysis of current prototypes*, Monterey, California: Naval Postgraduate School.
- McAulay, A. D., 2011. *Military Laser Technology for Defense: Technology for Revolutionizing 21st Century Warfare*. Online ed. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- MDA, 2012. *The Airborne Laser Test Bed - Fact Sheet*. [Online]
Available at: <http://www.mda.mil/global/documents/pdf/laser.pdf>
[Acedido em 28 Fevereiro 2014].
- Mowthorpe, M., 2002. *The Revolution in Military Affairs and Directed Energy Weapons*. [Online]
Available at: <http://www.iwar.org.uk/rma/resources/energy-weapons/mowthorpe02.html>
[Acedido em 21 Janeiro 2014].
- Murray, W., 1998. *Thinking About Revolutions in Military Affairs*. [Online]
Available at: www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA354177
[Acedido em 21 Janeiro 2014].
- Murray, W. & Knox, M., 2001. *The Dynamics of Military Revolution: 1300-2050*. [Online]
Available at:
<http://books.google.pt/books?id=zIbUmwXitAC&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>
[Acedido em 28 Fevereiro 2014].
- Northrop Grumman, 2014a. *Airborne Laser Testbed (ALTB)*. [Online]
Available at:
<http://www.northropgrumman.com/Capabilities/ChemicalHighEnergyLaser/AirborneLaserTestbed/Pages/default.aspx>
[Acedido em 13 Abril 2014].
- Northrop Grumman, 2014b. *Tactical High Energy Laser (THEL)*. [Online]
Available at:
<http://www.northropgrumman.com/Capabilities/ChemicalHighEnergyLaser/TacticalHighEnergyLaser/Pages/default.aspx>
[Acedido em 14 Abril 2014].
- NSWCDD, 2012. *Directed Energy: Applications Across Land, Air, and Sea*. [Online]
Available at: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a556728.pdf>
[Acedido em 11 Novembro 2013].
- O'Rourke, R., 2013. *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress*. [Online]
Available at: <http://www.fas.org/sgp/crs/weapons/R41526.pdf>
[Acedido em 11 Novembro 2013].



- Owens, M. T., 2008. Reflections on Future War. *Naval War College Review*, Summer, Volume 61, pp. 61-76.
- Palíšek, L., 2009. Directed Energy Weapons in Modern Battlefield. *Advances in Military Technology*, 21 Setembro, Volume 4, pp. 55-65.
- PARSONS, 2012. *ZEUS Laser Neutralization System*. [Online]
Available at: <http://www.parsons.com/Media%20Library/ZEUS-Laser-Neutralization-System.pdf>
[Acedido em 28 Fevereiro 2014].
- Prigg, M., 2014. *Lockheed Martin fires most powerful portable LASER weapon it has ever created in hi-tech race to replace missiles*. [Online]
Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2551219/Lockheed-Martin-reveals-portable-LASER-weapon-used-the.html>
[Acedido em 27 Fevereiro 2014].
- Rich, M. M., 2010. *New World War: Revolutionary Methods for Political Control*, EUA: Lulu Enterprises, Inc.,
- Santo, G. G. A. d. E., 2006. *Revolução nos Assuntos Militares e Revolução Militar*. [Online]
Available at: http://www.revistamilitar.pt/artigo.php?art_id=164
[Acedido em 21 Janeiro 2014].
- Stephenson, S., 2010. The Revolution in Military Affairs: 12 observations on an Out-of-Fashion Idea. *Military Review*, Maio-Junho, pp. 38-46.
- Telo, A. J., 2002. Reflexões sobre a Revolução Militar em Curso. *Nação e Defesa*, Outono-Inverno, pp. 211-249.
- Thompson, M. J., 2011. Military Revolutions and Revolutions in Military Affairs: Accurate Descriptions of Change or Intellectual Constructs?. *Strata*, Setembro, Volume 3, pp. 82-108.
- US DoD & ODNI, 2011. *National Security Space Strategy unclassified overview*. [Online]
Available at: http://www.defense.gov/home/features/2011/0111_nsss/
[Acedido em 28 Fevereiro 2014].
- US DoD, 2013a. *Dictionary of Military and Associated Terms (Joint Publication 1-02)*. Washington DC: US Department of Defense.
- US DoD, 2013b. *DoD Non-Lethal Weapons Program 2013*. [Online]
Available at:
http://jnlwp.defense.gov/Portals/50/Documents/Press_Room/Annual_Reviews_Reports/2013/DoD_Non-Lethal_Weapons_Program_Annual_Review_11.19.2012_HTML_format_v1.pdf
[Acedido em 11 Novembro 2013].



US Navy, 2011. *Photo Gallery*. [Online]

Available at: <http://www.navy.mil/viewGallery.asp?id=0&page=4805&r=4>

[Acedido em 13 Abril 2014].

US Navy, 2014. *All Systems Go: Navy's Laser Weapon Ready for Summer Deployment*.

[Online]

Available at: http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=80172

[Acedido em 14 Abril 2014].

Vaz, N. M., 2003. A RAM, o Quadro Estratégico e as Condições de Emprego das Forças Militares. *Nação e Defesa*, Abril, pp. 117-132.

Vicente, J., 2013. *Guerra Aérea Remota: A revolução do Poder Aéreo e as oportunidades para Portugal*. 1ª ed. Porto: Instituto de Estudos Superiores Militares.

Watts, B. D., 2011. *The Maturing Revolution in Military Affairs*. [Online]

Available at: <http://www.csbaonline.org/publications/2011/06/the-maturing-revolution-in-military-affairs/>

[Acedido em 22 Janeiro 2014].



Apêndice 1 – Perspetiva Histórica

A ideia de se usar a luz como uma arma, data de 212 AC, quando supostamente as forças gregas sob o comando de Hipócrates, incendiaram as velas da frota romana ao concentrar sobre elas a luz solar através da utilização de espelhos. Os lasers e raios “x” durante muito tempo foram sinónimo de ficção científica e filmes de Hollywood, mas com o progresso tecnológico, investigação e desenvolvimento dos últimos 40 anos, as Armas de Energia Dirigida (AED) tornaram-se uma realidade.

Os lasers são bastante recentes, tendo o primeiro sido desenvolvido na década de 60 e representado o início de uma mudança drástica na forma como os militares passariam a considerar a sua aplicação operacional. Vários foram os que nas Forças Armadas e na Indústria ocuparam o seu tempo no final das décadas de 70 e 80, no desenvolvimento de um sistema de armas laser, esforçando-se por atingir elevados níveis de potência, controlo do feixe e utilização de óticas. Em 1999, o Departamento de Defesa americano (DoD) reconheceu formalmente o potencial do laser como uma futura arma e iniciou o seu programa de pesquisa e desenvolvimento, criando no ano seguinte o *Joint Technology Office for High Energy Lasers* de modo a agregar as várias tecnologias laser e desenvolver uma arma laser que possa ser usada em vários tipos de ambiente militar (NSWCDD, 2012, p. 26).

Quando em 1962, os Estados Unidos da América (EUA) despoletaram uma arma nuclear 250 milhas acima do Pacífico, a sua explosão causou um grande desequilíbrio de eletrões que interagiram com o campo magnético da terra, de tal forma que criaram vários campos elétricos numa grande área do Pacífico e com a potência suficiente para danificar sistemas eletrónicos no Havai, localizado a mil milhas de distância, demonstrando os efeitos de um *electromagnetic pulse* (EMP). Não foi necessário muito tempo para que os militares procurassem produzir os mesmos efeitos sem recorrer à arma nuclear. Com a queda da União Soviética e as novas ameaças, o financiamento do DoD para o desenvolvimento desta tecnologia sofreu um grande declínio no final da década de 80 e inícios de 90 (NSWCDD, 2012, p. 12).

Atualmente, os EUA enfrentam a possibilidade de a proliferação de armas guiadas e de precisão, além de outras tecnologias, poderem provocar uma alteração no modo de conduzir a guerra no futuro. A utilização de sistemas defensivos baseados nos atuais sistemas de interceção, como uma solução para os desafios que os sistemas *Anti-access/Area-denial* (A2/AD) apresentam, podem se revelar além de inadequadas, bastante dispendiosas e financeiramente insustentáveis (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 10-11). Perante este dilema, o DoD tem investido no desenvolvimento de tecnologias menos dispendiosas, como



é o caso da energia dirigida, cujo potencial ultrapassará a curto prazo as armas guiadas de precisão.

1. *Airborne Laser Test Bed*

O *Airborne Laser* (ABL) é um sistema laser de tecnologia *Chemical oxygen-iodine lasers* (COIL), que foi projetado para produzir megawatts de energia, percorrer centenas de quilômetros em poucos segundos e destruir mísseis balísticos na sua fase inicial de voo. Cada um dos seis módulos do ABL era do tamanho de um grande veículo utilitário e pesava mais de duas toneladas. O sistema completo pesava mais de 90 toneladas, o que exigiu a sua implementação numa das maiores aeronaves do mundo, o *Boeing 747-400F* (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 15). O programa foi o antecessor do projeto *Airborne Laser Test Bed* (ALTB), cujo sistema laser integrado e localizado no nariz de um *Boeing 747-400F* (cf. fig. nº 14), abateu vários mísseis intercontinentais a centenas de quilômetros de distância, durante testes realizados em 2010 (McAulay, 2011, p. 210). O ALTB utilizava vários sensores para detetar a fase de lançamento do míssil, efetuar o seguimento, corrigir os efeitos atmosféricos e focalizar o raio laser na zona pressurizada do míssil, que ao concentrar a energia num ponto, provocava um dano estrutural e por consequência a sua queda. A utilização deste sistema obrigava a que a aeronave estivesse permanentemente em órbita sobre ou relativamente perto de território hostil, aguardando o disparo do míssil. O programa de desenvolvimento do ALTB foi cancelado em Fevereiro de 2012 (MDA, 2012), tendo sido substituído pelo desenvolvimento do *Free Electron Laser* (FEL), que pretende revolucionar as capacidades da marinha americana.



Figura nº 14 – *Airborne Laser Test Bed*

Fonte: (Northrop Grumman, 2014a)

Foram vários os motivos que levaram ao seu cancelamento, entre eles, a necessidade de aterragem da aeronave para reabastecimento dos químicos usados na criação do feixe de laser e o número reduzido de disparos disponíveis consoante a distância de deteção e o tempo de permanência que a aeronave necessitava para atingir o alvo. A estes fatores, adicionou-



se os requisitos de manipulação e armazenagem de químicos altamente tóxicos e corrosivos, o que implicava uma infraestrutura logística complexa de modo a sustentar as suas operações em áreas e zonas mais avançadas (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 15). Embora o ALTB tenha sido eficaz ao abater vários mísseis em voo ao longo de vários testes, o seu conceito operacional não era viável (Mcarthur, et al., 2013, p. 44). No entanto, o seu desenvolvimento deu origem a outros projetos, como são o caso do *Tactical High-energy Laser* (THEL) e do *Advanced Tactical Laser* (ATL).



Apêndice 2 – A Energia Dirigida e as suas variantes tecnológicas

De acordo com a definição do Departamento de Defesa dos EUA (2013a, p. 79), a Energia Dirigida é um termo que engloba tecnologias relacionadas com a produção de um feixe concentrado de energia eletromagnética, atômica ou de partículas subatômicas.

Embora as tecnologias de energia dirigida compartilhem muitas semelhanças, elas são bastante diferentes nos seus componentes específicos e necessários para a sua produção.

O espectro eletromagnético inclui ondas rádio, micro-ondas, luz visível, infravermelhos, ultravioletas e raios gama. O laser é um acrônimo para "*light amplification by stimulated emission of radiation*". Ou seja, o laser é um tipo de radiação eletromagnética, ou mais especificamente, luz. Luz essa que é composta por pequenas porções de energia denominadas de fótons. É essa quantidade de energia que determina o comprimento de onda (NSWCDD, 2012, p. 26).

Os dois tipos básicos de Armas de Energia Dirigida (AED) são as armas laser e de micro-ondas. Estas são constituídas pela mesma energia eletromagnética, compostas por luz e ondas rádio. Lasers e micro-ondas são meramente diferentes aspetos da mesma energia. Aquilo que as diferencia são os lasers possuírem um comprimento de onda mais curto do que as micro-ondas, e por isso, vibrarem numa frequência mais elevada, ou seja, a única diferença entre ambos é a frequência (Rich, 2010, p. 189).

1. *High-Energy Lasers*

Existem três tipos de *High-Energy Lasers* (HELs): os lasers químicos, os lasers de estado sólido e os lasers de elétrons livres.

Os raios laser podem resultar da combinação de vários feixes com o mesmo comprimento de onda. Quando esta combinação acontece, o seu resultado não é a duplicação da sua potência, mas a sua elevação ao quadrado, o que significa que dois lasers combinados produzem o efeito de quatro, três lasers produzem o efeito de nove, e por adiante (Rich, 2010, p. 201).

Existem várias aplicações militares da tecnologia laser de acordo com o nível de potência (cf. fig. nº 15).

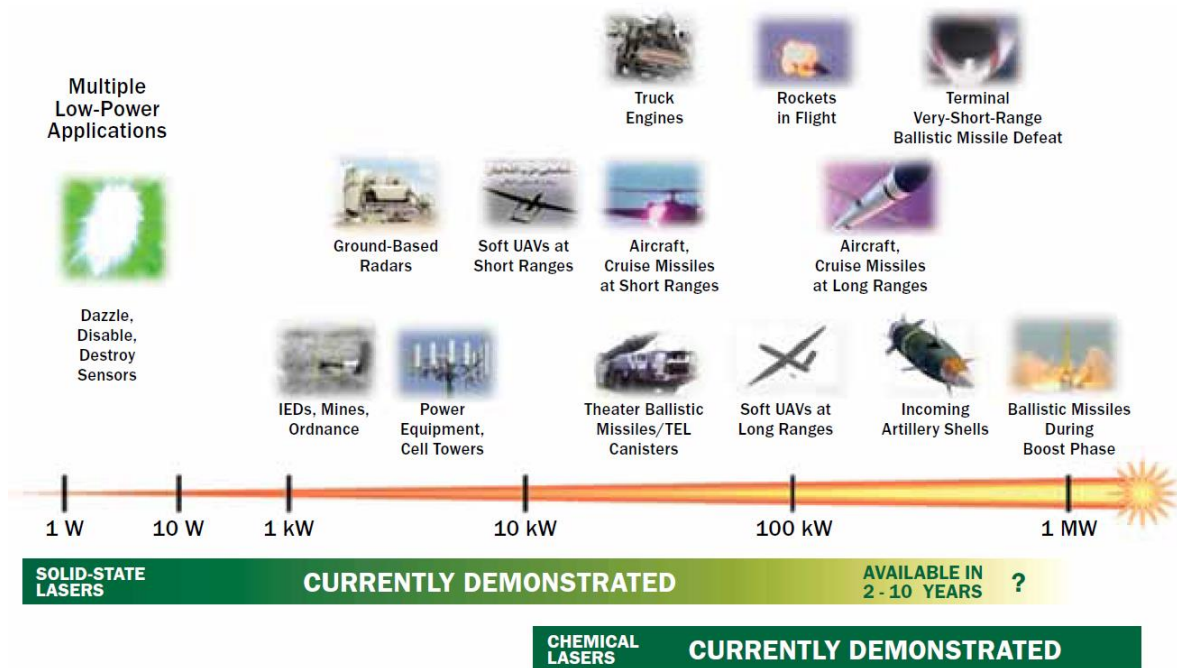


Figura nº 15 – Aplicações militares da tecnologia laser

Fonte: *Center for Strategic and Budgetary Assessments* (Gunzinger & Dougherty, 2012)

a. *Chemical Lasers*

Os lasers químicos são atualmente os únicos que possuem a potência necessária para intercepar alvos a várias centenas de quilómetros. Através de reações exotérmicas (libertação de energia) de vários produtos químicos em fase gasosa, são criados átomos ou fotões em estados excitados num laser. Existem vários tipos de lasers químicos, sendo o mais conhecido o *Chemical Oxygen-Iodine Laser* (COIL), utilizado pelo DoD no desenvolvimento dos programas *Airborne Laser* (ABL) e *Advanced Tactical Laser* (ATL) (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 14-15).

Os lasers químicos são capazes de gerar feixes de elevada potência e qualidade, ao nível do megawatt, com grandes ganhos de eficiência. Muitos destes tipos de laser operam na zona do infravermelho, onde se inclui o COIL, o laser de fluoreto de hidrogénio (HF), o laser de fluoreto de deutério (DF) e o laser de dióxido fluoreto-carbono de deutério (DFCO). Dos três, o COIL possui o comprimento de onda mais curto e o deslocamento pela atmosfera mais eficiente (Rich, 2010, pp. 202-203). No entanto, apesar de biliões de dólares investidos em vários programas, o seu grande volume, peso e finita capacidade de municionamento, limitou a sua aplicação a curto prazo em plataformas móveis como sejam as aeronaves e viaturas terrestres (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 14-15).



b. *Solid-State Lasers*

Os *Solid-State Lasers* (SSL), lasers de estado sólido, usam sólidos cerâmicos ou cristais, em vez de gás como meios de emissão do laser. Existem vários, no entanto destacam-se três tipos de SSL: os semicondutores, os de fibra e os de disco. Ao contrário dos lasers químicos, os SSLs não necessitam de combustível e podem utilizar quaisquer fontes elétricas, desde baterias a geradores, para criar feixes de luz, que podem ser combinados para criar um único e mais potente raio laser (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 16-17). A *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) está a desenvolver um projeto de SSL, denominado de *High Energy Liquid Laser Air Defense System* (HELLADS) e que se encontra detalhado no capítulo dois.

Foi já no decorrer de 2014 que a *Lockheed Martin* (2014) demonstrou o desenvolvimento de um laser de fibra elétrico de 30 kW, cuja potência é a mais elevada das documentadas, com uma elevada qualidade de feixe e grande eficiência elétrica (Prigg, 2014). Este sistema resulta da combinação de vários filamentos laser, num único raio e com um consumo elétrico 50 por cento menor que a maioria da tecnologia SSL. Com a evolução desta tecnologia, comprova-se a aplicabilidade de sistemas laser de alta potência cuja fonte de energia é elétrica e a sua utilização numa vasta gama de plataformas militares terrestres, aéreas e navais. De acordo com a *Lockheed Martin* (2014), as anteriores demonstrações de sistemas laser revelaram que apesar de se adquirir, seguir e destruir o alvo, ainda existiam algumas limitações para a sua integração em plataformas aéreas e terrestres, nomeadamente, o seu elevado tamanho para que se pudesse garantir a alimentação e o sistema de refrigeração necessário. O *High Energy Fiber Laser* (HEFL) vem reduzir essas limitações, possuindo a capacidade para ser o coração de uma arma laser (Lockheed Martin, 2014).

c. *Free-Electron Laser*

O *Free-Electron laser* (FEL) difere dos lasers convencionais, ao utilizar eletrões em vez de gases ou sólidos. Os sistemas FEL aceleram os feixes de eletrões quase á velocidade da luz através de aceleradores e usam poderosas estruturas magnéticas onde estes se movimentam livremente, de modo a gerar feixes de elevada energia (Gunzinger & Dougherty, 2012, p. 18).

O FEL é um sério candidato para os lasers navais devido a seu potencial para alcançar a potência necessária para neutralizar alvos em aproximação, como sejam mísseis balísticos, e a sua capacidade única de "afinar" os seus feixes de luz através de diferentes comprimentos de onda, de modo a que estes possam melhorar o seu desempenho através de atmosferas



mais densas e húmidas, que caracterizam os ambientes marítimos (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 18-19). Os navios de guerra podem possuir armas laser de longo e curto alcance para a defesa antimíssil. Os lasers de relativa baixa potência, devido á velocidade da luz, podem ser usados para abater mísseis que se aproximem a curta distância, enquanto os de elevada potência podem ser utilizados para distâncias maiores. Ao contrário do COIL usado no ABL, o FEL não requer produtos químicos tóxicos a bordo, apenas geradores de energia elétrica para alimentar o sistema, sendo que o seu peso e alimentação elétrica são muito menos problemáticos num navio do que numa aeronave. (McAulay, 2011, pp. 228-230).

Na realidade, o FEL pode dar origem a um tipo de armamento combinado, pois pode ser ajustado para emitir raios que variam desde o *gamma* ao micro-ondas e portanto, pode ser ajustado a qualquer comprimento de onda específico pelo meio, o que inclui comprimentos de onda curtos, o que também o torna um micro-ondas de alta potência. É expectável que esta tecnologia venha a produzir energia com potências ao nível do megawatt (Rich, 2010, p. 207).

2. *High-Powered Microwaves*

A partir da investigação sobre os efeitos da energia nuclear, ocorreram desenvolvimentos significativos sobre *High-Powered Microwaves* (HPM), especificamente no que diz respeito à interação entre ondas e partículas (Mcarthur, et al., 2013, p. 29).

Uma arma de micro-ondas de alta potência utiliza a eletricidade para alimentar um gerador de micro-ondas que emite ondas muito curtas (normalmente nanos para microssegundos em duração) de radiação micro-ondas dos megas aos gigawatts de potência. As futuras armas HPM podem vir a emitir feixes de radiação mais estreitos de modo a atacar alvos em locais específicos ou emitir a radiação de modo multidirecional de modo a degradar todos os componentes eletrónicos em áreas mais amplas. Estas armas possuem a capacidade de interromper temporariamente determinados sistemas eletrónicos, como seja um computador, até à sua destruição física, ao derreter todos os sistemas que não estejam protegidos de elevados campos eletromagnéticos por estas armas geradas (Gunzinger & Dougherty, 2012, pp. 19-20). Além de perturbarem o funcionamento dos equipamentos eletrónicos as armas HPM podem ser usadas igualmente para a criação de devastadores efeitos biológicos. Estas armas são compostas por três componentes principais: uma fonte de energia, uma fonte micro-ondas de alta potência e uma antena. A fonte do HPM atua como o coração da arma convertendo a energia de um impulso elétrico em energia eletromagnética, mais especificamente em micro-ondas (Mcarthur, et al., 2013, p. 29).



As HPM representam um menor risco de exposição acidental e letal, comparativamente às armas não-letais cinéticas, afetando os indivíduos de igual forma, mas possuindo um alcance maior do que a sua maioria, o que pode ser útil em grandes espaços abertos (Mcarthur, et al., 2013, p. 30).

3. *Particle Beams*

Uma arma de feixe de partículas utiliza um feixe direcionado de partículas atômicas ou subatômicas. As partículas neutras necessitam de ser usadas fora da atmosfera terrestre, no espaço, provocando a repulsão e o deslocamento das restantes partículas. Estes feixes transmitem matéria e não apenas ondas eletromagnéticas como os lasers e micro-ondas. As partículas deslocam-se perto da velocidade da luz num feixe com poucos centímetros de diâmetro e depositam a sua energia cinética penetrando em qualquer tipo de material, criando um choque térmico e por esse motivo, possuem o potencial para serem armas altamente destrutivas e muito difíceis de contrariar. Quando aplicado sobre um alvo explosivo, existe a possibilidade de causar uma deflagração e assim neutralizar o mecanismo de uma ogiva normal. As partículas são polarizadas através da aplicação de um forte campo elétrico junto a um material que emita elétrons. Esses elétrons são gradualmente acelerados através de alta tensão (muitas vezes megavolts), que aumentam a sua velocidade. Uma arma de partículas é tecnicamente um grande desafio e a sua construção acarreta elevados custos, o que dificulta o seu desenvolvimento (NSWCDD, 2012, pp. 55-56).



Apêndice 3 – Matriz de Validação

Questão Central	Questões Derivadas	Hipóteses	Validação das Hipóteses	Resposta à Questão Central
“Como é que as Armas de Energia Dirigida podem revolucionar as Operações Militares do século XXI?”	Qual é a aplicabilidade das AED nos seus vários ambientes operacionais?	As AED são aplicáveis na dimensão terrestre, marítima, aérea e espacial.	Hipótese Validada (Página 26)	“As AED são uma evolução tecnológica integrada na Revolução da Informação. Apesar de colmatarem atuais lacunas operacionais, estas novas armas não substituem o armamento convencional. Possuem no entanto, o potencial para virem a ser utilizadas como uma arma de coação e dissuasão estratégica e assim desequilibrar a balança de poder, com reduzidos ou inexistentes danos colaterais.”
	Quais são as vantagens da integração operacional das AED quando comparadas com as armas convencionais?	As AED possuem várias vantagens sobre o armamento convencional.	Hipótese Validada (Página 29)	
	Qual o impacto operacional das AED nos conflitos armados?	As AED não substituem o armamento convencional.	Hipótese Validada (Página 36)	
	Qual é o contributo estratégico das AED para o desequilíbrio do poder internacional?	As armas nucleares podem ser substituídas pelas AED como instrumentos de coação ou dissuasão.	Hipótese Validada (Página 41)	
	As AED são uma evolução ou uma RAM?	As AED são uma evolução/ inovação tecnológica.	Hipótese Validada (Páginas 36 e 41)	