

PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS PARA A GUERRA DO FUTURO: Imaginai-vos a Guerra!

*O futuro dos conflitos não é sinônimo do futuro da tecnologia,
mas os conflitos sempre terão uma dimensão tecnológica.*
Colin Gray, em *Another Bloody Century*

JOSÉ CLÁUDIO DA COSTA **OLIVEIRA***
Capitão de Mar e Guerra (RM1-FN)

NIVAL NUNES DE ALMEIDA**
Professor

RODOLFO CASTELO BRANCO **WADOVSKI*****
Capitão de Fragata (RM1-FN)

SUMÁRIO

Introdução
Contexto Inicial
Contexto Militar
Aspectos Tecnológicos
Considerações Finais

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END) tratam das discussões de mais alto nível sobre a questão da temática Defesa

no Brasil. Conforme esses documentos¹, o Poder Nacional manifesta-se nas expressões política, econômica, psicossocial, militar e científico-tecnológica. No que concerne à expressão científico-tecnológica, a PND menciona, em seus Objetivos

* Mestre e doutor em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval (EGN), onde é professor da área de Estratégia.

** Mestre e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor do Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos da EGN.

*** Mestre e doutor em Administração pela UFRJ. Mestre em Ciências Navais pela EGN. Superintendente de Cooperação Institucional do Instituto Naval de Pós-Graduação.

1 Neste trabalho, estão sendo consideradas as versões em discussão no Congresso Nacional e disponíveis em: http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf. Acesso em: 23 mar. 2018.

Nacionais de Defesa, “o adequado aparelhamento das Forças Armadas, empregando-se tecnologias modernas” (BRASIL, 2016c, p.12) e “tecnologias críticas” (BRASIL, 2016c, p.13). Na mesma linha, a END estabelece que “é imperioso que o aparato de defesa esteja de acordo com as mais avançadas práticas e tecnologias, o que requer a condição de desenvolvimento científico e tecnológico nacional no estado da arte” (BRASIL, 2016b, p.20). Ressalvada a orientação para que o setor nuclear, o cibernético e o espacial sejam da responsabilidade da Marinha do Brasil (MB), do Exército Brasileiro (EB) e da Força Aérea Brasileira (FAB), respectivamente, tanto a PND quanto a END não detalham o que seriam tecnologias modernas, críticas ou no estado da arte, deixando em aberto quais os aspectos tecnológicos mais relevantes para a Defesa Nacional.

Documentos de outros países e organizações que analisam o futuro das guerras também contêm abordagens que consideram diversas perspectivas, como a geográfica, a política, a humana, a ambiental e a tecnológica. Todavia nesses documentos, que se distinguem da PND e da END por estarem dedicados à análise de futuro, a tecnologia recebe grande destaque e detalhamento (Australian Government, 2020; Colômbia, 2020; German Government, 2016; JCS, 2016; NATO, 2017; New America, 2017; TRADOC, 2016 UK, 2015). Tendo em vista que a dimensão tecnológica, na maioria das vezes, não respeita fronteiras, esses estudos podem

oferecer parâmetros consistentes para aprofundar ideias e contribuições, no campo tecnológico, para discussões de alto nível da área de Defesa do Brasil.

Nessa linha, uma vez que as tecnologias avançam exponencialmente, é vital, como demonstram os estudos mencionados no parágrafo anterior, buscar compreender em que contexto os futuros conflitos ocorrerão, acompanhando aspectos tecnológicos-chave. Decisões estratégicas e investimentos do presente, como escolhas de sistemas de armas ou formação de recursos humanos, têm que levar em consideração que sua aplicação se dará no futuro, o qual tende a ser significativamente diferente do presente. Por exemplo, no caso de um curso de doutorado, no decorrer do tempo entre a escolha do conhecimento de interesse da Força e sua efetiva aplicação prática, a evolução tecnológica pode tornar o conhecimento, previamente visto como

Decisões estratégicas e investimentos do presente, como escolhas de sistemas de armas ou formação de recursos humanos, têm que levar em consideração que sua aplicação se dará no futuro

essencial, irrelevante no contexto futuro. Em outro sentido, aspectos tecnológicos que tendem a ser mais impactantes podem ser negligenciados.

Assim sendo, este artigo tem como propósito levantar, por meio da análise de conteúdo (Duriau, Rhonda, & Michael, 2007) de documentos internacionais, aspectos tecnológicos que tendem a impactar os conflitos futuros. Desse modo, pretende-se expandir as ideias relacionadas à expressão científico-tecnológica, tratadas na PND e na END, de modo a oferecer um referencial para o acompanhamento de

aspectos tecnológicos-chave. A identificação e o monitoramento desses aspectos podem contribuir para que os interessados em assuntos de Defesa, especialmente formuladores de políticas públicas, militares, a indústria e a academia, possam aperfeiçoar visões e estratégias no campo da conjugação tecnologia e defesa.

Ademais, o trabalho é iniciado com uma breve contextualização geral sobre a velocidade de evolução tecnológica nos dias de hoje. Em seguida, partindo-se de uma interligação entre os desenvolvimentos tecnológicos de produtos civis e militares, aborda-se, ainda, a perspectiva militar obtida em documentos internacionais. Ao final, apresentam-se aspectos tecnológicos que tendem a impactar os conflitos futuros.

CONTEXTO INICIAL

Uma Evolução Exponencial

Em artigo seminal publicado em 1965, Gordon Moore mostrou a evolução exponencial do número de transistores que podiam ser colocados em um circuito integrado (Moore, 1965). Ele mostrou que a eletrônica evoluía ao ritmo de dobrar a cada dois anos sua capacidade de miniaturização e seu poder de computação, ao mesmo tempo em que seu custo de produção decrescia. Esse entendimento ficou conhecido como Lei de Moore e passou a servir, até os dias atuais, de referência para os planejamentos das empresas que lidam com a tecnologia da informação. Em um ambiente tão mutável, é imperativo, no desenvolvimento de um produto ou serviço, estimar o contexto tecnológico que

estará vigente na época do seu lançamento no mercado. Esse processo de desenvolvimento focado no futuro tornou a Lei de Moore uma profecia autorrealizável (Ismail, 2014). Vale registrar que, recentemente, alguns trabalhos têm questionado os limites desta lei².

Contudo, a evolução exponencial não é exclusividade da eletrônica. As grandes revoluções pelas quais tem passado a humanidade também parecem ter um ritmo exponencial. Por exemplo, entre a revolução agrícola e a revolução industrial há um período de cerca de 8 mil anos. Da revolução industrial à lâmpada elétrica, cerca de 120 anos, depois 90 anos até o ser humano pousar na Lua. Entre esta conquista espacial e a internet aberta, foram em torno de 22 anos, seguidos de nove anos até o sequenciamento do genoma humano (Time, 2011). Portanto, pode ser observado que o acúmulo do conhecimento possibilita mudanças tecnológicas cada vez mais velozes.

Uma nova Revolução Industrial

Esse contexto de rápidas transformações tem sido objeto de pesquisa de vários autores e organizações (Shapiro & Varian, 1999; Day & Schoemaker, 2000; Schoemaker, 2002; Ismail, 2014; Harari, 2016; Thiel, 2016; Tengmark, 2017). A digitalização de muitas atividades econômicas tem causado impacto na economia de forma diferente do que ocorria no período anterior à massificação do uso de computadores. Tecnologias emergentes têm sido estudadas para que seja possível desenhar estratégias mais adequadas. O Fórum Econômico Mun-

2 Shalf, J., Leland, R. "Computing Beyond the End of Moore's Law: Is it really the end, and what are the alternatives?" In *Computer 48* (12):14-23· December 2015. Publisher: IEEE Computer Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

dial (FEM) vem discutindo esse novo contexto, procurando compreender de forma integrada o momento que vivemos. O FEM tem divulgado a ideia de que vivemos a Quarta Revolução Industrial. Enquanto a Primeira Revolução Industrial se caracterizou pela máquina a vapor e por ferrovias, a Segunda Revolução Industrial se distinguiu pelos métodos de produção em massa possibilitados pela eletricidade e por linhas de produção (WEF, 2015).

A Terceira Revolução Industrial, no entanto, ocorreu por meio do desenvolvimento de computadores e da internet. Por conseguinte, a Quarta Revolução Industrial é fruto do fenômeno da crescente digitalização, que resultou na disseminação da internet móvel, de sensores e da com-

putação. A Revolução atual tem escopo amplo, com impacto em áreas diversas, como inteligência artificial, computação quântica, biotecnologia, nanotecnologia e energia renováveis, conforme pode ser observado na Figura 1.

Essas áreas em destaque evoluem com rapidez crescente e de forma convergente, tornando cada vez mais difícil separar os mundos físico, digital e biológico (Schwab, 2016), os quais podem ser visualizados na Figura 2.

Ademais, segundo o FEM (WEF, 2015), há seis megatendências relacionadas à Quarta Revolução Industrial: um maior número de pessoas conectadas pela internet; aumento do poder computacional, da comunicação e da armazenagem

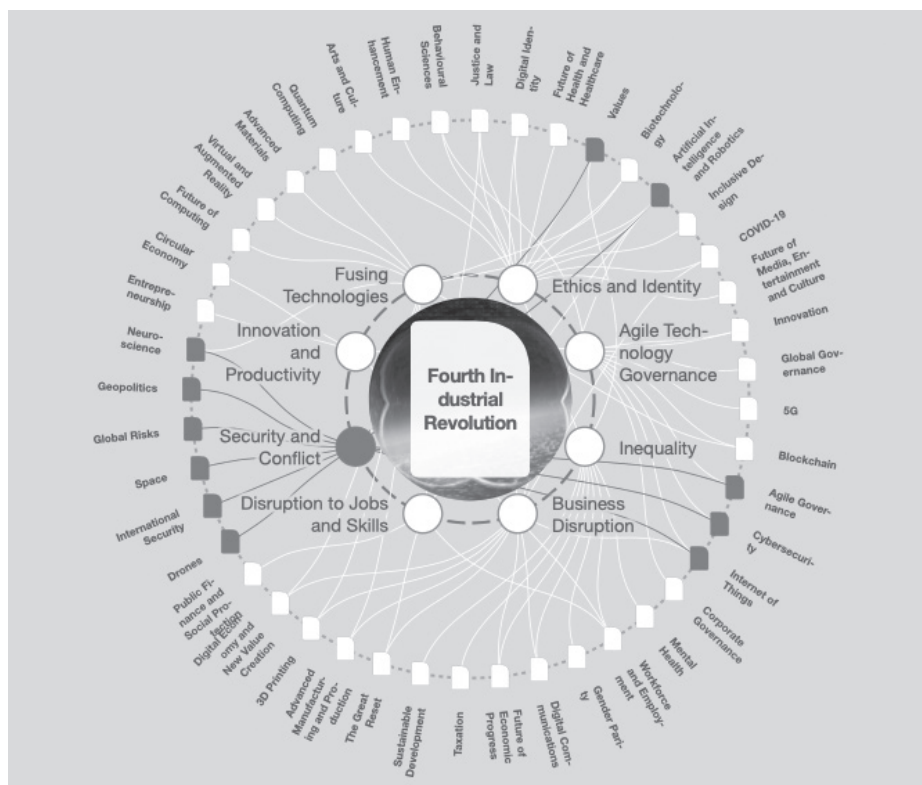


Figura 1 – Visão sistêmica da Quarta Revolução Industrial

Fonte: WEF, 2020

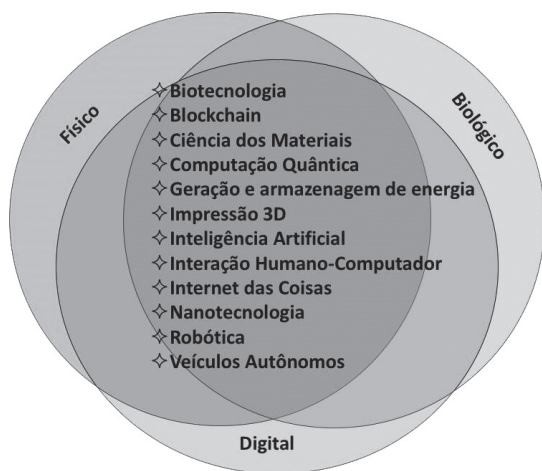


Figura 2 – Dimensões convergentes e principais tecnologias

Fonte: Elaborado pelos autores

ubíqua; internet das coisas; *big data* e inteligência artificial; economia compartilhada; e impressão 3D. Os efeitos relacionados a essas tendências terão impactos tanto sociais, econômicos e culturais quanto na segurança internacional. Logo, os conflitos tendem a ocorrer em um mundo cada vez mais conectado, com forte desigualdade social e aumento da disseminação de ideias extremistas.

Nesse caso, diversas possibilidades podem ser exploradas. No ciberespaço, a distinção entre guerra e paz é cada vez mais complexa. Atores estatais ou não estatais podem operar de qualquer local geográfico sem revelar sua identidade. A natureza das tecnologias digitais permite que mesmo atores individuais adquiram capacidade de causar danos, o que antes era exclusivo de grandes potências. O uso do espaço ficará facilitado pela miniaturização dos satélites aliada ao desenvolvimento de veículos lançadores privados. O desenvolvimento tecnológico de novos materiais e da capacidade de armazenamento de energia tornará possível a criação de armamentos ultrassofisticados

que revolucionarão os combates. Armamentos autônomos e decisões tomadas por inteligência artificial ampliarão de forma ainda inimaginável como poderão ser os combates no futuro.

Nesse ambiente cada vez mais digital, a guerra cibernética aumenta de importância. A capacidade das ferramentas cibernéticas evolui mais rápido do que a habilidade dos atores internacionais de se adaptarem e lidarem com as consequências de um ato hostil. Enquanto nos combates convencionais os protocolos internacionais possibilitam um certo gerenciamento de crises, nos ataques cibernéticos uma das

maiores dificuldades está na identificação de seus autores e na consequente atribuição de responsabilidade, gerando um alto grau de incerteza que pode ter resultados imprevisíveis. No momento, o debate gira em torno da regulamentação da guerra cibernética ou até mesmo da sua proibição, como nos casos das armas químicas e biológicas (WEF, 2018).

Dualidade

Em décadas passadas recentes, grandes projetos governamentais, como os projetos Manhattan e Apollo, geraram grandes desenvolvimentos tecnológicos, tanto para os militares quanto para os civis, ou seja, propiciaram o surgimento de bens que puderam ser aplicados de modo dual. Além disso, o desenvolvimento do armamento nuclear ou o de foguetes para levar o homem à Lua exigia uma quantidade de recursos muito superior ao alcance das empresas civis.

Hoje, diversos desenvolvimentos tecnológicos estão sendo em grande medida liderados por empresas civis. Google, Apple, Amazon, Facebook, SpaceX são algumas das grandes empresas, surgidas

normalmente por iniciativas de pequenos empreendedores, que desenvolvem veículos autônomos, inteligência artificial e foguetes que podem também ser de uso militar, ou seja, de uso dual em finalidades bélicas a partir de aplicações civis.

Portanto, em razão da menor necessidade de grandes estruturas para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no mundo digital, pequenas empresas criam produtos e serviços na área de veículos autônomos, biotecnologia, robótica e *software* diversos que podem ter seu uso dual. Portanto, desenvolvimentos na área de TI têm alto potencial de serem transformados em armas cibernéticas (Allen & Chan, 2017; NATO, 2017; New America 2017; ONR, 2017; UN, 2017; USA, 2017; Valor, 2017; The Economist, 2018).

Essa simbiose entre desenvolvimentos comerciais e militares não é uma novidade. A *Defense Advanced Research Projects Agency* (Darpa) patrocina projetos de interesse para a defesa dos Estados Unidos da América (EUA), que muitas vezes têm resultados que beneficiam empresas privadas, como, por exemplo, o GPS e os carros autônomos. O que é relativamente novo é a procura, pelo governo dos EUA, de iniciativas civis que possam também ter uso militar. Nesse sentido, em 2015 foi criada a *Defense Innovation Unit Experimental* (DIUx), com sede no Vale do Silício, na Califórnia. Enquanto a abordagem da Darpa é priorizar projetos militares que até podem resultar em benefícios para a indústria privada, a DIUx realiza parcerias com empresas privadas que estão desenvolvendo projetos de uso civil, mas que têm potencial de uso militar. São do interesse da DIUx companhias privadas que oferecem soluções na área de inteligência artificial, sistemas autônomos e espacial.

Atualmente, muitas necessidades militares são dependentes de parcerias com empresas comerciais de tecnologia. Em abril de 2017, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD, do inglês *Department of Defense*) criou o Projeto Maven, com a missão de “acelerar a integração de *big data* e *machine learning* do DoD”. Uma das tarefas principais do projeto é criar ferramentas práticas para uso imediato no campo de batalha, particularmente no emprego de aeronaves não tripuladas e na análise da imensa quantidade de imagens por elas geradas (USA, 2017a). Além disso, a empresa Google será um importante parceiro no desenvolvimento de inteligência artificial para a análise das cenas do campo de batalha. A Amazon e a Microsoft também têm contratos com o DoD relacionados à análise de dados. Contudo essa parceria com empresas comerciais recebe oposição de muitos de seus próprios funcionários, que, por motivos diversos, não concordam em participar do desenvolvimento de produtos ou serviços que tenham fins militares (Conger, 2018; Metz, 2018). Particularmente, no que concerne à inteligência artificial, desde 2015 há uma forte campanha para limitar seu uso em conflitos (FLI, 2015). Outras iniciativas do DoD no sentido de incentivar a inovação em parceria com universidades e a iniciativa privada incluem: Strategic Capabilities Office, Sofwerx, Afwerx, Ilab, Nexlog, MD5, IQT, Iarpa e H4DI (GOVINI, 2018; Oliveira *et. al*, 2018).

A China também considera que os assuntos de Defesa estão interligados ao desenvolvimento das empresas privadas. Em julho de 2017, o governo daquele país publicou um documento denominado Plano de Desenvolvimento da Nova Geração de Inteligência Artificial³. Reconhecendo

3 A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan (New America, 2017).

que a inteligência artificial se tornou o novo foco da competição mundial, estabeleceu que a estratégia de defesa do país será baseada em uma profunda integração entre os desenvolvimentos civis e os militares. Empresas privadas, institutos de pesquisas, universidades e a indústria militar deverão atuar em coordenação e facilitar o uso militar de desenvolvimentos civis (New America, 2017). Por exemplo, tanto na China quanto nos EUA, inovações tecnológicas estão surgindo oriundas de empresas com foco em produtos e serviços destinados ao meio civil. Muitas das gigantes norte-americanas têm correspondentes chinesas (Tabela 1).

CONTEXTO MILITAR

A influência da rápida evolução tecnológica e seus possíveis impactos no futuro dos conflitos (Brose, 2019) é tema de estudos realizados por diversos países e organizações. Ao analisar esses estudos,

EUA	China
Google	Baidu
Apple	Huawei, Xiaomi, Meizu
Facebook	WeChat (Tencent)
Amazon	Alibaba, JD.com
Uber	Didi Chuxing
Twitter	Weibo
Netflix	iQiyi (Baidu)
Spotify etc.	QQ Music (Tencent)
Tinder	Tantan
Youtube	Youku

TABELA 1 – Correspondência aproximada em empresas dos EUA e da China
Fonte: Elaborada pelos autores

nota-se que o resultado é fruto de anos de pesquisas que buscam uma visão integradora entre políticos, militares, empresários e acadêmicos. A fim de identificar os aspectos tecnológicos que podem aprofundar as ideias brasileiras constantes na PND e END, foram selecionados, para a análise, documentos de vários países e organizações (Tabela 2).

Documento	País/Organização	Ano
Future Operating Environment 2035	Reino Unido	2015
Joint Operating Environment 2035	EUA	2016
White-Paper 2016: On German Security Policy and the Future of the Bundeswehr	Alemanha	2016
Artificial Intelligence and National Security	EUA	2017
A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan	China	2017
National Security Strategy	EUA	2017
Naval Research and Development Framework	EUA	2017
Strategic Foresight Analysis	OTAN	2017
The Operational Environment and the Changing Character of Future Warfare	EUA	2017
Plan de Desarrollo Naval 2042	Colômbia	2020
Defence Strategic Update	Austrália	2020
Defense Space Strategy (<i>summary</i>)	EUA	2020
Developing Today's Joint Officers for Tomorrow's Ways of War: The Joint Chiefs of Staff Vision and Guidance for Professional Military Education & Talent Management	EUA	2020

TABELA 2 – Documentos estudados para a análise de conteúdo
Fonte: Elaborada pelos autores

A fim de capturar as ideias essenciais desses trabalhos, foi realizada, ainda, uma análise de conteúdo, extraindo e interpretando os conceitos mais comuns encontrados na leitura desses documentos (Duriau, Rhonda, & Michael, 2007). A seguir, são apresentadas as principais ideias relacionadas à tecnologia deles constantes.

Principais ideias levantadas

De acordo com a documentação constante na Tabela 2, é possível resumir algumas ideias muito significativas para a compreensão da guerra do futuro. Assim sendo, foram selecionadas 25 ideias, descritas a seguir:

1. Desenvolvimento exponencial (UK, 2015; GERMAN, 2016; ONR, 2017; NATO, 2017; TRADOC, 2017)

A Lei de Moore continuará a servir de referência para medir a velocidade da evolução de um número significativo de tecnologias. A análise dessa evolução não pode ser linear, mas exponencial. Cada descoberta tecnológica serve de base para outras evoluções. Tecnologias como inteligência artificial tendem a potencializar a rapidez desses desenvolvimentos. A escala e a velocidade das redes de indivíduos e grupos, que viabilizam o acesso e a troca de informações, também contribuem para uma evolução tecnológica acelerada. Espera-se que o ritmo de desenvolvimento tecnológico aumente ainda mais até 2035.

2. Desenvolvimento multidisciplinar e convergente (UK, 2015; JCS, 2016; ONR, 2017; TRADOC, 2017)

A evolução em campos específicos tende a ser superada pelos desenvolvimentos gerados pela convergência de avanços técnicos individuais. As maiores oportunidades de inovações tecnológicas estão em uma abordagem multidisciplinar, por meio da combinação do progresso em geração e armazenamento de energia, robótica, automação, nanotecnologia, impressão 3D, sensores, biologia, computação quântica e interação humano-máquina. O emprego militar dessas inovações requer a integração de diversas capacidades heterogêneas.

3. Informação e *cyberwar* (Australian Government, 2020; UK, 2015; GERMAN, 2016; JCS, 2016; Allen & Chan, 2017; NSS, 2017; UK, 2015)

A informação será um dos fatores fundamentais do século XXI. Sua geração, distribuição, percepção e interpretação são aspectos críticos do nosso tempo. O espaço virtual em que a informação circula, em especial a internet, é o campo de batalha da guerra

cibernética, sendo o controle deste espaço dificultado pela inexistência de fronteiras. O campo eletromagnético, que permeia os mundos físico e virtual, também representa uma oportunidade para a guerra de informação.

O baixo custo das armas cibernéticas possibilita que adversários diversos tenham capacidade de causar danos graves

O domínio da informação e do espaço cibernético tornou-se crítico nas disputas de poder, e sua importância tende a aumentar, assim como o número de forças estatais dedicadas à guerra cibernética

a infraestruturas vitais. Em razão de sua natureza digital, as armas cibernéticas podem ser roubadas e reproduzidas de forma mais simples que os armamentos físicos.

Ações cibernéticas podem ser direcionadas para uma ampla gama de alvos militares e civis, sendo nebulosa a fronteira entre segurança interna e externa do Estado. Consequentemente, as estratégias de defesa devem considerar coletivamente o ponto de vista de variados atores civis e militares, demandando uma abordagem integrada para uma dissuasão eficaz.

O domínio da informação e do espaço cibernético tornou-se crítico nas disputas de poder, e sua importância tende a aumentar, assim como o número de forças estatais dedicadas à guerra cibernética. A inteligência artificial tende a aumentar ainda mais essa importância.

4. Integração com universidades e indústrias comerciais – aspecto dual (Allen & Chan, 2017; Australian Government, 2020; GERMAN, 2016; JCS, 2016; NATO, 2017; New America, 2017; NSS, 2017; ONR, 2017; UK, 2015)

Muitas inovações de uso militar são originadas fora do setor de defesa. Desenvolvimentos e pesquisas comerciais são transformados em aplicações militares. A tecnologia da informação e a das comunicações são inerentemente de uso dual. Políticas de defesa nacionais de vários países já consideram serem estratégicas as parcerias com companhias privadas, preconizando a integração completa entre as inovações civis e as militares.

Os recursos humanos capacitados a desenvolver tecnologias de uso militar estão cada vez mais concentrados em empresas comerciais. No desenvolvimento do armamento nuclear, por exemplo, o conhecimento e o financiamento eram primordialmente governamentais. No atual contexto econômico, com tecnolo-

gias digitais como a inteligência artificial, os melhores cientistas trabalham para companhias comerciais, que investem bem mais que governos em P&D e que, muitas vezes, não apoiam totalmente os interesses de seus governos.

Consequentemente, levarão vantagem militar as nações que possuírem um ecossistema de inovação composto por universidades e por comunidade de negócios que incentive a pesquisa e desenvolvimento, a experimentação e a inovação. O desenvolvimento de capacidades militares deve estar em sintonia com esse ecossistema, ao mesmo tempo que políticas governamentais devem incentivar os desenvolvimentos duais. Novas oportunidades podem surgir em *startups*, particularmente na economia digital ou em empresas voltadas para a exploração espacial. Em razão da participação de companhias estrangeiras, essas atividades tendem a transcender as fronteiras dos Estados, o que dificulta o controle de tecnologias sensíveis.

5. Operações interagências (NSS, 2017; UK, 2015)

A integração com as empresas comerciais também será necessária na condução das operações militares, especialmente as de guerra cibernética. Operações interagências tendem a se tornar mais comuns, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

6. Projetos com "Arquitetura Aberta" (*Open Source*) (JCS, 2016)

A fim de facilitar a conectividade e o desenvolvimento em camadas sobrepostas, muitas plataformas comerciais têm seus códigos abertos desde o início da sua concepção. Por um lado, isso viabiliza a disseminação e compartilhamento do produto ou serviço, mas por outro facilita o seu uso por grupos ou indivíduos hostis.

7. Popularização de tecnologias (Allen & Chan, 2017; Australian Government, 2020; GERMAN, 2016; JCS, 2016; ONR, 2017; NATO, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

Tecnologias muito poderosas estarão cada vez mais disponíveis, inclusive para atores não estatais, como redes globalizadas de terroristas e criminosos. As tradicionais barreiras de complexidade e custos estão cada vez menores, o que torna o acesso às tecnologias digitais destrutivas relativamente simples e barato. Além das ferramentas digitais para ataques cibernéticos, a automação de sistemas robóticos e a impressão 3D terão seu acesso menos restrito. Os EUA não poderão assumir que a supremacia tecnológica de suas Forças Armadas está assegurada.

8. Dados: recurso estratégico (NATO, 2017; ONR, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

A crescente digitalização das informações e da interconectividade tornou-se parte inerente do mundo globalizado. Centros de dados passaram a ser infraestruturas críticas. O volume de dados digitais gerado por uma quantidade imensa de sensores é um recurso extremamente valioso que serve de base para novas ferramentas de análise, as quais buscam identificar padrões ocultos e correlações. Essas informações são a base para as modernas estratégias de *marketing* e também para a inteligência militar.

9. Análise e exploração avançada das informações (Allen & Chan, 2017; Colômbia, 2020; JCS, 2016; ONR, 2017; UK, 2015)

A quantidade de informações disponíveis oferece uma ótima oportunidade para quem for capaz de analisá-las. Em que pese atualmente as agências de in-

teligência estarem inundadas de dados, novos avanços em coleta, armazenamento, análise autônoma e tomada de decisão podem transformar a forma como as Forças Armadas lidam com a informação. “*Big data analytics*”, processamento de imagens, processamento linguístico, aprendizado de máquina e detecção de anomalias serão comuns e identificarão tendências mais antecipadamente do que os métodos atuais. Um exemplo é a avaliação detalhada da totalidade da superfície da Terra a todo momento. As fronteiras tradicionais entre os Estados não representarão mais barreiras para a busca e a análise de informações.

10. Aumento da conectividade: IoT (sensores e processamento) (Colômbia, 2020; JCS, 2016; NATO, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

Na realidade, uma grande massa de pessoas no mundo tem acesso à internet por meio de um dispositivo móvel, e há um grande número de sensores no ambiente cotidiano, desde ruas até o espaço, que aumenta exponencialmente, constituindo ainda o que passou a se chamar de Internet das Coisas – IoT (*Internet of Things*). Essa interconectividade cria um ambiente onde é possível manter um monitoramento constante. Os computadores também se comunicarão sem a intervenção ou o conhecimento humano. Essa conectividade será em muito ampliada com a entrada em operação da nova rede móvel 5G⁴. O armazenamento de grande quantidade de dados e o processamento local serão possíveis em dispositivos de tamanho reduzido. Atores estatais ou não estatais terão cada vez mais acesso a uma rede global de vigilância, composta por satélites, drones, radares e uma infinidade de dispositivos móveis conectados à internet.

4 <https://medium.com/businessdrops/5g-visão-geral-742c1f8d203>.

Essas tecnologias tendem a ser mais baratas do que as respectivas contramedidas, e a ocultação de forças militares será enormemente dificultada.

11. Compreensão e manipulação da opinião pública (Allen & Chan, 2017; NATO, 2017; TRADOC, 2017)

O aumento do acesso à informação por meio das redes sociais pode ser um catalizador para mobilizações. Os dados voluntariamente disponibilizados podem ser analisados por ferramentas digitais sofisticadas e permitir o entendimento detalhado do comportamento social de determinado grupo. As batalhas pelas narrativas ocorrerão em escala mundial, por meio de operações psicológicas conduzidas no mundo virtual, o qual oferece um custo político e financeiro menor do que ações no mundo físico. Ser vitorioso nos conflitos no mundo virtual antes de ações no mundo físico será imperativo, e as forças militares deverão atuar em sintonia com essa estratégia.

A dimensão virtual tende a ganhar mais importância que a dimensão física.

A inteligência artificial será fundamental para analisar essas informações e também para criá-las, gerando, por exemplo, texto, fotografias e vídeos. Tal atividade pode corroer a confiança da sociedade no que é de fato a verdade. O aspecto “ver para crer”, que serviu de importante critério para o julgamento humano, passa a ser questionável diante das novas capacidades para criar conteúdo.

12. Inteligência Artificial (Allen & Chan, 2017; Colômbia, 2020; NATO, 2017; New America, 2017; NSS, 2017; TRADOC, 2017)

A capacidade tecnológica dos humanos deve atingir novos patamares nos próximos anos, mas é a inteligência artificial que deve contribuir de forma muito mais significativa para essa evolução, particularmente no campo militar, em que sua influência é comparada ao impacto das aeronaves e dos armamentos nucleares.

Embora as principais empresas que desenvolvem inteligência artificial sejam, atualmente, sediadas nos EUA, elas operam inseridas no mercado global, com fornecedores, clientes e parceiros de todo o mundo. A inteligência artificial tem sido foco da atenção também na China, que planeja saltar etapas no desenvolvimento de tecnologias como aprendizado autônomo, sensoramento intuitivo, raciocínio abrangente, inteligência híbrida e coletiva e reconhecimento de voz e de imagens.

13. Automação (Allen & Chan, 2017; JCS, 2016; NSS, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

Os desenvolvimentos em aprendizado de máquina

levarão a maior automação de sistemas, sejam virtuais ou robóticos. Esses sistemas permitirão analisar as informações que circulam no mundo virtual ou os dados coletados pelos sensores dos robôs. O poder de decisão tende a caminhar na direção de maior autonomia para as máquinas, incluindo o uso de força letal, uma vez que a velocidade de resposta é um elemento crítico dos combates. A velocidade de engajamentos que incluem *lasers*, armas hipersônicas, ataques cibernéticos e inteligência artificial será demasiadamente alta para a capacidade de processamento humano e consequente tomada de decisão. A automação também

A influência da inteligência artificial no campo militar é comparada ao impacto das aeronaves e dos armamentos nucleares

permitirá que robôs atuem coletivamente em forma de enxames, compostos por inúmeros robôs de baixo custo unitário.

14. Sistemas robóticos como ampliadores das capacidades humanas (Allen & Chan, 2017; JCS, 2016; TRADOC, 2017)

Sistemas robóticos não têm sido usados para substituir o humano, mas para ampliar sua capacidade. Essa ampliação permitirá maior duração das missões e aumentará a letalidade dos armamentos, por exemplo. O aperfeiçoamento e a disseminação dos sensores possibilitarão o desenvolvimento de robôs miniaturizados e não detectáveis. Como a demanda comercial por esses sistemas é forte, o custo vem sendo reduzido. A eficácia desses sistemas levará a indústria de defesa a comparar o custo-benefício desses sistemas baratos com plataformas altamente complexas. Por exemplo, bilhões de minidrones poderiam ser produzidos pelo mesmo custo de uma aeronave de alto desempenho.

15. Interação humano-máquina (Colômbia, 2020; JCS, 2035; TRADOC, 2017)

A neurociência aumentou nosso conhecimento de como nosso cérebro funciona, permitindo o desenvolvimento de interfaces humano-máquina. A aceleração do aprendizado e a retenção do conhecimento têm sido propósitos de empresas comerciais, as quais terão aplicação na área militar. Espera-se maior conectividade entre o cérebro humano e os computadores e redes, o que possibilitará acesso direto a grande quantidade de dados e poder de computação. O espaço virtual será acessível por meio de implantes, e as realidades físicas e virtuais tendem a se confundir.

16. Computação quântica (JCS, 2035; TRADOC, 2017; UK, 2015)

A computação quântica ampliará a capacidade de computação e aplicações

de inteligência artificial, bem como terá um papel fundamental na segurança das comunicações, em razão de sua maior capacidade de criptografia. Todas as tecnologias que dependem de poder de computação serão impactadas pelos avanços da computação quântica.

17. Nanomateriais (Colômbia, 2020; JCS, 2016; NSS, 2017; TRADOC, 2017)

Os avanços da nanotecnologia no desenvolvimento de materiais especiais permitem a redução do tamanho e do peso, aumento da resistência, flexibilidade e fabricação de estruturas sob medida, possibilitando construir equipamentos e baterias mais confiáveis e sistemas mais integrados.

18. “Popularização” da impressão 3D (Colômbia, 2020; UK, 2015; JCS, 2016)

A proliferação da tecnologia de impressão 3D colocará ao alcance de Estados, grupos ou indivíduos capacidades antes exclusivas de potências globais. Essa tecnologia permitirá a customização em massa de objetos ou suas partes, aproveitando-se do desenvolvimento de materiais mais fortes e resistentes. Os projetos digitais de armamentos sofisticados podem cair nas mãos de terroristas ou grupos criminosos. Objetos de uso comercial poderão sofrer adaptações para uso militar. A impressão 3D também reduzirá a necessidade de longas cadeias de suprimento e da manutenção de depósitos e armazéns.

19. Bioquímica e biotecnologia: “melhoramento” humano (JCS, 2016; NATO, 2017; NSS, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

Os desenvolvimentos no campo da genética, particularmente na interpretação do genoma, vêm ocorrendo de forma acelerada. Os custos de sequenciamento caem exponencialmente. A próxima fronteira é a edição do genoma, que tem o potencial de alterar, ou mesmo criar, organismos e

manufaturar novos alimentos, químicos, drogas e materiais. A construção de partes biológicas e interfaces humano-máquina também é objeto de pesquisas e fortes investimentos. A edição do genoma humano possibilitará o aumento das capacidades cognitivas e físicas, melhorando a saúde e a expectativa de vida. As possibilidades de emprego das ciências biológicas como armamento são amplas, como a conexão do cérebro com exoesqueletos ou a construção de armas genéticas.

20. Energia: fontes e baterias (JCS, 2016; TRADOC, 2017; UK, 2015)

Combustíveis e baterias de alta *performance* tornarão viáveis as armas de energia direcionada, reduzindo seu tamanho, e aumentarão a autonomia de veículos autônomos. Armas a *laser* e de radiofrequência se tornarão mais práticas e portáteis, sendo particularmente úteis na defensiva.

Grande parte dessas tecnologias, por não ser puramente digital, demanda grandes investimentos em pesquisa e não será facilmente disseminada por atores com recursos limitados. Esse tipo de armamento oferece um contraponto à empolgação com os armamentos menores e mais baratos, pois podem representar uma drástica mudança no ambiente operacional.

21. Armas de rádio frequência e NNEMP (*Non-Nuclear Electromagnetic Pulse*) (JCS, 2016)

Esse tipo de armamento pode destruir uma série de sistemas eletrônicos em uma determinada área, sobrecarregando circuitos elétricos com um campo eletromagnético intenso. Um dispositivo dessa natureza pode ser montado em um míssil de cruzeiro, interrompendo os alvos terrestres de cima. É plausível que dispositivos mais simples e com menor alcance sejam utilizados até mesmo por grupos não estatais. As forças terão que

ser capazes de operar sem contar com equipamentos eletrônicos em caso de um ataque dessa natureza.

22. *Hypersonics* (JCS, 2016; UK, 2015)

Uma arma hipersônica viaja a *mach* 5 ou superior, o que é pelo menos cinco vezes mais rápido que a velocidade do som, em que sistemas de jatos tradicionais já não são aplicáveis. São utilizados motores do tipo *scramjet* e materiais especiais que suportam altas temperaturas. Sistemas hipersônicos aumentarão o alcance, a precisão e a letalidade da capacidade de ataques ofensivos globais. Mísseis hipersônicos permitiriam que uma nação atacasse um adversário em questão de minutos. Diferentemente dos mísseis balísticos e mais similares a mísseis de cruzeiro, essas armas são manobráveis e seus alvos são difíceis de serem previstos, o que as torna mais eficazes contra sistemas defensivos compostos por aeronaves e mísseis. Essas características podem alterar os cálculos estratégicos que ajudaram a eliminar qualquer conflito direto entre as potências nucleares.

23. Micro/nanossatélites (Colômbia, 2020; JCS, 2016; UK, 2015; USA 2020)

A contínua miniaturização da eletrônica permite o desenvolvimento de satélites com tamanho cada vez mais reduzido. Esses micro/nanossatélites são mais fáceis de construir e de colocar em órbita. Essa facilidade levará a uma proliferação de sensores e permitirá que mais nações tenham acesso ao espaço, inclusive por meio de companhias comerciais de lançamento.

24. Questões éticas e legais (Allen & Chan, 2017; GERMAN, 2016; NATO, 2017; New America, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

A comunidade internacional ainda não sabe como lidar com a guerra cibernética ou mesmo com algumas tecnologias re-

centes, como inteligência artificial, sistemas autônomos e melhoramento humano. As interpretações legais e éticas variam bastante, ocasionando vários níveis de adoção dessas tecnologias nas operações militares e receios de aderir a propostas de legislação. Por exemplo, deve-se considerar um ato de guerra uma atividade cibernética que tenta influenciar uma política nacional? Em caso de conflito, seria legal realizar um ataque cibernético em uma infraestrutura cujo dano causasse forte impacto em civis? Armas autônomas podem decidir usar força letal contra soldados humanos inimigos?

A comunidade internacional procura delinear normas para os conflitos. Os EUA, por exemplo, têm normas para restringir o uso de força letal por armas autônomas. Contudo, nem todos os estados e atores não estatais têm o mesmo padrão de conduta. A característica de rápida evolução das tecnologias digitais implica o permanente atraso da legislação. Alguns atores menos comprometidos com a legislação internacional poderão se aproveitar desse vácuo para empregar novos armamentos sem os constrangimentos éticos ou legais que alguns países possuem.

25. Recursos Humanos (Australian Government, 2020; GERMAN, 2016; JCS, 2020; NATO, 2017; New America, 2017; TRADOC, 2017; UK, 2015)

O progresso tecnológico e a digitalização exigirão cada vez mais recursos humanos especializados que compreendam as complexidades da evolução exponencial e suas consequências no emprego militar de tecnologias emergentes. As incertezas provenientes do ritmo exponencial dos desenvolvimentos tecnológicos e da forma

como os oponentes utilizarão suas novas possibilidades e a necessidade de adoção de tecnologias novas sem comprometer a interoperabilidade exigirão uma nova mentalidade e uma maneira sofisticada de abordar essas questões. As Forças Armadas dos países terão que contar com a colaboração de recursos humanos das iniciativas comerciais. A China, em particular, planeja estabelecer centros de referência mundial de desenvolvimento de inteligência artificial e de treinamento de recursos humanos.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

O Ministério da Defesa, por meio da metodologia do Sistema de Planejamento Estratégico do Ministério da Defesa (Sisped)⁵, desenvolveu estudos em que obteve resultados de visão de futuro no trabalho “Cenários de Defesa 2020-2039” (Brasil, 2017). Essa abordagem teve por finalidade “identificar fatos e situações, conjunturais e/ou estruturais, relacionados à segurança e à defesa do Brasil, cujas possíveis evoluções venham a impactar nas atribuições constitucionais e legais do Ministério da Defesa e das Forças Armadas”. Por conseguinte, as implicações para a segurança e defesa são diversas, mas, no tocante a aspectos tecnológicos, pode ser inferido que, na visão da metodologia do Sisped, o referido estudo destaca como características futuras dos conflitos a preponderância dos domínios aéreo, espacial e informacional e a influência determinante da internet e das redes sociais. Pontua, ainda, a cooperação regional como uma oportunidade e enumera dependência tecnológica e

5 A Portaria normativa nº 3.962/MD de 20 de dezembro de 2011 estabeleceu a metodologia do Sistema de Planejamento Estratégico do Ministério da Defesa (Sisped), cujo propósito é “propiciar a criação de condições futuras para a obtenção e o constante aperfeiçoamento de capacidades de defesa do Estado brasileiro”.

insegurança de sistemas de informação como principais ameaças (Brasil, 2017c).

Além disso, as Forças Armadas brasileiras sempre têm buscado avanços via parcerias junto ao setor industrial, à academia e ao governo por meio de políticas públicas. Daí a importância do Sistema Nacional de CT&I (Ciência, Tecnologia e Inovação), que, conforme a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022, pode ser entendido como:

[...] uma infraestrutura de pesquisa diversificada composta, principalmente, por grandes instalações, centros e redes integradas de P&D; laboratórios; observatórios; plantas e usinas piloto; estações e redes de monitoramento; infraestruturas de tecnologia da informação e comunicação (BRASIL, 2016a).

Com o marco legal⁶ da CT&I (Brasil, 2018), é possível usar a infraestrutura de pesquisa existente, os instrumentos de financiamento e a disponibilidade de recursos humanos em diversas áreas. Essa legislação prevê, no seu capítulo II, o estímulo à construção de ambientes especializados e cooperativos de inovação. Esse marco legal estabelece ainda que a Administração Pública brasileira deve estimular o estabelecimento de alianças estratégicas e projetos de cooperação entre empresas, Instituições de Ciência Tecnologia (ICT) e entidades privadas, visando à criação de produtos, processos e serviços inovadores, além da difusão tecnológica. Ademais, com o marco legal pode-se apoiar a criação de ambientes promotores da inovação, inclusive por

meio de subvenção econômica, com vistas ao desenvolvimento tecnológico, ao aumento da competitividade e à interação entre empresas e instituições científicas e tecnológicas. Portanto, pode ser verificada a importância das parcerias estratégicas para que se possam efetivar e capacitar as Forças Armadas, a fim de diminuir as lacunas relativas às dependências tecnológicas.

Notadamente, a MB tem por base o seu Plano Diretor⁷, que é um instrumento de apoio à tomada de decisão e, ainda, um instrumento de planejamento, execução e controle, o qual permite estabelecer as conexões entre as atividades desempenhadas e os objetivos estabelecidos na estratégia naval. O plano instrumentaliza a Marinha no presente (conjunto de projetos para manter a capacidade atual de operação da Marinha, com prazo de execução inferior a 12 meses e de baixo valor total), no amanhã (projetos de investimento de execução superior a 12 meses e de maior valor, que visam ampliar ou modernizar a capacidade atual da Marinha a médio prazo) e do futuro (projetos associados à pesquisa e ao desenvolvimento).

Outrossim, como destacado na introdução deste artigo, para além da orientação da MB no que concerne ao setor nuclear, há que se conjugar, a partir da análise das seções anteriores, outras tecnologias. Assim sendo, a partir das 25 ideias levantadas na seção anterior deste trabalho, foi possível consolidar o “Dodecágono Tecnológico” (Figura 3), que contém 12 aspectos tecnológicos críticos. O Dodecágono Tecnológico representa uma importante fotografia do momento, mas como

6 Este marco legal da CT&I no Brasil foi estabelecido pelo Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e a pesquisas científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

7 Normas para a Gestão do Sistema Diretor (SGN 101), Secretaria-Geral da Marinha, de 6 de outubro de 2009.



Figura 3 – Dodecágono Tecnológico

Fonte: Elaborado pelos autores

sua natureza é dinâmica, em razão das rápidas evoluções tecnológicas, demanda monitoramento e atualização periódicos.

Esses aspectos tecnológicos críticos podem ser sumariados do seguinte modo:

- Velocidade: Lei de Moore; convergência; digitalização, informação e *cyberspace* (internet/*cyberwar*).

- Dualidade: Integração militar com universidades e indústrias civis.

- Disseminação: arquitetura aberta; popularização de tecnologias; EUA: perda da supremacia tecnológica.

- Dados e Análise: Dados – recurso estratégico, Análise e exploração avançadas de informações; Aumento da conectividade – IoT (sensores e processamento), compreensão e manipulação da opinião pública; computação quântica.

- Automação: sistemas robóticos como ampliadores das capacidades humanas; interação homem-máquina; inteligência artificial.

- Ética e Legislação: “melhoramento” humano; emprego de armas autônomas; *cyberwar*.

- Dados e RH: nova mentalidade de RH para rápidas atualizações; capacidades específicas.

- Impressão 3D: logística; cópias e adaptações de produtos.

- Novos Materiais: nanotecnologia.

- Nano/microsatélite: Maior número de atores atuando na dimensão espacial.

- Biotec: “melhoramento” humano, alimentos etc; interação homem-máquina.

- Energia: fontes e baterias; desenvolvimento de *lasers* de alta de potência (superiores a 100 KW); armas de radio-frequência e NNEMP (*Non-Nuclear Electromagnetic Pulse*); *hypersonics*.

Por sua vez, a publicação EMA-415, do Estado Maior da Armada, que trata da Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil⁸, contém

8 Publicação do Estado Maior da Armada, EMA-415 – Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil. Brasília, DF, em 11 de setembro de 2017.

três propósitos. O primeiro é o alinhamento das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) da MB com as orientações emanadas pelos documentos condicionantes de alto nível. O segundo é orientação e coordenação de P&D de CT&I da Força para o atendimento das necessidades da Marinha do Amanhã e do Futuro. O último propósito é apresentar a Visão Estratégica de CT&I da MB a decisores, principais atores, parceiros, clientes e executores. Com relação à Marinha do Futuro, a publicação destaca que a mesma “reúne os estudos, as pesquisas, os desenvolvimentos tecnológicos, a análise da conjuntura em nível estratégico, a prospecção tecnológica e os primeiros passos para a concepção de futuros meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais, bem como os respectivos sistemas, subsistemas e suprassistemas”.

Em termos de demandas tecnológicas, considerando a referida Estratégia de CT&I da Marinha do Brasil, podem ser destacados, ainda, diversos desafios tecnológicos na referida publicação: a) busca pelo domínio científico e tecnológico em áreas sensíveis ou estratégicas de destaque para o projeto, a construção e a operação de submarinos com propulsão nuclear; b) monitoramento e controle das Águas Jurisdicionais Brasileiras e demais áreas marítimas de interesse; c) segurança e defesa cibernética; d) obtenção continuada de conhecimentos sobre os diferentes ambientes operacionais de interesse da MB; e) aprimoramento do desempenho e da higidez física e psicológica do combatente

antes, durante e depois de operações de Guerra Naval; f) capacitação para a defesa nuclear, biológica, química, radiológica e artefatos explosivos; g) superação das barreiras e limitações de acesso a tecnologias, bens e serviços de interesse para os Projetos Estratégicos da Marinha; h) incertezas inerentes ao provimento continuado de recursos humanos e financeiros para projetos de CT&I de longo prazo; e i) garantia de uma contínua e eficiente Gestão Tecnológica e do Conhecimento.

Nesta linha, diante dos aspectos tecnológicos abordados neste artigo, buscando contribuir com uma visão de futuro, foi realizada uma atividade acadêmica com as turmas do Curso de Política e Estratégia Marítima (C-PEM) da Escola de Guerra Naval (EGN)⁹, nos anos de 2018, 2019 e 2020. Essa atividade, apesar de não se tratar de um exercício de cenarização¹⁰, procurou debater questões tecnológicas relacionadas a conflitos do futuro e aproveitar a *expertise* dos alunos do C-PEM, composto por capitães de mar e guerra e coronéis do Exército e da Aeronáutica, bem como por servidores civis de Nível Superior.

Dentro do espírito acadêmico da EGN e numa perspectiva de visão de futuro para a Marinha, os professores parafrasearam o sentimento do *Lembrai-vos da Guerra!*, pensamento que está no cerne da instituição, e cunharam a frase *Imaginai-vos a Guerra!* Assim, o trabalho teve como propósito “debater aspectos tecnológicos, de forma livre e sem amarras a premissas e modos de pensar tradicionais, procurando

9 Dentre as tarefas da EGN e constantes em sua Missão, destaca-se: “Realizar pesquisa científica de interesse da Marinha, nas áreas de Defesa Nacional, Poder Marítimo, Guerra Naval e Administração, por intermédio de grupos de pesquisa autônomos ou em cooperação com centros de conhecimento e/ou órgãos de fomento à pesquisa”.

10 Vale registrar que na EGN existe um grupo de pesquisa em cenários, denominado Projeto Cenários para Defesa e Segurança – Tendências, Metodologias e Práticas, no Laboratório de Simulações e Cenários (LSC): <https://www.marinha.mil.br/spp/content/sobre-o-laboratório-de-simulações-e-cenários>.

gerar *insights* para melhor entender o futuro dos conflitos e identificar ideias que devam fazer parte das discussões na MB”.

No método aplicado, houve uma orientação inicial, em que os professores recomendaram um estudo individual de uma vasta literatura para posterior realização de debates numa dinâmica de grupo. Fundamentadas nas pesquisas individuais e na *expertise* profissional de 16 oficiais-alunos do C-PEM, as discussões totalizaram 20 horas. Em que pese as 25 ideias, anteriormente mencionadas, e o Dodecágono Tecnológico não terem sido previamente apresentados aos alunos, a fim de não cercear a criatividade, os resultados dos trabalhos finais convergiram na mesma direção, indicando que o Dodecágono Tecnológico possui solidez para fundamentar a elaboração de outros estudos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após um panorama geral acerca da velocidade da evolução tecnológica nos dias de hoje e da questão da dualidade encontrada entre os desenvolvimentos de produtos civis e militares, pode-se ressaltar 12 aspectos tecnológicos que estão em plena evidência em documentos internacionais e que impactam a guerra do futuro.

A convergência tecnológica tem modificado o ambiente dos conflitos, valendo pontuar o espaço e o ciberespaço. No espaço, o acesso tem sido facilitado, particularmente em razão da miniaturização (tornando os objetos mais leves) e da reutilização de foguetes lançadores (redução expressiva de custos). Como consequência, cada vez mais cresce a relevância do espaço para as atividades humanas, em especial para as atividades militares, o que pode ser ilustrado pela criação da Space Force pelos EUA. Outro fator crítico contemporâneo é o

desenvolvimento da rede de comunicação móvel 5G, a qual possibilitará uma conectividade intensa entre pessoas e dispositivos (incluindo micro/nanossatélites), facilitando a comunicação, mas também abrindo possibilidades ainda maiores para a guerra cibernética. Em sintonia com o aumento da conectividade, o domínio da informação e do espaço cibernético se torna cada vez mais crítico nas disputas de poder, aumentando o número de forças estatais dedicadas à guerra cibernética. A dimensão cibernética envolve a atuação integrada de vários órgãos, civis e militares, além de empresas civis, cada um com atribuições específicas. Dessa forma, o modelo mais provável para emprego no espaço cibernético normalmente será o de ambiente interagências.

Merece destaque também a necessidade de um ecossistema de negócios que facilite as parcerias entre governo, empresas e academia, a tríade conhecida por *tríplice hélice*. Além disso, a dualidade dos produtos de empresas civis, particularmente de *startups* que não nascem necessariamente com a intenção de desenvolver produtos com aplicação militar, é uma oportunidade ainda a ser explorada e incentivada pelo Estado brasileiro em termos de estratégias de CT&I.

O Dodecágono Tecnológico destaca a multidisciplinaridade e a convergência das tecnologias das dimensões física, digital e biológica. Dentre os 12 aspectos tecnológicos levantados, vale destacar que nem todos são diretamente relacionados às ciências da engenharia e da computação. Velocidade, Dualidade, Disseminação, Éticas e Leis e RH são aspectos necessários para uma compreensão abrangente a respeito do desenvolvimento e emprego de qualquer tecnologia em possíveis conflitos.

Diante desse ambiente complexo, talvez o fator de maior relevância seja

a formação e o aperfeiçoamento dos recursos humanos. Assim, na educação básica é fundamental que os saberes sejam desenvolvidos em currículos cujos aprendizados podem ser baseados em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (movimento educacional estadunidense denominado de STEM – *Science, Technology, Engineering and Mathematics*), no qual os assuntos são integrados, numa abordagem interdisciplinar e inovadora, conjugados a outras áreas do conhecimento humano. Na educação superior, os estudantes devem estar preparados para os permanentes desafios econômicos, sociais e tecnológicos por meio de uma educação continuada. Os militares devem estar preparados para conflitos ainda não claramente delineados.

Desse modo, expandiram-se as ideias relacionadas à expressão científico-tecnológica, tratadas nos documentos de alto nível, de modo a oferecer um referencial para o acompanhamento de aspectos tecnológicos-chave, cabendo ressaltar que o Dodecágono Tecnológico deve ser entendido como uma fotografia do momento, necessitando ser continuamente atualizado de acordo com a dinâmica da evolução tecnológica. A identificação e o monitoramento desses aspectos podem contribuir para que os interessados em assuntos de Defesa, especialmente formuladores de políticas públicas, militares, a indústria e a academia, possam aperfeiçoar visões e estratégias conjugando tecnologia e defesa.

 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<GUERRAS>; Defesa; Preparo para a Guerra;

REFERÊNCIAS

- Allen, G., & Chan, T. *Artificial Intelligence and National Security*. Report. Harvard Kennedy School, Harvard University. Boston, MA, 2017.
- Adams, Eric. *US Fighter Jets Are Getting the Laser Cannons They've Always Deserved*, Wired, November 28th, 2017.
- Australian Government. 2020 Defence Strategic Update. 2020.
- Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022). 2016a. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.
- _____. Ministério da Defesa. Estratégia Nacional de Defesa. 2016a. Documento em tramitação no Congresso. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/noticias/29093-minutas-do-livro-branco-da-pnd-eda-end-estao-disponiveis-para-leitura>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- _____. _____. Política Nacional de Defesa. 2016b. Documento em tramitação no Congresso. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/noticias/29093-minutas-do-livro-brancoda-pnd-e-da-end-estao-disponiveis-para-leitura>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- _____. _____. Cenários de Defesa 2020-2039. Sumário Executivo/Ministério da Defesa. Assessoria Especial de Planejamento. Brasília. 2017.
- Brose, Cristian. “The New Revolution in Military Affairs”, *Foreign Affairs*, May/June 2019. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2019-04-16/new-revolution-military-affairs>. Acesso em: 16 jul. 2020.

- Colômbia. Plan de Desarrollo Naval 2042, Armada de Colômbia, 2020.
- Conger, Kate. *Google Is Helping the Pentagon Build AI for Drones*, Gizmodo. Disponível em: <https://gizmodo.com/google-is-helping-the-pentagon-build-ai-for-drones-1823464533>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- Day, G.S.; Schoemaker, P.J.H. *Wharton on managing emerging technologies*. New York, John Wiley, 2000. ePub, n.d.
- Duriau, Vincent J.; Reger, Rhonda K., and Pfarrer, Michael D. *A content analysis of the content analysis literature in organization studies: Research themes, data sources, and methodological refinements*. *Organizational research methods* 10.1 (2007): 5-34.
- Financial Times. “Drone swarms vs conventional arms China’s military debate”, August 24, 2017.
- Future of Life Institute (FLI). *Open Letter on Autonomous Weapons*, July 28, 2015.
- GOVINI. *The National Security Innovation Base: Investments in the Fourth Industrial Revolution*, 30 jan. 2018.
- German Government. White-Paper 2016: On German Security Policy and the Future of the Bundeswehr, 2016.
- Harari, Yuval Noah. *Homo Deus: Uma breve história do amanhã*. Editora Companhia das Letras, 2016. ePub, n.d.
- JCS. *Developing Today’s Joint Officers for Tomorrow’s Ways of War*, USA, 2020.
- JCS. *Joint Operating Environment 2035: The Joint Force in a Contested and Disordered World*, Washington, 2016.
- Lundquist, Edward H. “In the Search of the Standard Answer”, *Proceedings*, 2014.
- Moore, Gordon. “Cramming more components onto integrated circuits”, *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965.
- Metz, Cade. “Pentagon Wants Silicon Valley’s Help on A.I.”, *New York Times*, 15 de março de 2018. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/03/15/technology/military-artificial-intelligence.html>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- NATO. Strategic Foresight Analysis, Report 2017.
- New America. *A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan* (China), July 2017.
- Oliveira, J.C.C.; Almeida, Nival Nunes; Wadovski, R.C.B. “Inovação no Acesso à Tecnologia: oportunidades para as Forças Armadas”. *Revista Marítima Brasileira*, v. 138, p. 84-93, 2018.
- ONR. Naval Research and Development Framework, Arlington, VA, July 2017.
- ONR. Addendum to Naval Research and Development Framework, VA, July 2017.
- PPLWARE. EUA lançam “Sea Hunter”, um navio-drone que dispensa tripulação, February 4, 2018.
- Schwab, Klaus. “The Fourth Industrial Revolution”, World Economic Forum, 2016.
- The Economist. “Drones and guerrilla warfare Home-made drones now threaten conventional armed forces”, February 8, 2018.
- The Economist. “Military robots are getting smaller and more capable”, December 14th, 2017.
- The Economist. “Quantum leaps”, March 11, 2017.
- TRADOC. The Operational Environment and the Changing Character of Future Warfare, July 2017.
- UK. Future Operating Environment 2035, December 2015.
- United Nations. Perspectives on Lethal Autonomous Weapon Systems, United Nations Office for Disarmament Affairs (Unoda), November 30, 2017.
- USA. Defense Space Strategy Summary, 2020.
- USA. Establishment of Algorithm Warfare Cross-Functional Team (Project Maven). Deputy Secretary of Defense, Washington, April 26, 2017a.
- USA. National Security Strategy, December 2017b.
- Salim, Ismail. *Exponential Organizations*. Diversion Books, 2014. ePub, n.d.
- Schoemaker, P.J. *Profiting from uncertainty*. New York, NY, Free Press, 2002. ePub, n.d.
- Shapiro, Carl; Varian, Hal R.: *Information Rules*. Boston: HBSP, 1999. ePub, n.d.

- Strachan, David R. *Forward... From the Seabed?*, Center for International Maritime Security, 13 mar. 2018. Disponível em: <http://cimsec.org/forwardfrom-the-seabed/35823>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- Tegmark, Max. *Life 3.0 – Being Human in the Age of Artificial Intelligence*, Alfred A. Knopf (2017). ePub, n.d.
- Thiel, Peter. *Zero to One: Notes on Startups, or How to Build the Future*, Pretoria Books, 2016. ePub, n.d.
- Time. “The accelerating pace of change and exponential growth in computing power will lead to the Singularity”. *Time Magazine*, 2011. Disponível em: <http://content.time.com/time/interactive/0,31813,2048601,00.html>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- Valor. “China Avança Rapidamente no Uso Militar de IA”, 30 de novembro de 2017.
- WEF. Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact, Survey Report, September 2015.
- WEF. The Global Risks Report 2018, 13th Edition.