

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC MAURO DAIHA ALVES PINTO

A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E AS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS:

Um estudo de caso sobre o seu emprego no contexto da Revolução nos Assuntos Militares

Rio de Janeiro

2019

CC MAURO DAIHA ALVES PINTO

A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E AS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS:

Um estudo de caso sobre o seu emprego no contexto da Revolução nos Assuntos Militares

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CC Alexandre de Souza Gomes

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, por ter me dado saúde e paz, por sempre me orientar no caminho correto com a sua benção e por permitir que mais esta meta fosse alcançada.

A minha esposa, Gabriela, e meus filhos, Giovana e Murilo, pelo apoio irrestrito, paciência e demonstração de amor e carinho dispensados durante a realização deste trabalho.

Ao Capitão de Corveta Alexandre de Souza Gomes, meu orientador, pela atenção e paciência a mim dispensada e pelas sugestões e intervenções extremamente profissionais e seguras, que foram de grande relevância para a consecução dos objetivos propostos.

Por fim, aos instrutores da Escola de Guerra Naval, pela metodologia transmitida e pela dedicação e motivação de ensinar e passar suas experiências, de forma que trouxeram grande suporte ao desenvolvimento da minha argumentação.

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é compreender o emprego militar das Aeronaves Remotamente Pilotadas no que diz respeito às táticas e à concepção estratégica adotada pelos Estados Unidos da América, tanto em missões de reconhecimento iniciadas durante a Guerra do Vietnã (1955-1975), passando pelas operações de ataque no sudeste asiático no início do século XX, até as recentes ações de espionagem realizadas no Irã (2019). Para tanto, descreve-se, também, a importância no desenvolvimento de novas tecnologias e de sua implementação sustentável, uma vez que tais aspectos tornam possível a utilização dessas aeronaves nos conflitos contemporâneos. Por isso, nesta pesquisa, considera-se que, resultado de diversas revoluções, a grande maioria delas com origem em tecnologias civis, as Aeronaves Remotamente Pilotadas se inserem plenamente na chamada Revolução nos Assuntos Militares, termo que descreve a necessidade de avanços – tecnológicos, doutrinários e organizacionais – como fundamentais para manter o poderio militar sempre adiante de eventuais ameaças externas. Para isso, a metodologia de trabalho baseou-se na consulta de fontes bibliográficas, especialmente em trabalhos publicados por autores com reconhecida competência nos tópicos que serviram de suporte ao desenvolvimento desta monografia. Assim, foi possibilitada a realização de um estudo de caso cujo objeto é o emprego militar das Aeronaves Remotamente Pilotadas em atividades bélicas de diversas naturezas. Salienta-se que, após feita a análise proposta, o estudo concluiu que as referidas aeronaves, elementos-chave na Revolução nos Assuntos Militares de diversos Estados, tais como os Estados Unidos da América, têm sido largamente empregadas em missões convencionais e clandestinas, tanto para o reconhecimento, vigilância e aquisição de informações de inteligência, quanto para eliminar, com precisão cirúrgica, mesmo em áreas duramente defendidas, líderes inimigos, centros de treinamento e outros alvos de interesse estratégico. Ressalta-se, por fim, que a economia de recursos, humanos e materiais, e a grande adaptabilidade a diversos tipos de missões e os altos índices de precisão e letalidade, tornam essas plataformas de combate necessárias ao arsenal de qualquer nação que pretenda estar na vanguarda dos assuntos militares em sua esfera de influência.

**Palavras-chave:** Aeronaves Remotamente Pilotadas. Revolução nos Assuntos Militares. Tecnologia. Precisão cirúrgica. Economia de recursos.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI –	<i>Artificial Intelligence</i>
ARP –	Aeronave Remotamente Pilotada
CIA –	<i>Central Intelligence Agency</i>
DoD –	<i>U.S. Department of Defense</i>
EUA –	Estados Unidos da América
GIGN –	Gendarmerie Nationale
GWOT –	<i>Global War on Terrorism</i>
GPS –	<i>Global Positioning System</i>
JDAM –	<i>Joint Direct Attack Munition</i>
JTAC –	<i>Joint Tactical Air Controller</i>
IR –	Infravermelho
MIT –	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MTS –	<i>Multispectral Targeting System</i>
OCR –	<i>Optical Character Recognition</i>
RAM –	Revolução nos Assuntos Militares
ROVER –	<i>Remotely Operated Video Enhanced Receiver</i>
RTM –	Revolução Técnico Militar
RVT –	<i>Remote Video Terminal</i>
SAM –	<i>Surface to Air Missile</i>
SAR –	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
TDL –	<i>Tactical Data Link</i>
URSS –	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
WTC –	<i>World Trade Center</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2</b>	<b>INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E A REVOLUÇÃO NOS ASSUNTOS MILITARES: NOVAS IDEIAS, CONCEITOS E EMPREGOS</b> .....	11
2.1	A necessidade de Revolução .....	11
2.2	A Revolução Civil: do Ábaco à Conquista da Lua .....	13
2.3	O Advento das Aeronaves Remotamente Pilotadas .....	15
2.4	Outra Revolução Civil: o Microcomputador .....	17
2.5	A Revolução nos Assuntos Militares .....	18
<b>3</b>	<b>ARPs: COMPUTADORES VOADORES EM ESTADO DA ARTE</b> .....	22
3.1	RAM: a Tecnologia torna-se essencial à Guerra.....	22
3.2	As novas tecnologias essenciais às ARPs .....	24
3.3	O futuro das ARPs: a Inteligência Artificial .....	30
<b>4</b>	<b>AS ARPs NO CAMPO DE BATALHA: UM ESTUDO DE CASO</b> .....	33
4.1	Os primeiros empregos das ARPs em combate .....	33
4.2	O uso das ARPs na Guerra Contra o Terrorismo e na Contrainsurgência .....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	44
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47

# 1 INTRODUÇÃO

Desde a primeira metade do século XIX, a humanidade vem passando por um contínuo período de inovação tecnológica. Por isso, inovações como a máquina a vapor, o uso da energia elétrica e os motores a combustão interna expandiram os limites da tecnologia e levaram a novas revoluções técnico-científicas.

No início do século XX, na Guerra Ítalo-Turca (1911-1912), um conflito armado entre o Império Otomano e o Reino de Itália pela posse da Líbia, os italianos fizeram o primeiro emprego de aeronaves mais pesadas do que o ar em operações bélicas, nas tarefas de reconhecimento, espotagem de alvos para a artilharia e bombardeio. Por sua vez, durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), o mundo assistiu à rápida evolução do emprego do avião como arma de guerra. Tal desenvolvimento continuou no período entre guerras, de forma que, na Segunda Guerra Mundial (1939-1945), com maior maturidade tecnológica e capacidade bélica, o avião se tornou essencial ao desenvolvimento de diversas ações e, por conseguinte, à vitória aliada. Importante mencionar que, nesse conflito, a necessidade de decifrar os códigos alemães, produzido pelas máquinas codificadoras “Enigma”, levou o matemático britânico, Alan Mathison Turing (1912-1954), e sua equipe a liderar o desenvolvimento dos primeiros protocomputadores<sup>1</sup>.

Consequentemente, esse avanço possibilitou o desenvolvimento de dispositivos com capacidade computacional cada vez mais elevada e tamanho cada vez menor, além de possibilitar um incremento nas comunicações desses equipamentos, por meio de diversas formas de transmissão de sinais; culminando na moderna tecnologia dos computadores, celulares e outros recursos computacionais contemporâneos.

Paralelamente, e por período semelhante de tempo, o meio militar assistiu a

---

<sup>1</sup> Computadores eletromecânicos, que empregavam válvulas eletrônicas e meios de cálculo e armazenamento de dados mecânicos. Caracterizavam-se por seu grande tamanho físico e pouca funcionalidade. Ademais, apresentavam ainda pequeno Tempo Médio entre Falhas, uma vez que as válvulas, que eram utilizadas até o limite de sua capacidade, não sobreviviam por mais que 36 horas de operação (WHITE, 2018).

diversas mudanças na forma como se faz a guerra, dentro do conceito denominado Revolução nos Assuntos Militares (RAM). Em face desse cenário, cabe ressaltar que, neste trabalho, o termo “Revolução”, quando empregado nesse contexto, significa a completa mudança de pensamentos e conceitos sobre os assuntos militares.

Assim, a História da Guerra, desde o meio do século XIX até o tempo presente, vem apresentando um grande número de mudanças nos meios bélicos empregados, no emprego tático desses meios e no pensamento estratégico. Todavia, tais mudanças sempre ocorreram com o objetivo de adquirir ou manter a superioridade sobre o inimigo, propiciando, assim, a vitória daquele que aplica prioritariamente, de maneira consistente, os novos métodos e conceitos desenvolvidos e testados.

Salienta-se que grande parte dos atuais meios empregados na RAM tem sua origem no mundo civil. É esse o caso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs)<sup>2</sup>, que surgiram a partir de aviões radiocontrolados, inicialmente utilizados em atividades de lazer por entusiastas da aviação. Posteriormente, vislumbradas as possibilidades de emprego militar de tais meios, as ARPs passaram a transportar sensores e armamentos. Ademais, com a evolução da tecnologia computacional e dos meios de comunicação, essas aeronaves passaram a ser empregadas a distâncias cada vez maiores, convertendo-se em armas de alta precisão e letalidade.

Em meio à RAM, e em sua campanha contra diversos grupos terroristas, os Estados Unidos da América (EUA) têm feito largo emprego de ARPs, armadas ou equipadas para reconhecimento. Nesse sentido, é possível apontar que os EUA criaram a primeira doutrina de emprego tático para esse tipo de aeronave. Assim, tornou-se lugar-comum, na mídia especializada e na grande mídia, o surgimento de notícias de que um ataque de drones<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Neste trabalho utiliza-se utilizado o termo ARP ou drone. Isso porque ambos os termos abrigam todas as variedades desta aeronave. Além disso, tal escolha se deve à já existente familiaridade com o termo, observada em relação à repercussão midiática.

<sup>3</sup> O Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DoD) define “drone” como sendo um veículo

atingiu um campo terrorista, causando a morte de um importante líder do grupo.

Rapidamente, essa tecnologia alcançou Forças Armadas a serviço de diversos Estados. Contudo, grupos defensores de direitos humanos e grupos que discutem as legislações internacionais pertinentes à guerra divergem sobre a legitimidade do uso de armamento legal disparado a partir de ARPs.

Dessa forma, o emprego militar desses veículos não tripulados deu origem às questões centrais deste estudo, quais sejam: como as ARPs devem ser empregadas, do ponto de vista da doutrina de emprego tático e da concepção estratégica? Como devem ser adestrados os pilotos desse tipo de aeronave? Qual a legitimidade do uso de armamento letal a partir dessa plataforma?

Assim, a partir destes questionamentos, o propósito do presente trabalho é compreender o emprego militar das ARPs, no que diz respeito às táticas e à concepção estratégica adotada pelos EUA, tanto em missões de reconhecimento iniciadas durante a Guerra do Vietnã (1955-1975), passando pelas operações de ataque no sudeste asiático no início do século XX, até as recentes ações de espionagem realizadas no Irã (2019). Além disso, esta pesquisa debruça-se, também, sobre a importância do desenvolvimento de novas tecnologias e de sua implementação sustentável, que tornam possível a utilização dessas aeronaves na Guerra moderna. Assim, a plena compreensão da RAM, das diversas tecnologias envolvidas na operação dessas plataformas não tripuladas e sua multiplicidade de propósitos, tanto em missões de reconhecimento (armadas ou desarmadas), missões *search and destroy*<sup>4</sup> e operações de ataque, são pontos importantes para que este estudo alcance o seu objetivo.

Assim, são discutidos, nas páginas a seguir, diversos assuntos relacionados às

---

aéreo que não possui um operador humano, pode voar autonomamente ou ser pilotado remotamente, pode ser descartável ou recuperável e pode transportar uma carga letal ou não letal (O'CONNELL, 2010).

<sup>4</sup> *Search and Destroy*: Em português, “ache e destrua” (tradução nossa), é um tipo de missão que visa à localização e à eliminação de um alvo específico, que pode ser material ou humano. O termo foi bastante empregado em missões de Forças Especiais no Vietnã, que visavam à destruição de alvos específicos no Laos e no Camboja, com o objetivo de negar ao *Vietcong* o uso da chamada Trilha de Ho-Chi-Minh (CORDESMAN, 2013).

ARPs e sua aplicação sem que, contudo, a pesquisa se limite a contar a história dessa tecnologia disruptiva. Pelo contrário, há a preocupação em descrever sua operação, teórica e prática, à luz de seu recente emprego em conflitos.

Para que o intento aqui proposto possa ser atingido, utiliza-se o método do Estudo de Caso. Para tanto, tem-se, como seu objeto de estudo, o emprego de ARPs em atividades bélicas de diversas naturezas, por Estados como os EUA. Ademais, a fim de que esse estudo tivesse suporte, estruturou-se uma pesquisa exploratória, de natureza qualitativa, embasada pela revisão da literatura encontrada sobre o tema em questão.

Além disso, cabe apontar que, este trabalho, na intenção de atingir sua meta, foi estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo consiste nesta introdução, ora em progresso. Em seguida, há o capítulo dois, que aborda as revoluções técnico-científicas do século XX, os conceitos básicos e a evolução das ARPs, desde sua concepção até o marco em que se tornaram plataformas de combate em um contexto de guerra irregular, e introduz e analisa os princípios básicos de uma RAM.

O terceiro capítulo, por sua vez, possui caráter bastante técnico, e, por isso, descreve a tecnologia embarcada nas ARPs, incluindo os avanços computacionais, *data link*, seus sistemas de navegação e controle, sensores para diversas finalidades e armamentos. Então, no quarto capítulo, realiza-se o Estudo de Caso, bem como sua discussão. Assim, a partir desse capítulo, possibilita-se a compreensão do emprego militar das ARPs em atividades bélicas à luz dos últimos conflitos nos quais esse tipo de aeronave se fez presente.

Finalmente, com o intuito de responder às questões propostas, o trabalho se encerra no capítulo destinado às considerações. A partir desse último capítulo, depreende-se uma conclusão essa consubstanciada pela inovação tecnológica e pela evolução e o emprego das ARPs no contexto de uma RAM. Dessa maneira, ressalta-se que tais fatores (tecnologia e doutrina de emprego) têm contribuído sobremaneira para que tais aeronaves alcancem um

notável protagonismo nos conflitos contemporâneos.

Por fim, antes de iniciar a análise proposta, é importante que o leitor tenha em mente que é necessário, a qualquer Estado que queira garantir sua soberania e seu *status quo* enquanto Nação, acompanhar a evolução da tecnologia civil e militar; porque é preciso estar plenamente atualizado e, idealmente, à frente da RAM, para que modernize seus meios e seu pensamento estratégico, de modo a estar bem capacitado para eventos bélicos do que seus possíveis agressores.

## **2 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E A REVOLUÇÃO NOS ASSUNTOS MILITARES: NOVAS IDEIAS, CONCEITOS E EMPREGOS**

A Arte da Guerra e a inovação tecnológica caminham, desde o início da história humana, de mãos dadas. Alguns dos mais antigos achados arqueológicos, datados de 10.500 anos atrás, demonstram que o homem aprendeu a esculpir pontas em pedras e a utilizar protuberâncias de ossos e madeira como armas de guerra (NEVES, 2002).

Tendo esta reflexão em mente, são apresentadas, neste capítulo, as necessidades de revoluções tecnológicas para o desenvolvimento de meios militares, bem como um breve histórico acerca da evolução das ARPs até o aparecimento das modernas plataformas de ataque não tripuladas. Dessa forma, no decorrer das próximas páginas, evidencia-se que as inovações computacionais, técnicas e científicas contribuíram para o surgimento, para as transformações das ARPs, e para mudança no seu emprego tático e na sua concepção estratégica. Ainda, por meio do contexto de uma RAM e de seus princípios básicos, evidencia-se a importância para as Forças Armadas contemporâneas dessas aeronaves como vetores de combate.

### **2.1 A necessidade de Revolução**

É correto afirmar que, ao longo da história militar, várias revoluções tecnológicas, táticas ou do pensamento estratégico foram responsáveis pela vitória, ao atuarem como elemento surpresa, não havendo, por parte do inimigo, quaisquer contramedidas disponíveis. Paradoxalmente, quando a inovação ocorreu simultaneamente, em dois ou mais dos beligerantes, ela não resultou, por si só, em sucesso militar, como é o caso do avião. Contudo, evoluções localizadas na tecnologia<sup>5</sup> e, sobretudo, o seu melhor emprego, acabaram por se

---

<sup>5</sup> Evolução realizada em partes específicas do *Hardware* ou *Software* da nova tecnologia, como o caso do dispositivo de sincronização de tiro pelo arco da hélice dos aviões (WHITE, 2018).

tornar os fatores decisivos nesse caso (TEIXEIRA, 2009).

Para Gonçalves (2015), é correto afirmar que, em todos os conflitos da humanidade, a revolução, quer nas táticas, na estratégia ou na tecnologia, se fez presente. Durante a Guerra Fria (1947-1989), por exemplo, os EUA e seus aliados da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) orientaram sua estratégia pensando no problema da superioridade numérica de pessoal da então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e seus aliados do então Pacto de Varsóvia, para o desenvolvimento de meios de combate dotados de alta tecnologia.

Em contrapartida, os estrategistas do bloco soviético basearam sua estratégia em maciços ataques com a utilização de *Main Battle Tanks* (MBT), blindados leves de reconhecimento e viaturas blindadas de transporte de pessoal, apoiados por obuseiros autopropulsados. Nesse sentido, os Chefes do Estado-Maior soviético, Nikolai Vasilyevich Orgakov (1977-1984 – anos de chefia) e Sergei Fyodorovich Akromeyev (1984-1988– anos de chefia), batizaram, dentro do conceito de Revolução Socialista, ainda imperante na URSS, esse processo de “Revolução Técnico Militar” (RTM), como o primeiro estágio da transformação militar perante o seu sistema de defesa (GONÇALVES, 2015).

Segundo Fitzgerald (1987), Ogarkov afirmava que os EUA e seus aliados da OTAN estavam desenvolvendo moderna estratégia não-nuclear com o objetivo de enfrentamentos futuros, e com base em avanços tecnológicos e novos conceitos. Tratava-se de sistemas de armamentos com capacidade de lançamento de munições de precisão, sistemas de observação e reconhecimento, sistemas de comando e controle, dentre outros.

Importante mencionar que a recente estratégia, desenvolvida pelos EUA no decorrer da década de 1980, implicava na necessidade de aprimoramento da estratégia militar soviética, em meios e doutrinas militares. No entanto, com isso, seria essencial abandonar posicionamentos antigos e adotar renovadas posturas frente às ameaças da época.

Diante do exposto, constata-se que os conceitos da transformação militar, assim como são apresentados atualmente, desenrolaram-se na época da Guerra Fria. Portanto, com os estudos do Marechal Ogarkov, observou-se a evolução tecnológica dos EUA e dos Estados aliados integrantes da OTAN naquela época, além de ter sido reconhecida a redução gradual da teoria da guerra nuclear defendida à época.

Cabe salientar que, especificamente, a Revolução empreendida pela concepção estratégica dos EUA e da OTAN deveu-se à uma revolução que teve sua origem no mundo civil. Assim, após esta breve explanação de caráter histórico-analítico, inicia-se a próxima seção, dedicada a observar a noção de Revolução Civil.

## **2.2 A Revolução Civil: do Ábaco à Conquista da Lua**

Há séculos, a humanidade buscava formas de facilitar cálculos matemáticos por meio de dispositivos que auxiliassem na realização de cálculos complexos. No século XVIII, o físico e matemático francês, Blaise Pascal (1623-1662), concentrou suas pesquisas em campos como a hidrostática, a geometria (Teorema de Pascal) e os estudos das probabilidades e da análise combinatória, além de ter criado a “pascalina”, a primeira máquina de calcular funcional (WHITE, 2018).

Ressalta-se, assim, que houve lento, porém contínuo, progresso das máquinas de calcular, com invenções importantes, como a máquina de computação de dados, por meio de Hermann Hollerith (1860-1929), até a eclosão da Segunda Guerra Mundial. Nesse conflito, duas necessidades bélicas levaram engenheiros civis a desenvolver os primeiros protoccomputadores: a necessidade de orientar projéteis de artilharia e de decifrar os códigos nazistas. Assim, os estadunidenses construíram o *Mark I* para orientar a artilharia, enquanto os britânicos criaram o *Colossus*, capaz de decifrar os códigos das complexas codificadoras “Enigma” nazistas (WHITE, 2018). E, ainda segundo White (2018), nos anos do pós-guerra, a

continuação das pesquisas, aliadas ao desenvolvimento de transistores e materiais supercondutores, impulsionou o desenvolvimento da Ciência Computacional.

Nos anos 1970, o advento das linguagens de programação de alto nível, como a linguagem “C”<sup>6</sup>, que compreendem sintaxes e instruções próximas da linguagem humana, em substituição aos complicados comandos da linguagem *Assembly*<sup>7</sup>, que utiliza comandos binários e hexadecimais para construir seus códigos de programa, permitiu que o computador pudesse realizar cálculos avançados. Além disso, tal advento permitiu a construções gráficas das representações numéricas, o que possibilitou a expansão dos computadores para um grande número de ramos de atividade (LIBERTY; JONES, 2005).

Porém, a generalização do uso dos computadores residia em seu tamanho físico. Isso porque, até o final dos anos 1970, o computador consistia, com poucas exceções, em diversos terminais, ligados via rede a um *mainframe*, e sua unidade central de processamento possuía algumas dezenas de metros quadrados de tamanho (GONÇALVES, 2015).

Uma das poucas exceções era um produto direto de um dos episódios da Guerra Fria, qual seja: a Corrida Espacial. Nessa corrida, EUA e ex-URSS disputaram, em sucessivas metas, a conquista do espaço. Embora, os soviéticos tenham, sem o emprego de tecnologia computacional ou eletrônica avançada, em 12 de abril de 1961, sido os primeiros a colocar um homem, o cosmonauta Iuri Alekseievitch Gagarin (1934-1968), na órbita terrestre, os EUA venceram a Corrida Espacial, em 20 de julho de 1969, ao enviarem o módulo de pouso *Eagle*, parte da missão *Apollo 11*, à superfície lunar. A bordo do módulo *Eagle*, além de dois astronautas, iam também alguns microcomputadores, responsáveis pela navegação e controle do pouso, decolagem e motores (BROWN, 2019).

---

<sup>6</sup> Linguagem de Programação “C”. Linguagem, em computação, significa o programa, cuja formulação de código é conhecida como linguagem, empregado para escrever *software*, tanto para computadores, quanto para outras aplicações, como o gerenciamento de robôs (WHITE, 2018).

<sup>7</sup> Linguagem binária, que traduz as instruções do *software* para o *hardware*, permitindo que o computador compreenda os comandos dados pelo operador e devolva a esse os dados processados na tela, em forma inteligível (WHITE, 2018).

Essa tecnologia, que foi desenvolvida por civis trabalhando para o governo dos EUA não ficou limitada à Corrida Espacial. Isso ocorreu porque, antes mesmo que as naves do programa *Apollo* realizassem sua alunissagem, microcomputadores bastante semelhantes plotavam o curso ou calculavam a trajetória da queda das bombas das aeronaves F-4 *Phantom* II e A-6 *Intruder* que operavam nos céus do sudeste asiático, durante a Guerra do Vietnã (BROWN, 2019).

### 2.3 O Advento das Aeronaves Remotamente Pilotadas

O conceito de ARP foi utilizado pela primeira vez em agosto de 1849, durante um ataque do exército austríaco à cidade de Veneza, que controlava grande parte da Itália naquele momento. Naquela ocasião, foram lançados cerca de duzentos balões não tripulados, armados com bombas controladas com o intuito de se precipitarem sobre a cidade e, em seguida, explodir sua carga. Algumas bombas explodiram como o planejado, mas o vento soprou vários deles de volta às linhas austríacas. Cabe notar que os balões não tripulados não possuíam nenhum tipo de controle e não havia nenhum dispositivo para coleta ou envio de informações. Tais incrementos somente se materializaram no século seguinte (HARDGRAVE, 2005). Assim, no início do século XX, com o uso extensivo de aeronaves em missões militares e com o sucesso das transmissões sem fio foi criado um ambiente propício para o recrudescimento da ideia de desenvolver aeronaves não tripuladas em guerra.

De acordo com Hardgrave (2005), as primeiras aeronaves não pilotadas foram desenvolvidas logo após a Primeira Guerra Mundial e eram destinadas, a princípio, como “torpedos aéreos”, o que resultou no *Kettering Bug*, o primeiro antecessor dos atuais mísseis de cruzeiro. Dessa forma, essa tendência, esperada à época, foi contrariada, uma vez que os esforços no progresso de aeronaves não tripuladas mudaram de plataformas de armas, como os torpedos aéreos, para o progresso de ARPs como alvos.

Ressalta-se que, no intervalo entre guerras, os primeiros modelos de reduzido custo surgiram com a finalidade de serem alvos aéreos. Não obstante, sua produção em larga escala ocorreu somente com o início da Segunda Guerra Mundial.

Do ponto de vista de Lorch (2009), ao final da Segunda Guerra Mundial, a concepção estratégica dos EUA sofreu transformações, tal como as tarefas relacionadas às ARPs. Assim, se anteriormente elas eram utilizadas como alvos aéreos, a partir daquele instante elas começaram a ser usadas em missões de reconhecimento e inteligência na busca de informações. Compreende-se, portanto, que essa modificação estratégica foi motivada pela viabilidade da perda ou captura dos pilotos nesse tipo de missão.

Pouco tempo depois, durante a década de 1960, houve uma aceleração no desenvolvimento deste novo meio, uma vez que se passou a contestar o emprego de aeronaves tripuladas para o cumprimento de missões com risco intrínseco elevado.

Na Guerra do Vietnã, os estadunidenses puderam pôr à prova seu primeiro protótipo de ARP, o *Ryan FireBee*, para monitoramento de comunicações entre tropas inimigas e para realizar missões de reconhecimento tático. Nesse período, o nível de desenvolvimento tecnológico ainda era incipiente, porém, com potencial para um futuro promissor (JONES, 1997).

Percebe-se, assim, que a utilização e o incremento técnico das ARPs acompanharam e acompanham as necessidades advindas do meio militar. Além disso, até pouco depois da metade do século passado, o drone era apenas mais um vetor empregado de acordo com os conflitos existentes, porém, já era utilizado como ferramenta de coleta de dados de inteligência. Não havia, ainda, uma cultura organizacional no mundo voltada para o seu desenvolvimento em larga escala que representasse uma mudança de paradigma na doutrina de emprego de meios nas Forças Armadas.

Outro marco importante ocorreu durante a Batalha do Vale do Bekaa (1982),

guerra travada entre Israel e Líbano. Nessa guerra, o emprego dos drones foi motivado pelo elevado número de pilotos mortos em ação durante a Guerra de Yom Kippur (1973). Naquela ocasião, Israel, decidiu buscar novas soluções que não expusessem seus militares no cumprimento de missões com elevado grau de risco, o que trouxe, naquele momento, grandes possibilidades de emprego tático das ARPs (LORCH, 2009). Percebe-se, assim, que seu desempenho foi tão importante que, a partir de então, em todos os conflitos em que os israelenses se envolveram, houve a participação ativa de tais vetores, bem como motivou-se não apenas Israel, mas também todas as potências militares da época a investirem fortemente no conceito e na doutrina operacional (GOEBEL, 2012).

Ainda de acordo com Goebel (2012), a possibilidade elevada de perdas humanas no cumprimento de missões de grande risco passou a ser analisada pela cúpula das Forças Armadas de vários Estados, sobretudo por envolver a opinião pública. Nesse contexto, o emprego das ARPs, inicialmente concebidos para missões de reconhecimento e inteligência, chegaram às missões de ataque.

## **2.4 Outra Revolução Civil: o Microcomputador**

O início dos anos 1980 assistiu a outra revolução civil: o advento do microcomputador. Em 1977, Marcian Edward “Ted” Hoff Jr. (1937- ) da empresa *Intel Corporation* criou o microprocessador<sup>8</sup>, item que seria essencial para a existência do microcomputador. Com o uso do microprocessador (em inglês, *microchip*), dois jovens, Steve Paul Jobs (1955-2011) e Steve Gary Wozniak (1950- ) construíram o primeiro microcomputador (chamado também de computador pessoal, PC, do inglês *Personal Computer*), que recebeu o nome de Apple I (WHITE, 2018).

De acordo com White (2018), Jobs e Wozniak fundaram então a empresa Apple, e

---

<sup>8</sup> Constituído por milhares de transistores, é a unidade responsável pelo controle lógico dos dispositivos computacionais (WHITE, 2018).

lançaram seu segundo modelo, o Apple II, que se tornou um grande sucesso de vendas, pressionando, em 1980, a “gigante” *International Business Machines Corporation* (IBM) a entrar no nascente mercado de microcomputadores. Como resultado, a computação se tornou acessível a milhares de pessoas, em todo o mundo.

Porém, a revolução dos microcomputadores não se limitou a levar a ciência computacional para dentro dos lares. Empresas que antes não podiam contar com o apoio de computadores para realizar suas atividades, passaram, finalmente, a utilizá-los. Assim, cálculos antes complexos, como a folha de pagamento ou o balanço mensal da empresa, passaram a ser realizados de forma automática e simples. Na indústria, por sua vez, os engenheiros rapidamente se aliaram aos cientistas computacionais para transformar o microcomputador em uma máquina capaz de gerar projetos técnicos de diversas áreas, como a mecânica e a eletrônica, além de desenvolverem programas que permitiam a esses dispositivos o controle de máquinas nas linhas de produção (WHITE, 2018).

Rapidamente, militares do mundo todo perceberam a grande utilidade do microcomputador para a guerra. *Hardware<sup>9</sup> off the shelf* (literalmente, direto da prateleira), que podem ser facilmente substituídos, passaram a ser utilizados nas mais diversas aplicações como Controladoras de Tiro, radares, Mísseis Superfície-Ar e ARPs (CORDESMAN, 2013).

## **2.5 A Revolução nos Assuntos Militares**

Paralelamente, houve o ingresso dos microcomputadores nas Forças Armadas de todo o mundo, que teve sua primeira grande manifestação em 1991, durante a Operação Tempestade no Deserto (1990-1991), conflito militar esse travado entre os EUA e o Iraque de Saddam Hussein. Cabe ressaltar que o estrondoso sucesso da campanha estadunidense, que fez uso de diversos dispositivos ultramodernos, como os mísseis BGM-109 *Tomahawk* e

---

<sup>9</sup> *Hardware e Software: em informática, significam, respectivamente, as partes físicas do computador e lógicas* (WHITE, 2018).

MIM-104 *Patriot*, deu origem a diversos estudos sobre a inovação e a tecnologia como armas de guerra, culminando no conceito de RAM (RMA, do inglês, *Revolution in Military Affairs*), termo este cunhado pelo analista de Defesa, Andrew W. Marshall (1921-2019), derivando-o do conceito de RTM dos intelectuais militares soviéticos, para descrever as transformações desencadeadas pelas novas tecnologias de informação sobre a tática, doutrinas e estrutura das Forças Armadas (CORDESMAN, 2013; TEIXEIRA, 2009).

Cabe apontar que, enquanto os soviéticos percebiam a transformação como um produto da inovação tecnológica, Marshall observou que somente a tecnologia não seria o bastante para desencadear a mudança; porque havia a necessidade de desenvolver novas doutrinas e procedimentos de emprego, táticas e formas de organização para que as novas armas pudessem demonstrar seu alcance real.

Dessa forma, o conceito RAM compreende todas as evoluções tecnológicas, táticas, estratégicas ou doutrinárias nos meios militares. Trata-se, assim, de uma evolução do conceito soviético de RTM. Cabe destacar que a RAM é mais claramente explicada pela definição de Piella Colom (2008), o qual afirma que a RAM é

Uma transformação na forma de operar dos exércitos, de consequências estratégicas, que pode produzir-se quando se integram e exploram novas tecnologias, táticas, doutrinas, procedimentos ou formas de organização. Ademais, também se tem comentado que existe uma certa tendência em identificar estas revoluções como a consequência lógica da invenção de novas armas mais letais ou eficientes, contudo, a experiência histórica demonstra que os avanços tecnológicos por si dificilmente podem provocar uma mudança desta natureza ou alcance. Efetivamente, para que um desenvolvimento tecnológico possa resultar numa RAM, não somente é necessário transformar as estruturas, procedimentos e táticas militares, senão também a ideologia e práticas do coletivo castrense, que deve substituir os velhos costumes por novas técnicas, métodos e estilos de comando e controle das operações. Em outras palavras, a tecnologia é um elemento necessário, porém, insuficiente para explicar a gênese das Revoluções nos Assuntos Militares (PIELLA COLOM, 2008, p. 43-44, tradução nossa)<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> No original, em espanhol: Un cambio en la forma de operar de los ejércitos de consecuencias estratégicas que puede producirse cuando se integran y explotan nuevas tecnologías, tácticas, doctrinas, procedimientos o formas de organización. Además, también se ha comentado que, si bien existe una cierta tendencia en identificar estas revoluciones como la consecuencia lógica de la invención de nuevas armas más letales o efectivas, la experiencia histórica demuestra que los avances tecnológicos por sí solos difícilmente pueden provocar un cambio de esta naturaleza y alcance. Efectivamente, para que un desarrollo tecnológico pueda resultar en una RMA, no sólo es necesario transformar las estructuras, procedimientos y tácticas militares, sino también la ideología y prácticas del colectivo castrense, que debe sustituir las viejas costumbres por nuevas técnicas, métodos y estilos de mando y control de las operaciones. En pocas palabras, la tecnología es

Destaca-se também que a RAM é, basicamente, constituída por três princípios básicos. O primeiro deles consiste na – consciência do espaço de batalha. Trata-se de uma tradução livre do termo original, em inglês *battlespace awareness*, cuja definição abarca a capacidade do Comandante de enxergar o campo de batalha ao seu redor, sob todos os aspectos, conhecendo, em tempo real, a distribuição e a situação de suas forças e das forças inimigas, a existência e posicionamento de civis, as condições meteorológicas e sua evolução, as emissões eletromagnéticas (guerra eletrônica), as características, naturais e antrópicas do terreno, bem como quaisquer outras condições que possam influir no curso das operações de combate nesse campo de batalha (TEIXEIRA, 2009).

Para que tal conhecimento seja obtido, o Comandante depende de uma vasta gama de sensores, de um *data link* estável e confiável e de computadores com grande capacidade de processamento dessas informações. Ademais, o ponto central da aquisição e processamento de dados é definido pelo conceito de coleta de informações de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR, do inglês, *Intelligence Colection, Surveillance and Reconaissanse*), que pode ser compreendido como a aquisição e a manutenção do fluxo de dados, da Inteligência, da Vigilância e do Reconhecimento (TEIXEIRA, 2009).

O segundo princípio é o C4I, um acrônimo para Comando, Controle, Computadores, Comunicação e Inteligência. Esse conceito não constitui, essencialmente uma novidade, uma vez que se trata apenas da evolução do C2 original. Contudo, no C4I, a velocidade de aquisição e processamento das informações no campo de batalha, tornam, também, as decisões do comando mais dinâmicas do que nas versões anteriores do mesmo conceito (TEIXEIRA, 2009).

Por fim, o terceiro princípio é denominado Uso preciso da força. Tal princípio pode ser resumido como o uso da força, de maneira adequada, com o fito de evitar danos

---

un elemento necesario, pero no suficiente para explicar la génesis de las Revoluciones em los Asuntos Militares (PIELLA COLOM, 2008, p. 43-44).

colaterais desnecessários, sobretudo, aos civis. Ademais, pode ser exemplificado pela grande precisão das bombas aéreas contemporâneas, guiadas a laser, infravermelho ou GPS, que permitem o emprego de apenas um bombardeiro, para obter o mesmo resultado que 4.500 B-17 *Flying Fortresses*<sup>11</sup> obteriam (TEIXEIRA, 2009).

O contexto da RAM, que se tornou vital para as Forças Armadas contemporâneas, munido de sensores, computadores e equipamentos no estado da arte, as ARPs passaram a fazer parte da guerra moderna. Porém, não se tratava mais de meras aeronaves de reconhecimento, senão de vetores de ataque, precisos e letais (CORDESMAN, 2013).

Pelo exposto, depreende-se que, enquanto a Revolução Militar seria uma transformação de amplo escopo nas relações entre Estado, economia, sociedade e Forças Armadas, a Revolução nos Assuntos Militares ocorreria apenas no ambiente propriamente militar, conduzindo às novas formas de combate. Além disso, para os teóricos adeptos da ideia de RAM, essa revolução pode ser apresentada tanto como uma consequência de uma Revolução Militar de amplo alcance quanto ser apreciada como um elemento desencadeador de uma Revolução Militar.

Por fim, cabe salientar que, após abordar, neste capítulo, a importância da necessidade de revolução dos meios, das inovações tecnológicas, do advento dos drones e dos princípios básicos de uma RAM, o próximo capítulo dedica-se, justamente, a analisar a tecnologia embarcada nas ARPs, que é essencial para o seu sucesso em missões de combate no contexto de uma RAM. Pretende-se, portanto, que as informações apresentadas neste capítulo sejam relacionadas ao conteúdo que se segue, de modo que, ao fim deste estudo, uma compreensão profunda, sobre o objeto de pesquisa, seja alcançada.

---

<sup>11</sup> Fortaleza Voadora foi um avião bombardeiro quadrimotor construído pela Boeing, durante a Segunda Guerra Mundial, para as Forças Aéreas do Exército dos EUA. Era uma aeronave potente, de grande raio de ação, capaz de provocar grande destruição em alvos inimigos e com grande capacidade de autodefesa (DONALD, 1997).

### **3 ARPs: COMPUTADORES VOADORES EM ESTADO DA ARTE**

A revolução da informática, que levou a sociedade humana ao estado denominado pelo sociólogo espanhol Manuel Castells Oliván (1942- ) como “Sociedade em Rede”, tornou a informática um elemento comum e cotidiano nas atividades humanas. Compreende-se, assim, que, no mundo contemporâneo, é virtualmente impossível não se ter contato com algum tipo de dispositivo computacional. Isso porque a grande maioria da população dispõe de *smartphones*, conectados a redes de dados móveis, computadores, de mesa ou *laptops* em casa, além dos carros que possuem, em sua maioria, central multimídia, sendo a maior parte delas capazes de se conectar à rede de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês, *Global Positioning System*).

Essa revolução, que se alastrou por todas as atividades humanas, rapidamente, atingiu também as atividades militares. Assim, desde o final da Segunda Guerra Mundial, tornou-se cada vez mais comum o emprego de engenhos computacionais em equipamentos, em análises, na composição de estratégias ou mesmo em atividades administrativas e militares. Cabe ressaltar que, em grande parte, o sucesso e a própria existência das ARPs dependem dessa revolução tecnológica, que permitiu o uso de modernos sensores e tecnologias nessas aeronaves, assunto abordado pelo presente capítulo.

Nesse sentido, ressalta-se que as seções seguintes deste capítulo possuem caráter bastante técnico. Por isso, descrevem a RAM, a tecnologia embarcada nas ARPs, os avanços computacionais, o *data link*, os seus sistemas de navegação e controle, bem como os sensores para diversas finalidades e armamentos.

#### **3.1 RAM: a Tecnologia torna-se essencial à Guerra**

Atualmente, a RAM abarca o desenvolvimento de avançados sistemas computacionais, que abrangem todos os níveis das tropas e equipagem de qualquer arma. Um

grande exemplo é o sistema francês Equipamento e Comunicação Integrados para Infantes (FÉLIN, do francês, *Fantassin à Équipement et Liaisons Intégrés*)<sup>12</sup>.

O FÉLIN é um sistema computadorizado que integra o armamento, o sistema de comunicação e um sistema computadorizado de comando e controle. Esse sistema permite aos comandantes de subunidades a visualização em tempo real da situação tática e do terreno, facilitando a tomada de decisão e emprego de meios adequados (SAFRAN; SAGEM, 2012).

De acordo com Safran e Sagem (2012), há também um sistema de mira indireto, que utiliza uma câmera com radiação infravermelha (IR, do inglês, *infrared*) para permitir a observação de alvos e o tiro, sem que seja necessário sair de uma posição abrigada. Essa imagem pode ser transmitida ao monitor do Comandante, a fim de que ele conheça uma situação tática específica e tome as decisões de comando sobre a ação em questão.

Em todos os setores da atividade militar, a tecnologia tem deixado sua marca e mudado, profundamente, a Arte da Guerra. Mesmo no equipamento defensivo, como os coletes balísticos, o uso de materiais compostos, cada vez mais leves e resistentes, e projetos desenvolvidos em *softwares* de modelagem e simulação extremamente avançados, com o *MatLab*<sup>13</sup>, permite o desenvolvimento de coletes 50% mais leves e 35% mais eficientes do que a geração de coletes anterior (MATHWORKS, 2019).

Complementarmente, à medida que a bioengenharia tem progredido, surgem novas perspectivas de desenvolvimento de materiais. Pesquisas lideradas pela *Texas Tech University*, em parceria com o Pentágono, procuram formas de sintetizar, em larga escala, a quitina, um polissacarídeo que compõe o exoesqueleto dos artrópodes. Por tratar-se de um material de alta resistência, a principal utilidade da quitina seria a confecção de armaduras pessoais e blindagens para veículos (GADGEY; DEY, 2017).

---

<sup>12</sup> Atualmente, o FÉLIN é utilizado por forças especiais de todos os ramos das Forças Armadas Francesas, inclusive a Legião Estrangeira e a Unidade Policial de Elite Gendarmerie Nationale (GIGN), especializada no combate ao terrorismo. Começa também, a ser distribuído a unidades militares regulares (BUNKER, 2015).

<sup>13</sup> *Software* de cálculos matemáticos, capaz de construir complexos modelos, utilizado por indústrias aeroespaciais, mecânicas e eletrônicas, entre outras (MATHWORKS, 2019).

O avanço no campo da impressão 3D<sup>14</sup> permite a rápida fabricação, notadamente, de protótipos, o que torna o desenvolvimento e posterior fabricação de novos equipamentos, mais rápida (MPOFU, MAWERE; MUKOSERA, 2016).

Essa revolução militar no emprego dos meios computacionais permitiu novos conceitos de aplicação das ARPs. Assim, antes utilizados apenas como alvo aéreo e em algumas missões de reconhecimento, o advento de tecnologias como o GPS, as armas guiadas a laser, e o avanço da microinformática, possibilitaram o uso dos drones como uma arma ofensiva no campo de batalha, capazes de realizar ataques cirúrgicos a alvos de alto valor estratégico ou fortemente defendidos, sem que se arrisque mais a vida de pilotos.

### **3.2 As novas tecnologias essenciais às ARPs**

Um item essencial para a operação das ARPs foi o desenvolvimento do *data link*. *Data link*, termo que pode ser traduzido como enlace de dados, significa a comunicação entre dois ou mais terminais de comunicação, dispostos em locais diferentes, que possibilitam a transmissão de dados entre eles. Para Rochus (1999), há três tipos básicos de *data link*, classificados quanto ao sentido de transmissão das informações. O primeiro deles é o Simplex. Nele, transmissão é unidirecional e se dá a partir de um dispositivo o polo transmissor e de outro(s) o polo(s) receptor(es). Interessante notar que a propagação dos sinais de televisão acontece dessa forma.

O segundo deles é o Duplex. Nele, a comunicação acontece simultaneamente nos dois sentidos, como se verifica nas transmissões de dados por celular ou telefone. E, por fim, há o Semi-duplex. Nele, a comunicação ocorre nos dois sentidos, mas uma via transmite de cada vez. A radiocomunicação opera dessa forma.

Cabe apontar que o emprego militar do *data link* é chamado de *Tactical Data Link*

---

<sup>14</sup> Três Dimensões. Refere-se a objetos ou elementos de computação gráfica, que possuem, visualmente altura, largura e profundidade, podendo ser percebidos como objetos do mundo real (BUEREN; BURKART, *et al.*, 2015).

(TDL) e constitui de enlaces múltiplos, transmitidos por meio de ondas de rádio, micro-ondas e satélites. Além disso, o *data link* faz a integração entre os meios terrestres, navais e aéreos, inclusive com o uso de ARP. Ademais, é importante notar a diversidade de sensores presentes, como aeronaves de alarme aéreo antecipado e monitoração de área, além de câmeras a bordo de drones e sensores transportados por unidades terrestres (BAIOTTI; SCAZZOLA, *et al.*, 1999).

Ressalta-se que a grande mobilidade do sistema de *data link*, que utilizando comunicação via rádio, permite o enlace de dados entre unidades próximas, compartilhando diferentes visões e situações táticas do mesmo terreno, interligadas a um centro móvel de comando. Nesse sistema, é possível coordenar as unidades do terreno e retransmitir os dados para unidades de comando de nível superior. Assim, permite-se o compartilhamento da situação tática e operacional entre os diversos níveis de comando (ROCHUS, 1999).

Além disso, o *data link*, além de transmitir os comandos de voo às ARPs, permite ao controlador receber os dados dos seus sensores, ajudando a compilação do quadro tático, o que torna esse tipo de aeronave extremamente versátil enquanto meio de reconhecimento aéreo; porque permite-se a vigilância e o reconhecimento sobre áreas hostis pesadamente defendidas, sem arriscar tripulações ou aeronaves de alto custo. Como resultado, o líder (Comandante) de uma unidade de ARPs dispõe de um visor de situação tática, cujos dados podem ser compartilhados entre todos os níveis de comando, inclusive com tropas no campo ou aeronaves convencionais sobrevoando o campo de batalha (BAIOTTI; SCAZZOLA, *et al.*, 1999).

Observa-se que, além das próprias ARPs das unidades, o visor de situação tática aponta todas as unidades amigas na área, além de todas as unidades inimigas conhecidas, radares identificados e sua cobertura, bem como a demarcação de áreas específicas do campo da batalha, como áreas de alvo, áreas seguras ou áreas com grande atividade inimiga

(BAIOTTI; SCAZZOLA, *et al.*, 1999). Além disso, vale sublinhar que o tipo mais comum de *data link* empregado em veículos não tripulados é o satelital, com bandas na faixa de micro-ondas (ROCHUS, 1999).

Do ponto de vista de Rochus (1999), há uma grande plêiade de instrumentos, no espaço que seria ocupado pelo *cockpit* em uma ARP. Um desses é a antena de comunicação satelital, que envia e recebe o sinal do *data link*. Esse sinal, da banda *Ku*<sup>15</sup> é utilizado para o controle da aeronave, quando esta está fora da visada ou a partir de estações fora do Teatro de Operação. Por exemplo, várias das missões voadas por ARPs no Afeganistão, no Paquistão e no Iêmen foram controladas do território continental dos EUA. Porém, quando a Estação Controladora está no próprio Teatro de Operações, e possui linha de visada com a aeronave, o controle é feito por um *data link* transmitido por meio de ondas de rádio.

É interessante notar que ambos os *data links* podem operar conjuntamente, podendo qualquer um deles ser empregado para o controle da aeronave, e o outro, para receber os dados. Também é possível que o *data link* satelital atue como *backup* do *data link* de rádio. Caso a estação de controle seja destruída ou inutilizada no campo de batalha, a ARP pode, ainda, ser controlada por outras estações, via satélite (BAIOTTI; SCAZZOLA, *et al.*, 1999).

Outro desenvolvimento tecnológico fundamental para as ARPs foi o GPS. Desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD, do inglês, *Department of Defense*), foi declarado plenamente operacional em 1995, sendo a primeira rede de navegação satelital com cobertura global. Seguiu-se, a ela, a rede russa GLONASS, e, atualmente, estão em desenvolvimento as redes europeias Galileo e chinesa Compass (U.S. DEPARTMENT OF STATE, 2013).

---

<sup>15</sup> A banda KU é uma faixa de frequência utilizada nas comunicações por satélite de frequência comercial entre 10.7GHz e 18 GHz. Utiliza sinais diferenciados de transmissão e de recepção a partir do satélite. A banda X é uma faixa de frequência de 8 a 12 GHz sendo privativa para uso militar (BRIEN; KALLIMANI; WILSON; MOORE, 2010).

Embora o GPS tenha sido desenvolvido, inicialmente, para uso exclusivamente militar, ele foi aberto ao uso civil gratuito. Assim, e em parceria com empresas como a *Google* e universidades como o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), ganhou diversos incrementos, como o uso em sensoriamento remoto, dando ao GPS muitos outros usos além da navegação (U.S. DEPARTMENT OF STATE, 2013).

Importante mencionar que a rede GPS é constituída por uma constelação de 24 satélites, que orbitam a Terra duas vezes por dia, a cerca de 20 mil quilômetros de altitude, o que faz com que, ao menos quatro satélites sejam visíveis, simultaneamente, em qualquer ponto do globo. Ademais, cabe apontar que os lançamentos desses satélites se deram entre 1978 e 1985 (ABULUDE, AKINNUSOTU; ADEYEMI, 2015).

O GPS é responsável não apenas pela navegação das ARPs, mas pela guiagem de um tipo especial de artefato: as bombas guiadas por GPS. Chamadas comercialmente de Munição Conjunta de Ataque Direto (JDAM, do inglês, *Joint Direct Attack Munition*), trata-se de bombas convencionais equipadas com um *kit* de guiagem, composto de uma plataforma de navegação inercial acoplada a um receptor de GPS. O sistema possui alcance de 28 km, e foi desenvolvido, conjuntamente, pela Força Aérea e pela Marinha dos EUA, de onde deriva o *joint* de seu nome (DEFENSE ACQUISITION MANAGEMENT INFORMATION RETRIEVAL, 2017).

Diversos tipos de ARPs foram modificados para transportar e lançar bombas JDAM, o que aumenta sua precisão e letalidade. Um desses, e que é empregado em larga escala pela Força Aérea dos EUA é o MQ-9 *Reaper*. Cabe ressaltar que as JDAM podem ser empregadas sob qualquer condição meteorológica, e são imunes a obstruções da linha de visada, como nuvens ou fumaça do campo de batalha, diferentemente do que acontece com as bombas guiadas a laser e não dependem de fontes de calor, como as bombas guiadas por infravermelho (IR). Além disso, outro ponto positivo para a JDAM é a ausência de

contramedidas capazes de desorientar seu sistema de guiagem. Ainda assim, é importante ter em mente que essas contramedidas estão sendo desenvolvidas, ainda que não haja, ainda, nenhuma operacional, o que garante a precisão desse tipo de bomba aérea (GRIER, 2006).

Os sensores óticos também são essenciais à operação das ARPs. Para que sua existência ocorresse, o advento do microprocessador foi de grande relevância, uma vez que trouxe, entre outras novas tecnologias, os sensores de imagem, que substituíram o filme fotográfico, tanto para fotografias, quanto para filmagens. Esses sensores são capazes de armazenar mais informação do que seu antecessor. Dessa maneira, com qualidade muito semelhante, o sensor de imagem permitiu que as câmeras, sem perderem a qualidade da imagem captada, se tornassem cada vez menores (GAGEIK, STROHMEIER; MONTENEGRO, 2013).

O desenvolvimento de novas tecnologias, como o sensor de imagem IR permitiu acoplar esse tipo de equipamento em torretas aerotransportadas, com o objetivo de captar imagens, mesmo em condições adversas ou à noite, ou ainda, para servir de iluminador de alvos ativos para bombas guiadas por IR (GAGEIK, STROHMEIER; MONTENEGRO, 2013).

É notável a alta qualidade da imagem IR, qualidade essa que possibilita a observação dos detalhes do campo de batalha. Em soma, as modernas interfaces produzidas pela computação gráfica permitem a inserção de caracteres *on screen*, podendo indicar o rumo, a altitude, o alvo e seus dados (velocidade, tamanho e distância), coordenadas GPS e outras informações (BUEREN; BURKART, *et al.*, 2015).

O pequeno peso das câmeras atuais, e dos componentes eletrônicos necessários à sua integração e controle, associado ao pequeno peso das estruturas em ligas metálicas leves e materiais compostos das ARPs e a grande potência disponível nos motores de aviação contemporâneos, permite que uma grande quantidade de câmeras sejam transportas. Isso pode

ocorrer, sobretudo, em torretas sob o nariz da aeronave (BUEREN; BURKART, *et al.*, 2015). Ademais, o emprego de nanoeletrônica possibilita que as câmeras se movam independentemente dentro da torreta, sendo essa também, movida por servos controladores, totalmente móveis, com amplitude de movimento de até 360° horizontalmente e até 90° em elevação. Assim, o amplo movimento permite que o controlador tenha, quase o tempo todo, plena visão à frente e ao redor dessas aeronaves, podendo o operador de sensor deslocar uma das câmeras para fins de reconhecimento, vigilância ou aquisição de alvo, com pouco ônus para a pilotagem da aeronave (GAGEIK, STROHMEIER; MONTENEGRO, 2013).

Outro sensor de visada importante, porém de natureza eletro-ótica, é o Sistema de Alvos Multiespectral (MTS, no inglês, *Multispectral Targeting System*). Esse sistema consiste em uma torreta que, além das câmeras convencionais, apresenta uma câmera multiespectral, capaz de captar uma faixa específica dentro do espectro eletromagnético e um telêmetro laser, para aquisição de alvos e guiagem de bombas e mísseis, tais como as *Paveway* (bomba guiada a laser de alta precisão) e o míssil AGM-114 *Hellfire*, que é bastante empregado para a destruição de veículos blindados e alvos de precisão. É possível, também, utilizar o MTS para iluminar alvos para a artilharia ou para outras aeronaves, que estejam voando em altitude fora do alcance da artilharia antiaérea e de Míssil Ar-Superfície (SAM, do inglês, *Surface to Air Missile*), do inimigo (RAYTHEON, 2015).

De acordo com informações publicadas pela Raytheon (2017), um uso ainda pouco explorado do MTS, e que se aplica perfeitamente às ARPs é a detecção de minas terrestres e marítimas. No caso das minas terrestres, o solo e o subsolo possuem diferentes emissões eletromagnéticas, e ambas são perturbadas pela presença de matérias, metálicos e não metálicos, o que torna as minas visíveis ao MTS. Já no caso de minas marítimas, sua assinatura espectral contrasta com a superfície do mar, sendo facilmente visíveis para o MTS.

Quase todos os drones possuem também um Radar de Abertura Sintética (SAR,

do inglês, *Synthetic Aperture Radar*). Esse é um tipo de radar, capaz de produzir uma imagem bidimensional ou tridimensional do terreno sobrevoado. Portanto, para produzir suas imagens, o SAR utiliza uma série de pulsos de rádio, cujo eco é captado e salvo em uma matriz de dados, convertida em imagem, que no caso das ARPs, é transmitida via *data link* para o painel do controlador ou para uma estação de comando (LI; LING, 2018).

O SAR permite, além do seguimento do terreno, com o fito de evitar a detecção por radar dessas aeronaves, o mapeamento detalhado. Portanto, o SAR permite conhecer seus detalhes topográficos, a presença e posicionamento de construções e outras alterações no terreno, podendo ser empregado para o detalhado planejamento da ação.

### **3.3 O futuro das ARPs: a Inteligência Artificial**

Nas últimas décadas, um dos mais polêmicos assuntos das ciências computacionais tem ganhado ainda mais visibilidade com o desenvolvimento das primeiras máquinas dotadas da chamada Inteligência Artificial (AI, do inglês, *Artificial Intelligence*) (HABEEB, 2017). Ressalta-se que AI é a capacidade de relações cognitivas por *hardware* ou *software* computacional, cujo desenvolvimento torna os computadores capazes de pensamento autônomo, tornando-os aptos a responder perguntas, utilizando recursos internos ou *online*, sem a necessidade de entrada de dados por meios humanos (BARR; FEIGENBAUM, 1977).

Vale mencionar que seu desenvolvimento se iniciou logo após a Segunda Guerra Mundial, com os estudos de Alan Turing, publicados pela primeira vez em 1956. Contudo, os conceitos, meramente teóricos, somente se tornaram práticos com a revolução da microcomputação (WINSTON, 2017).

De acordo com Winston (2017), ainda que não seja exatamente uma novidade, seu longo período teórico faz com que a AI ainda engatinhe, enquanto área de estudos científicos. Isso faz com que haja pouco consenso e muitos pontos de discordância entre os pesquisadores.

Há, inclusive dilemas morais sobre a AI, como no tocante a qual deve ser a limitação da capacidade cognitiva das máquinas e quais riscos elas representam para a humanidade.

Além disso, há diversos conceitos envolvidos na AI. Um dos mais importantes, e que se encontra em pleno desenvolvimento, é o da Aprendizagem da Máquina (do inglês, *Machine Learning*). Trata-se da capacidade do *software* ou do *hardware* de aprender, sem que seja necessário programá-los para as tarefas que realizará. Há diversas aplicações contemporâneas para o *Machine Learning*, como o reconhecimento ótico de caracteres (OCR, do inglês, *Optical Character Recognition*); o mecanismo de busca do Google e seu corretor ortográfico, que são capazes de aprender as preferências do usuário e de aprimorar seu funcionamento a partir delas; os *softwares* de reconhecimento de fala e escrita; dentre outras (BARR; FEIGENBAUM, 1977).

No campo militar, há diversos *hardwares* e *softwares* atualmente em desenvolvimento e que utilizam AI. Entre os exemplos, é possível apontar o sistema de direção de tiro de baterias de SAM que controla, de forma completamente autônoma, seu radar e o disparo dos mísseis, reconhecendo ameaças, avaliando e disparando contra as ameaças de grau mais elevado (WINSTON, 2017).

Outra aplicação militar para a AI é a ARP. A seu respeito, é importante salientar que já estão em desenvolvimentos novos drones, equipados com AI, capazes de julgar, dentro dos parâmetros de missão previamente carregados, quais os alvos de maior importância e atacá-los, com precisão cirúrgica. Acredita-se que, após seu desenvolvimento, tais aeronaves serão também capazes de, dentro de padrões pré-programados, sair em missão de reconhecimento armado, atacando unidades inimigas encontradas em sua área de atuação (GAGEIK, STROHMEIER; MONTENEGRO, 2013).

Porém, há diversas controvérsias quanto à legitimidade do emprego de ARPs completamente autônomas. Isso porque, não havendo o fator humano, e havendo a

susceptibilidade de falhas nos sensores que equipam a aeronave, a ARP pode atacar alvos irrestritos, como hospitais ou alvos civis. Por isso, a utilização de ARP completamente autônoma tem sido criticada por juristas de cortes internacionais, com a alegação de que a ausência de consciência das máquinas pode conduzir à guerra irrestrita, violando o estabelecido na Convenção de Genebra e outras súmulas e Acordos Internacionais (GAGEIK, STROHMEIER; MONTENEGRO, 2013).

Assim, feita a apresentação deste capítulo de cunho técnico, bem como do capítulo dois, de caráter mais histórico-analítico, acredita-se que é possível dar seguimento a este estudo a partir do Estudo de Caso proposto. Portanto, no próximo capítulo, aborda-se o emprego operacional de ARPs, e busca-se compreender diversos casos e trazer luz à aplicação tática e à concepção estratégica dessas aeronaves. Contudo, ressalta-se, que no capítulo a seguir não são abordadas as questões éticas implicadas na sua operação.

## 4 AS ARPs NO CAMPO DE BATALHA: UM ESTUDO DE CASO

Dividindo opiniões sobre seu emprego, as ARPs se tornaram uma arma de grande importância na arena de guerra contemporânea. Isso ocorre porque a possibilidade de diminuição nas perdas de pilotos e aeronaves, o menor custo de aquisição, de manutenção e de operação, bem como a capacidade multimissão, atraem cada vez mais Forças Armadas para a utilização de ARPs.

Nesse sentido, este capítulo descreve seu uso militar, analisando dados e sugerindo metodologias para a sua aplicação. Realiza-se, assim, o Estudo de Caso proposto. Assim, a partir deste capítulo, possibilita-se a compreensão do emprego militar das ARPs em atividades bélicas à luz dos últimos conflitos nos quais esse tipo de aeronave se fez presente.

### 4.1 Os primeiros empregos das ARPs em combate

O emprego das ARPs em operações de combate teve seu início durante a Guerra do Vietnã. Embora limitado a missões de reconhecimento, a utilização da aeronave nesse conflito serviu de berço para o desenvolvimento de tecnologias e da doutrina para o seu uso. Um dos primeiros desenvolvimentos tecnológicos da ARP foi o emprego de tecnologia *stealth*<sup>16</sup> na plataforma *Ryan Q-2C*, que possui tomadas de ar redesenhadas, com o fito de diminuir sua assinatura radar, bem como é capaz de absorver as ondas do radar e atenuar o seu eco, mediante a utilização do *Radar Absorbent Material* em pontos-chave da estrutura, como a raiz das asas e a aplicação de uma pintura especial (BUNKER, 2015).

Durante a Guerra do Yom Kippur (1973), conflito militar entre uma coalizão de Estados árabes liderados por Egito e Síria contra Israel, as Forças de Defesa de Israel empregaram ARPs recebidas dos EUA para localizar os sítios de SAM SA-2, baterias móveis

---

<sup>16</sup> Literalmente furtiva. Tecnologia que diminui a assinatura radar de uma aeronave ou equipamento de combate, de emprego terrestre ou naval. Tem como seus maiores expoentes, os aviões *Lockheed U2*, *SR-71 Blackbird*, *F-117 Stealth* e *B-2 Spirit* (CORDESMAN, 2013).

de SA-9 e estações de radares das tropas árabes. Contribuiu-se, assim, para a diminuição das perdas de pilotos e aeronaves israelenses (BUNKER, 2015).

Durante toda a década de 1980, militares de diversos Estados, mas principalmente dos EUA, empregaram esses veículos não tripulados tanto para estudos e ensaios de desenvolvimento, durante manobras e na arena de batalha. Estima-se que, durante a operação Fúria Urgente, codinome da invasão estadunidense à ilha de Granada, em 1983, a Agência Central de Inteligência do governo dos EUA (CIA, do inglês, *Central Intelligence Agency*) operou ao menos uma ARP sobre o campo de batalha, em missões de reconhecimento e vigilância. Também durante a Operação Causa Justa, no Panamá, em 1989, o exército estadunidense e a CIA teriam operado drones, ainda nas missões de vigilância e reconhecimento (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014).

Paralelamente, a OTAN iniciou os testes de emprego do *data link*, no contexto típico da Guerra Fria de um conflito na Europa Central, incluindo, ainda, no final da década de 1980, o emprego de ARP na doutrina tática. Para tanto, a missão inicial dessas aeronaves seria o monitoramento de eventuais avanços das unidades blindadas do Pacto de Varsóvia, o reconhecimento do terreno e da situação tática e, pela primeira vez, a iluminação de alvos para outras aeronaves, voando fora da área coberta pelos SAM e pela artilharia antiaérea dos soviéticos e de seus aliados (BUNKER, 2015).

Em seguida, o fim da Guerra Fria, no início dos anos 1990, trouxe grandes mudanças à geopolítica mundial, encerrando as possibilidades de confrontação direta entre as potências e cedendo o lugar a conflitos localizados, motivados por questões étnicas, religiosas ou fronteiriças. Assim, dentro do grupo dos conflitos com causa religiosa, rapidamente, ainda no início dos anos 1990, o terrorismo dos fundamentalistas islâmicos ganhou força.

A mesma década de 1990 viu também a Operação Tempestade no Deserto (1990-1991), organizada pelos EUA e seus aliados para libertar o Kuwait do domínio do Iraque,

presidido pelo ditador Saddam Hussein. Esse conflito assistiu ao advento do emprego maciço de computadores no Teatro de Operações, de armas inteligentes e dos primeiros voos das ARPs na tarefa ofensiva de iluminação de alvos. Notadamente, esses drones operados pela *US Navy* (Marinha dos EUA) obtiveram bons resultados, atuando na localização e iluminação de radares desligados, que não podiam ser captados pelas aeronaves EA-6B *Prowler* e de baterias mistas de mísseis e canhões antiaéreos autopropulsadas 2S-6M *Tunguska*, que utilizavam a topografia para se abrigar e fugir a detecção por sensores em aeronaves convencionais.

Assim, possibilitou-se sua destruição pelos A-6 *Intruder* e F/A-18 *Hornet*. Ademais, grande número de baterias de mísseis *Scud B* foi localizado pelas ARPs, que podiam voar baixo e explorar as falhas do terreno, evitando que pilotos fossem perdidos para o fogo antiaéreo que guardavam essas baterias, entrancheiradas no terreno (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014; BUNKER, 2015).

Durante a intervenção das forças da OTAN no Kosovo, entre março e junho de 1999, houve o emprego maciço de drones, ainda nas funções de reconhecimento, vigilância e iluminação de alvos. Conseqüentemente, a operação dessas aeronaves em áreas com forte proteção antiaérea permitiu ataques cirúrgicos a centros de Comando e Controle, estações de radar, baterias de SAM, depósitos de munição e concentrações de blindados e tropas. Dessa maneira, contribuiu-se grandemente para a desestabilização das forças da República Federal da Iugoslávia (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014).

Enquanto esses conflitos ocorriam, grupos extremistas islâmicos se armavam e treinavam para iniciar uma campanha de atos terroristas contra os EUA e seus aliados. O mais importante desses grupos, a *Al-Qaeda*, nasceu, ironicamente, com apoio da CIA.

A *Al-Qaeda*, liderada por Osama bin Laden (1957-2011), teve sua origem em 1988, organizada para lutar contra as ex-tropas soviéticas que ocupavam o Afeganistão. Em 1992, como represália pela Guerra do Golfo, em meio a uma onda de ataques terroristas

contra alvos ligados aos EUA, a *Al-Qaeda* realizou seu primeiro atentado, atingindo três hotéis no Iêmen que abrigavam tropas do Exército e dos Fuzileiros Navais dos EUA (BUNKER, 2015).

Perto do ano 2000, houve uma queda no número de ações terroristas, principalmente da *Al-Qaeda*. Contudo, essa aparente diminuição nas operações significava, na verdade, que a *Al-Qaeda* se preparava para aquele que seria o maior atentado terrorista da história dos EUA: um ataque contra o *World Trade Center* (WTC), na cidade de Nova Iorque, em 11 de setembro de 2001, que teve como saldo a morte de mais de dois mil cidadãos estadunidenses (GLOBAL TERRORISM DATABASE, 2019).

Esse ataque alterou a estratégia de Defesa dos EUA. Por isso, a estratégia de Defesa desse país adentrou no período conhecido como Guerra ao Terror (GWOT, do inglês, *Global War on Terrorism*<sup>17</sup>), no qual a eliminação de grupos terroristas e seus líderes, bem como de governos que davam suporte aos terroristas, tornou-se uma premissa desse Estado (BUNKER, 2015).

#### **4.2 O uso das ARPs na Guerra Contra o Terrorismo e na Contrainsurgência**

Em meio a todos esses fatos, as Forças Armadas dos EUA, em conjunto com a CIA e diversas empresas, testavam, pela primeira vez, o uso de plataformas não tripuladas de combate com armamento ofensivo (BARR; FEIGENBAUM, 1977). Ressalta-se, assim, que para que se compreenda a capacidade operacional das ARPs, é necessário conhecer sua classificação, atualmente adotada pela OTAN, que dividiu as aeronaves em cinco grupos, classificados em ordem crescente de capacidade de carga e tamanho.

Essa classificação em grupo adicionou uniformidade ao padrão de classificação, ao ser adotada por todos os ramos das Forças Armadas estadunidenses e de seus aliados da

---

<sup>17</sup> Expressão criada por George W. Bush (1946- ) para a campanha militar dos EUA em resposta aos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 à Washington (SCHMITT; SHANKER, 2005).

OTAN, além da CIA. Assim, é possível avaliar melhor o uso da força em operações coordenadas, permitindo o melhor emprego de veículos aéreos não tripulados e de seu armamento ofensivo. Também para eventuais modernizações de meios, e novos projetos e aquisições essa classificação é útil, uma vez que facilita a elaboração de requisição de proposta conjunta (no inglês, *request for proposal*). O QUADRO 1 traz a classificação em grupos das ARPs:

### QUADRO 1

Classificação em Grupos das ARPs.

Grupo ARP	Peso Máx. de Decolagem	Teto Operacional	Velocidade	Representantes
	(Kg)	(Ft)	(Kn)	
Grupo 1	0 - 9	0 - 1.200 AGL	100	RQ-11 Raven, WASP
Grupo 2	10 - 25	1.201 - 3.500	101 - 250	ScanEagle, Flexrotor
Grupo 3	26 - 598	3.501 - 18.000		RQ-7B Shadow, RQ-21 Blackjack, Navmar RQ-23 Tigershark, Arcturus-UAV Jump 20, Arcturus T-20
Grupo 4	> 598	> 18.000		Qualquer Velocidade
Grupo 5			MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk, MQ-4C Triton	

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do DoD (2019).

Quase todos os modelos de ARPs listados na coluna “Representantes”, do QUADRO 1, já tiveram seu batismo de fogo. Os grupos 1 e 2 são utilizados nas funções de reconhecimento e localização de alvos, por unidades de infantaria e, notadamente, de Forças Especiais. Alguns, equipados com câmeras normais ou IR, podem ser transportados em veículos de uso geral, como o *Hummer*, e lançados da mão ou diretamente do solo, permitindo

a essas unidades, grande aumento de sua capacidade de visada além do horizonte (BARR; FEIGENBAUM, 1977).

O grupo 3, empregado para reconhecimento, vigilância e iluminação de alvos pode ser empregado por companhias ou batalhões, com o objetivo de garantir a essas unidades maior clareza na análise da situação tática do Teatro de Operações. As ARPs mais pesadas dessa categoria são lançadas de estações móveis ou preparadas para decolagem autônoma. Assim, o emprego dessas aeronaves oferece, a essas unidades, a um preço muito menor do que uma aeronave tripulada convencional, tanto de asas fixas quanto rotativas, substancial capacidade de reconhecimento e controle do Teatro de Operações (BARR; FEIGENBAUM, 1977).

Já os grupos 4 e 5 possuem as aeronaves com maior capacidade, empregadas para as missões de reconhecimento, vigilância, iluminação de alvos e em missões de ataque e reconhecimento armado. No grupo 4, deve ser destacado a MQ-8B *Fire Scout*, uma aeronave de asas rotativas, com capacidade de ficar 5 horas na área de operação, e de fácil operação a bordo de navios de pequenas dimensões, equipados com um pequeno convés de pouso para helicópteros. Assim, essa ARP é capaz de prover à Esquadra meios de vigilância marítima, iluminação de alvos para mísseis superfície-superfície e ar-superfície, bem como capacidade de reconhecimento, vigilância e análise de danos sobre terra (BARR; FEIGENBAUM, 1977).

Nesse sentido, a descrição feita por Domingues (2017) demonstra toda a capacidade operacional das ARPs dos grupos 4 e 5:

Os MQ-1 e 9 são capazes de se comunicar ao longo de um Teatro de Operações (TO) em tempo real com os *Joint Tactical Air Controller* (JTAC), forças terrestres, unidades apoiadas, controle de tráfego aéreo e outras aeronaves. As ARPs são capazes de fornecer vídeos de movimentos em tempo real para o JTAC, o centro de operações táticas, o comandante das forças terrestres ou qualquer outra força terrestre por meio do *Remotely Operated Video Enhanced Receiver* (ROVER) ou do *Remote Video Terminal* (RVT). O ROVER foi efetivamente utilizado em combate em mais de 1.000 ataques (DOMINGUES, 2017, p. 23-24).

Seu primeiro emprego se daria ainda em 2001, durante a guerra com o regime Talibã no Afeganistão, que apoiava e abrigava campos de treinamento da *Al-Qaeda*, na

chamada Operação *Enduring Freedom*. É importante ter em mente, ao analisar esse cenário, que o terreno afegão é repleto de montanhas e cavernas, que, além de servirem de esconderijo, possibilitam o emprego de SAM *MAMPADS*, com poucas chances para que aeronaves convencionais possam avistar os sítios de disparo. Assim, o uso de drones para destruir essas baterias e atacar platôs fortemente defendidos, foi essencial para a campanha contra o Talibã (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014). A CIA, por sua vez, operou as ARPs no Afeganistão para a localização de campos de treinamento e, sobretudo, de líderes da *Al-Qaeda*, que podiam ser atingidos com precisão cirúrgica (BUNKER, 2015).

Embora controverso, sob alegações de grupos de direitos humanos e legisladores do direito bélico de que é inaceitável o emprego de aeronaves não tripuladas na eliminação de pessoas, a eliminação de líderes terroristas tem sido a principal utilização dessas plataformas de ataques pelos EUA e, mais recentemente, também por Israel (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014). Isso ocorre porque há diversas possibilidades para a aplicação desse tipo de tática com essas aeronaves. Portanto, o seu uso para a eliminação de figuras-chave pode evitar o deslocamento de meios e a eclosão de conflitos desnecessários, gerando assim, economia de recursos e de vidas, militares e civis.

Com esse fim, os ataques contra importantes líderes de grupos terroristas e campos de treinamentos desses grupos avançaram para além da fronteira afegã. Além disso, a existência de campos de treinamento e células de grupos terroristas no vizinho Paquistão levou a operações das ARPs da CIA e das Forças Armadas estadunidenses nos céus desse Estado, contra o qual nunca houve declaração de guerra por parte dos EUA (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014).

Consequentemente, essa situação gerou alguns protestos por parte do Paquistão, que, desde 2002, tem seu espaço aéreo constantemente violado por essas aeronaves estadunidenses. Contudo, não houve maior pressão diplomática exercido pelo Paquistão ou

qualquer tentativa de defesa contra as ARPs dos EUA. Depreende-se, também, que essas ações acontecem de modo clandestino, com muitas delas sendo veiculadas na mídia com títulos que fazem referência a supostos ataques de drones estadunidenses em alvos no Paquistão. Exemplo recente reside no governo do Presidente dos EUA, Donald John Trump (1946- ), iniciado em 2017, no qual a campanha de ataques clandestinos de aeronaves não tripuladas no Paquistão tem sido reforçada, enquanto na esfera diplomática, o governo dos EUA exige que o Paquistão erradique os campos de treinamentos e elimine as células terroristas em seu território (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014).

A possibilidade de emprego clandestino de ARPs torna essas aeronaves ideais para operações de contrainsurgência, como as levadas a cabo pelos EUA na Guerra do Vietnã. Isso porque, nesse conflito, quando a tecnologia ainda não permitia o uso deste meio, vários pilotos e aeronaves, tanto de asas fixas, quanto rotativas, foram perdidos em operações clandestinas nos céus de Laos e do Camboja. Tais perdas ocorreram a partir da tentativa de eliminar a Trilha de Ho-Chi-Minh e os centros de treinamento e logísticos do *Vietcong*. Observa-se, portanto, que, com a utilização de drones, sem dúvida, as perdas em vidas de pilotos seriam grandemente minimizadas, enquanto as mesmas missões poderiam ser realizadas, com o mesmo nível de eficiência e sucesso da aplicação de aeronaves convencionais tripuladas.

Já no século XXI, é possível perceber que o emprego desse tipo de ARP, em missões clandestinas do tipo *search and destroy* no Paquistão, tem retratado seu alto nível de eficiência, com baixíssimos índices de perdas e elevadas taxas de sucesso (BUNKER, 2015). Além disso, em 2003, na Operação *Iraqi Freedom*, as ARPs foram utilizadas, inclusive a partir de meios navais, para a observação de alvos, supressão de baterias antiaéreas e radares, e para vigilância sobre os bolsões deixados pelo rápido avanço das tropas dos EUA e seus aliados. Nessas operações de vigilância, as ARPs permitiam que se conhecesse a exata força

inimiga dentro do bolsão, bem como que se avaliasse seus eventuais deslocamentos e suas linhas de suprimentos (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014). Não muito depois, após a queda de Bagdá, ainda em 2003, essas aeronaves passaram a ser utilizadas em ataques contra bases militares e contra campos de concentração da milícia, composta por dissidentes do novo regime e que buscavam restaurar o antigo regime (BUNKER, 2015).

Segundo Bunker (2015), também contra o Iêmen, onde uma guerra civil ocorre desde 2013, e que serve de abrigo e treinamento para diversos grupos terroristas, inclusive a *Al-Qaeda*, têm sido realizadas incursões clandestinas de ARPs dos EUA. Essas ARPs, que operam a partir de campos na Arábia Saudita e de meios navais, encontram-se estacionadas no Golfo Pérsico. Nos céus do Iêmen, essas aeronaves têm sido utilizadas na interceptação e no monitoramento de sinais de rádio dos grupos terroristas, para que se possa obter inteligência sobre seus movimentos e sobre o deslocamento e paradeiro de seus líderes.

Cabe também ressaltar que o uso de veículos aéreos não tripulados na guerra eletrônica é de particular interesse. Isso ocorre porque, uma vez que a interceptação desse tipo de sinais é vital para que se possa conhecer os movimentos do inimigo, e, conseqüentemente, para direcionar os meios adequados ao combate.

Chama a atenção o elevado nível de proficiência das equipes de controle das ARPs estadunidenses, uma vez que, enquanto as equipes de manutenção e lançamento estão localizadas perto do Teatro de Operações, as equipes de controle têm operado a partir de bases nos EUA, em total segurança. Além disso, seu longo período de treinamento, propiciado pelo baixo custo de operação desses meios, tem apresentado resultados práticos na forma dos sucessos das missões levadas a cabo por essas equipes e suas aeronaves. Ressalta-se, também, que o índice de ARPs abatidas é baixo, graças a sua reduzida assinatura radar e as contramedidas eletrônicas embarcadas (RONCONI, BATISTA; MEROLA, 2014).

Outro Estado que realiza operações com ARPs é Israel, que tem empregado, desde

2016, com sucesso, essas aeronaves nas mesmas missões que os EUA. Vale sublinhar que, por serem produzidas pela indústria local, as soluções israelenses são mais simples, havendo inclusive drones de asas rotativas multimotores, equipados com canhão de 20 mm, e utilizado com sucesso contra as unidades de lançamento de foguete dos grupos de extremistas palestinos (HAMBLING, 2018).

Outro exemplo de uso das ARPs diz respeito à Guerra da Síria, iniciada em 2011, principalmente, por observadores internacionais. No entanto, nesse caso, seu uso se dá para a observação do respeito às áreas de trégua e alvos civis. Há registros do uso de ARPs, de origem russa, pelo governo sírio, inclusive, no ataque a alvos civis. No caso específico dessas ações, a única finalidade da utilização dessas aeronaves é minimizar custos operacionais e perdas de pilotos, sem que haja, necessariamente, aplicabilidade tática, nesse momento do conflito em questão.

Mais recentemente, desde o início de junho de 2019, uma nova crise diplomática ocorre no Golfo Pérsico, com tensão crescente entre os EUA e seus aliados e o Irã. Isso porque o Irã possui um programa de produção de armas nucleares, que é objeto de pressões internacionais e cerne da atual crise. Assim, no dia 20 de junho de 2019, o governo de Teerã anunciou ter abatido uma ARP *Global Hawk* dos EUA. Quase um mês depois, em 18 de julho, os EUA afirmaram ter abatido uma ARP iraniana que se aproximava de sua Esquadra, fundeada no Golfo Pérsico, com o uso de um SAM, disparado de navio. Porém, o governo iraniano nega essa informação e afirma que os EUA abateram um de seus próprios drones (EDITORIAL G1, 2019).

Depreende-se, desse cenário, que essas aeronaves estão sendo utilizadas sobre o Irã para vigiar as áreas de possível produção e estocagem de armas nucleares, equipadas com sensores próprios para mensurar os níveis de radiação. Além disso, as ARPs buscam obter imagens dessas instalações. Também estão sendo realizadas missões de reconhecimento pelas

ARPs sobre o Irã, com o fito de prover inteligência sobre os sistemas de defesa de área iranianos e sobre o atual estado dos campos petrolíferos daquele Estado (EDITORIAL G1, 2019).

Em soma, tem sido registrado, desde maio de 2019, o aumento no número de missões de veículos não tripulados no Iraque, na região fronteira com o Irã, buscando destruir campos de treinamento e concentrações de tropa do Estado Islâmico, que têm apoio do governo iraniano, para a promoção de atividades de contrainsurgência que visam à derrubada do atual governo pró-EUA do Iraque (EDITORIAL G1, 2019).

É flagrante, diante da exposição de exemplos concretos, a importância tática e estratégica das ARPs. Isso porque permite-se que se possa compreender a adoção desse tipo de aeronave por Forças Armadas de todo o mundo. Portanto, no próximo e último capítulo, o presente trabalho traz suas conclusões, discorrendo, inclusive, sobre a necessidade de desenvolvimento e estudos para o emprego tático e estratégico das ARPs.

## 5 CONCLUSÃO

O mundo militar, ao longo de toda a história da guerra, tem se valido das inovações, tanto as tecnológicas quanto as de pensamento, como elemento surpresa para obter vantagem sobre o seu oponente e conquistar a vitória. Nesse conceito, o computador, criado por civis, mas com usos militares, durante a Segunda Guerra Mundial, mudou, drasticamente, a face da guerra na segunda metade do século XX.

Derivado das máquinas de calcular mecânicas, o computador surgiu de duas necessidades distintas. A primeira consistia em decifrar os códigos empregados pelos nazistas, a fim de conseguir inteligência sobre suas comunicações. Como resultado, permitiu-se que suas ações fossem frustradas e que se agisse de surpresa, com base no que os nazistas sabiam sobre os movimentos e operações dos aliados. A segunda maneira dizia respeito a como guiar os projéteis disparados pelos canhões dos pesados encouraçados estadunidenses, para que se pudesse tirar o máximo proveito de seu poder de fogo.

Depreende-se, portanto, que a revolução provocada pelo computador, associada à evolução da eletroeletrônica e da microeletrônica mudou não apenas as atividades militares, mas toda a trajetória da sociedade humana. Graças a esses adventos, o homem conseguiu grandes proezas, como a viagem ao espaço e à Lua, a propagação instantânea de notícias e informações, e grandes avanços em áreas como as comunicações e a medicina. Assim, dentre as muitas novidades que o avanço tecnológico trouxe à esfera militar, uma das mais importantes são as ARPs.

Esse tipo de aeronave, que debutou em combate nos céus do sudeste asiático, servindo em missões de reconhecimento em zonas perigosas, evoluiu, assim como as tecnologias computacionais e eletrônicas, tornando-se uma arma mortífera e precisa em suas investidas. Ademais, as ARPs vêm sendo empregadas por nações como os EUA, em operações convencionais e clandestinas, obtendo índices de sucesso elevados.

Notadamente na eliminação de alvos que requerem precisão cirúrgica, em áreas extremamente defendidas, as ARPs têm se destacado. O uso de armas modernas, como as bombas JDAM, guiadas por GPS, e os projetos que empregam a filosofia *stealth*, facilitando a entrada e a operação em áreas de operações, contribuem para a precisão que estes veículos não tripulados têm mostrado em missões de combate.

No difícil terreno da fronteira entre o Afeganistão e o Paquistão, repleto de montanhas e cavernas, fáceis de defender e difíceis de atacar, as ARPs têm sido grandemente empregadas. A partir de seu uso, são eliminados campos de treinamento de organizações terroristas e seus líderes, com grande precisão e sem danos colaterais, ao mesmo tempo em que se evita a perda de pilotos e aeronaves de maior valor.

No momento em que o presente trabalho é escrito, uma nova crise se desenrola na região do Golfo Pérsico. Atualmente, a oposição é entre os EUA ao Irã. Ressalta-se que, antes que qualquer declaração formal de guerra ou qualquer outra atividade bélica se registrasse na região, as ARPs estadunidenses passaram a fazer incursões sobre o território iraniano, em operações de reconhecimento promovidas pelas Forças Armadas dos EUA e pela CIA, em busca de armas nucleares iranianas e de modo prover o Comando das Forças dos EUA com inteligência sobre os meios de defesa dos quais dispõem o Irã. Tal fato se tornou conhecido após o Irã, há cerca de um mês, ter abatido um drone estadunidense, sobre seu território. Ademais, pouco mais de uma semana antes que o presente trabalho fosse concluído, os EUA afirmaram ter abatido uma ARP iraniana, o que o governo de Teerã nega.

Portanto, essa nova crise serve para demonstrar, ainda mais, a importância que essa plataforma de combate vem adquirindo para as operações bélicas; porque, rapidamente, outros Estados, além dos EUA e seus aliados da OTAN, como Israel e o Irã, começaram a operar ARPs e criaram doutrinas para seu emprego estratégico e tático.

Ressalta-se, assim, que ainda que as aeronaves desses Estados não sejam,

tecnologicamente, tão avançadas quanto as dos EUA, sem dúvida, elas são instrumentos extremamente úteis às Forças Armadas que as empregam. Além disso, essa grande disseminação das ARPs faz com que seja urgente a necessidade de desenvolvimento de aeronaves desse tipo, bem como estudos para seu emprego, tático e estratégico. Ademais, são necessárias pesquisas quanto a contramedidas para a sua aplicação, como tecnologias capazes de interferir em seus sistemas de *data link* e navegação.

Assim, diante destas reflexões o presente trabalho conclui que, dada a grande relevância das ARPs para a guerra moderna, é necessário, de forma urgente, que haja investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, doutrina e pensamento tático e estratégico sobre o emprego militar dessas aeronaves no Brasil. Infere-se que, somente assim, as Forças Armadas nacionais poderão se manter na vanguarda da arte na guerra em sua esfera de influência.

## REFERÊNCIAS

ABULUDE, F. O.; AKINNUSOTU, A.; ADEYEMI, A. Global Positioning System and its wide application. **Continental J. Information Technology**, v. 9, n. 1, p. 22-32, 2015.

BAIOTTI, S. *et al.* Advances in UA V Data Links: Analysis of Requirement evolution and implications on future equipment. **Warfare Automation: Procedures and Techniques for**. Ankara: OTAN. 1999. p. B-10.1- B-10.15.

BARR, A.; FEIGENBAUM, E. A. **Handbook of Artificial Intelligence** - Preliminary Edition. Palo Alto - EUA: Stanford University, 1977.

BRIEN, A; KALLIMANI, J; WILSON, P; MOORE, L. Applications for Navy Unmanned Aircraft Systems. **National Defense Research Institute**. 2010. Disponível em: <[http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2010/RAND\\_MG957.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2010/RAND_MG957.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BROWN, B. R. **The Apollo Chronicles: Engineering America's First Moon Missions**. Los Angeles - EUA: Oxford University Press, 2019.

BUEREN, S. K. *et al.* Deploying four optical UAV-based sensors over grassland: challenges and limitations. **Biogeosciences**, n. 12, p. 163-75, 2015.

BUNKER, R. J. **Terrorist and Insurgent unmanned aerial vehicles: use, potentials, and military implications**. Washington DC - EUA: Strategic Studies Institute and U.S. Army War College Press, 2015.

CASTELLS, M.; CARDOSO, G. **A sociedade em rede: do conhecimento a acção política**. Belém - Portugal: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2005.

CORDESMAN, A. H. **Lessons of the Gulf War 1990-1991**. Washington DC - EUA: Center for Strategic & International Studies, 2013.

DEFENSE ACQUISITION MANAGEMENT INFORMATION RETRIEVAL. **Joint Direct Attack Munition (JDAM) As of FY 2017 President's Budget**. Washington DC - EUA: DoD, 2017.

DOMINGUES, R. F. **A eficiência das aeronaves remotamente pilotadas nas ações de contrainsurgência e de contraterrorismo por meio da ótica do ciclo OODA: a operação**

Enduring Freedom - Afeganistão no período de 2001 a 2005. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2017.

DONALD, David. **Boeing Model 299 (B17 Flying Fortress: The Encyclopedia of World Aircraft**. CA: Prospero, 1997.

EDITORIAL G1. G1 - Portal de Notícias. **G1 - Portal de Notícias**, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

FITZGERALD, M. C. (1987). **Marshal Ogarkov and the new revolution in the soviet military affairs**. Alexandria, Virginia, EUA: Center for Naval Analyses.

GADGEY, K. K.; DEY, S. Development of chitin and chitosan from narmada riverside crab shells. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)**, Dallas, v. 8, n. 7, p. 298-307, jul. 2017.

GAGEIK, N.; STROHMEIER, M.; MONTENEGRO, S. An Autonomous UAV with an Optical Flow Sensor for Positioning and Navigation. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, v. 10, n. 341, p. 1-9, 2013.

GOEBEL, Greg. **Unmanned Aerial Vehicles v 2.0.0**. 2012. Site que reúne informações disponíveis em domínio público. Disponível em: <<http://www.vectorsite.net/twuav.html>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

GLOBAL TERRORISM DATABASE. Global Terrorism Database. **Global Terrorism Database - Site institucional**, 2019. Disponível em: <<https://www.start.umd.edu/gtd/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

GONÇALVES, L. G. C. **A Revolução em Assuntos Militares no Contexto da Guerra de Secessão Americana (1861-1865)**. Franca: UNESP, 2015.

GRIER, P. JDAM Revolution. **Air Force Magazine**, Washington DC - EUA, p. 60-3, set 2006.

HABEEB, A. **Artificial intelligence**. Mansoura - Egito: University of Mansoura, 2017.

HAMBLING, D. **Change in the air: Disruptive Developments in Armed UAV Technology**. Nova Iorque - EUA: UNIDIR, 2018.

HARDGRAVE. **O pioneirismo com o VANT**. Estados Unidos da América, 2005. Disponível em: <<http://www.ctie.monash.edu.au/hardgrave/>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

ONES, Christopher A. **Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): An Assessment of Historical Operations and Future Possibilities**. Air Force Staff and Command Course Paper. EUA, 1997. Disponível em: <<http://www.fas.org/irp/program/collect/docs/97-0230D.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

LESSA, J.; VASCONCELLOS, A. C. **Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas**. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

LI, C.; LING, H. **Synthetic Aperture Radar Imaging Using a Small Consumer Drone**. Austin - EUA: The University of Texas at Austin, 2018.

LIBERTY, J.; JONES, B. **Teach Yourself C++ in 21 days**. 5ª Edição. ed. Indianápolis - EUA: Sams Publishing, 2005.

LIMA, B. D. R. D. **Emprego de veículos aéreos não tripulados no Afeganistão: as operações se coadunam com os preceitos do Direito Internacional dos Conflitos Armados?** Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2014.

LORCH, Carlos. Sem piloto e em combate; explorando o envelope dos VANTs. **Revista Força Aérea**, Rio de Janeiro, n.56, fev-mar, p. 82-94, 2009.

MATHWORKS. MatLab e Simulink. **MathWorks - Site corporativo**, 2019. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

MPOFU, T. P.; MAWERE, C.; MUKOSERA, M. The Impact and Application of 3D Printing Technology. **International Journal of Science and Research (IJSR)**, p. 20148-52, jun 2016.

NEVES, W. A. E no princípio. era o macaco! **Estudos Avançados em Antropologia**. São Paulo, 2002.

O'CONNELL, Mary Ellen. **Unlawful Killing with Combat Drones: A Case Study of Pakistan, 2004-2009**. Legal Studies Research, Londres, 2010.

PIELLA, Guillem Colom. **Entre Ares y Atena: El Debate sobre La Revolución em los Assuntos Militares**. Madrid, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado, 2008.

RAYTHEON. **Raytheon's Multispectral Targeting Systems**. [S.l.]: Raytheon, 2015.

\_\_\_\_\_. **AN/AAS-52 Multi-Spectral Targeting System**. [S.l.]: Raytheon, 2017.

ROCHUS, W. W. **UAV Data-Links: Tasks, Types, Technologies and Examples**. Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications. Rhode-Saint-Genève - Bélgica: OTAN. p. 5.2-5.43, 1999.

RONCONI, B. B. A.; BATISTA, T. J.; MEROLA, V. The utilization of unmanned aerial vehicles (UAV). **UFRGS Model United Nations**, v. 2, p. 137-180, 2014.

SAFRAN; SAGEM. **FELIN: Six Thousand Systems Fielding in 2011 - Brochura Técnica**. Paris - França: [s.n.], 2012.

SCHMITT, E; SHANKER, T. U.S. **Officials Retool Slogan for Terror War**. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2005/07/26/politics/us-officials-retool-slogan-for-terror-war.html>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

TEIXEIRA, M. L. Por que Revolução nos Assuntos Militares? **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 50-82, dez. 2009.

U.S. DEPARTMENT OF STATE. **United Nations/Croatia Workshop on the Applications of Global Navigation Satellite Systems**. Baska - Corácia: U.S. Department of State, 2013.

WHITE, R. **Como funciona o computador**. 11ª Edição. ed. São Paulo: PC Computing, 2018.

WINSTON, P. H. **Artificial Intelligence**. Reading - EUA: Addison-Wesley Publishing Company, 2017.