

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ESTRATÉGICOS INTERNACIONAIS**

**THIAGO BORNE FERREIRA**

**TECNOLOGIA, GUERRA E CAPACIDADES MILITARES:  
SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA NO SÉCULO XXI**

Porto Alegre

2017

**THIAGO BORNE FERREIRA**

**TECNOLOGIA, GUERRA E CAPACIDADES MILITARES:  
SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA NO SÉCULO XXI**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Estudos Estratégicos Internacionais.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Chaves Cepik

Porto Alegre

2017

CIP - Catalogação na Publicação

Ferreira, Thiago Borne  
Tecnologia, guerra e capacidades militares:  
sistemas robóticos e desenho de força no século XXI /  
Thiago Borne Ferreira. -- 2017.  
184 f.

Orientador: Marco Aurélio Chaves Cepik.  
Coorientador: Salvador Ghelfi Raza.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas,  
Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos  
Internacionais, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Robótica. 2. Sistemas robóticos militares. 3.  
Desenho de força. 4. Projeto de força. 5. Inteligência  
artificial. I. Cepik, Marco Aurélio Chaves, orient.  
II. Raza, Salvador Ghelfi, coorient. III. Título.

**THIAGO BORNE FERREIRA**

**TECNOLOGIA, GUERRA E CAPACIDADES MILITARES:  
SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA NO SÉCULO XXI**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Estudos Estratégicos Internacionais.

Aprovada em: Porto Alegre, 14 de agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Marco Aurélio Chaves Cepik - Orientador  
UFRGS

---

Prof. Dr. Salvador Ghelfi Raza - Coorientador  
NDU

---

Profa. Dra. Mônica Herz  
PUC-Rio

---

Prof. Dr. Érico Esteves Duarte  
UFRGS

*Dedicado à memória de Ivo T. Borne.*

## AGRADECIMENTOS

Engana-se quem pensa que escrever uma tese é um trabalho individual. Pelo contrário: é um esforço que envolve uma série de pessoas. O doutorado não é apenas uma empreitada intelectual, mas uma prova de resiliência emocional, na qual o suporte de familiares, amigos e professores é fundamental. Ao longo de minha formação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), tive o privilégio de conviver com indivíduos que não apenas me inspiraram a seguir na Academia, mas me incentivaram quando nem eu mesmo acreditava que conseguiria completar a jornada. A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este e outros trabalhos fossem realizados, meu muito obrigado.

A conclusão desta tese só foi possível graças ao apoio de minha família. Mãe, serei direto: obrigado. Se realizei alguma coisa nestes trinta anos, foi somente porque tive em casa todo o suporte espiritual e material que precisei. Pelo seu exemplo, entendo cada vez melhor o que é amar. Isa, minha admiração por ti cresce todos os dias. Tenho muito orgulho de ser seu irmão e de poder acompanhar o seu crescimento. Vô, quanta saudade! Esta tese é dedicada à sua memória. Amo muito vocês.

Luiza, sem o seu carinho e suporte nada disto seria possível. Obrigado por me incentivar a ser sempre melhor. Obrigado por me acompanhar na aventura que foi viver fora do Brasil. Obrigado por compartilhar minhas conquistas e minhas angústias. Temos uma vida inteira pela frente. Te amo.

Obrigado Ângela Bulhões, Alexandre Olmedo e Álvaro Olmedo pelo carinho e pela torcida. Vocês são minha segunda família.

Prof. Marco Cepik, mais do que um mentor, você foi sempre um exemplo para mim. Nem todas as pessoas têm a sorte e o prazer de trabalhar com você. Agradeço não apenas pela orientação, mas por todas as oportunidades proporcionadas durante minha graduação, mestrado e doutorado. Obrigado por acreditar e confiar em meu trabalho. Obrigado por me instigar pessoal, profissional e intelectualmente. Acima de tudo, obrigado pela amizade e pelo carinho. Tenho certeza de que ainda temos muito a conquistar juntos!

Prof. Salvador Raza, trabalhar com o senhor foi uma das experiências mais engrandecedoras e desafiadoras de meu doutorado. Só tenho a agradecer pela oportunidade e, acima de tudo, pela sua disposição em me receber e orientar nos Estados Unidos. Este trabalho não seria o mesmo sem o seu suporte e orientação. Sou muito grato por tudo.

Aos colegas do Centro de Estudos Internacionais sobre Governo (CEGOV) e da “Equipe Cepik”, em especial aos queridos Matheus Hoscheidt, Dionatha Moreira e Júlia Rosa, agradeço pela amizade, pelo comprometimento e pela dedicação. Agradeço também aos camaradas de dentro e de fora da UFRGS, Ana Júlia Possamai, Bruno Sivelli, Christiano Ambros, Giovanna Kuele, Lucas Rezende, Marcelo Kanter, Marjorie Stadnik, Pedro Marques, e Thomaz Santos pela amizade e companheirismo. À querida Aline Hellmann, agradeço não apenas pela amizade, pelo carinho e pela confiança, mas pela oportunidade de contribuir para o desenvolvimento da educação no país.

Ao amigo Diego Canabarro, exemplo acadêmico e profissional, obrigado pela camaradagem e pelo suporte ao longo de toda a jornada. É uma honra trabalhar com você e poder contar não apenas com sua amizade, mas com a sua orientação. Esta tese deve muito àquilo que construímos juntos.

Ao amigo Fabrício Ávila, agradeço pelo carinho, pela confiança e, acima de tudo, pelo exemplo. Poucas pessoas são tão capazes e ao mesmo tempo tão humildes quanto você. Sua dedicação me inspira todos os dias.

Ao amigo Tiago Estivallet, companheiro querido, obrigado pelo incentivo e por partilhar comigo todas as venturas e desventuras da Academia. Seguimos juntos, camarada! Conta sempre comigo, onde quer que você esteja.

À querida Maria da Graça Pinto Bulhões, obrigado pelo carinho e pelo incentivo. Jamais conheci alguém com tanto amor pela docência. Seu exemplo e suporte foram fundamentais para a minha escolha pela Academia.

I wish to express my gratitude to the whole William J. Perry Center for Hemispheric Defense Studies staff for the support throughout my stay in the United States. Mark Wilkins, Jeffrey Murphy, Scott Tollefson and Robert Alvaro, thanks for having me at the National Defense University and for supporting my research. Liliana Besosa, your

commitment and professionalism is inspiring. Thank you for all the help throughout my stay and more importantly thank you for your friendship.

Amanda Zeitler and Seth Rosenke, the best roommates one could ever have, I miss you so much. My American experience would not have been the same without you. Thanks for the support and inspiration, and thanks for making me feel at home in a foreign and sometimes weird land. You are family now. Please come visit soon.

Panka Bencsik, Sarah Quain, and Huckleberry, dearest neighbors, your friendship is among the most precious things I acquired in Washington. Thanks for being there whenever I needed and thanks for sharing so many adventures with me. I could not be more grateful for everything we experienced together and I cannot wait to see you again.

À Fulbright Brasil, especialmente Camila Menezes e Carolina Martins, muito obrigado pela oportunidade de participar do programa e pelo suporte institucional. Aos amigos e colegas Fulbrighters, Fernando Carlucci, William Kirsch, Tito Grillo, Lauro Quadrado, Luciana Silveira e Diego Moraes, obrigado pelo companheirismo nos Estados Unidos.

Patota – Alexandre Buss, André Markus, André Ribeiro, Diego França, Felipe Pretto, Rafael Mascolo, e Rafael Picon –, vocês seguem comigo onde eu estiver, assim como os amigos Gabriel Zucarelli, Gustavo Serafim, e João Cláudio Frankenberg.

Obrigado aos colegas, alunos e amigos da Univates por acreditarem e confiarem em meu trabalho.

Agradeço também ao suporte oferecido pelas agências de fomento, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financiaram esta pesquisa.

Finalmente, agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial àqueles vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais (PPGEEI/UFRGS), pelo ensino público, gratuito e de qualidade. Parafraseando uma amiga, honraremos esses ideais mesmo em tempos *temerosos*.

## **RESUMO**

Nunca antes na história os seres humanos conviveram com tantos robôs. Nesse contexto, a intensificação do processo de robotização militar está intimamente relacionada à emergência da Era Digital e à digitalização das forças armadas – entendida como a utilização acelerada de TIC para o desempenho de funções militares tradicionais. Apenas nos Estados Unidos, mais de trinta sistemas estão em desenvolvimento e/ou em operação neste momento. Estima-se que o país detenha mais de vinte mil robôs capazes de operar em terra, no mar e no ar. Este trabalho dedica-se ao estudo amplo do processo de robotização das forças armadas. Mais especificamente, o trabalho busca cumprir dois objetivos principais. O primeiro está relacionado à necessidade de compreender a relação entre guerra e tecnologia na Era Digital. O segundo objetivo da tese é verificar de que forma as forças armadas lidam com a incorporação desses sistemas na atualidade. Para tanto, o trabalho utiliza um modelo desenvolvido para auxiliar no planejamento e na análise de capacidades militares conhecido como “desenho de força”. A pesquisa foi baseada, mas não está restrita, ao estudo de caso dos Estados Unidos, a partir do qual busca-se oferecer ao leitor lições derivadas da experiência estadunidense.

**Palavras-chave:** Robótica. Sistemas robóticos militares. Desenho de força. Projeto de força. Inteligência artificial. Capacidade estatal. Estados Unidos.

## **ABSTRACT**

Humans have never lived with so many robots. In this context, the intensification of military robotization is closely related to the emergence of the Digital Age and to the digitization of the armed forces – understood as the accelerated use of ICT to perform traditional military functions. In the United States, more than thirty systems are currently under development and/or operating. It is estimated that the country has more than twenty thousand robots capable of operating on land, at sea and in the air. This work is therefore dedicated to the broad study of military robotization. More specifically, it seeks to fulfill two main objectives. The first one is related to the need to understand the relationship between war and technology in the Digital Age. The second objective of the thesis is to verify how the military has been dealing with the incorporation of such systems. In order to do so, the dissertation uses a model developed to aid in the planning and analysis of military capabilities known as “force design”. It draws from, but is not limited to, studying the case of the United States, from which the dissertation intends to derive broader lessons applicable to other contexts.

**Keywords:** Robotics. Military robots. Force design. Artificial intelligence. State capacity. United States.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 - Motor a Jato .....  | 33  |
| Figura 2 - Evolução do Tamanho das Forças Armadas dos Estados Unidos 1985-201577 |     |
| Figura 3 - Controle Reativo .....  | 83  |
| Figura 4 - Controle Deliberativo .....   | 84  |
| Figura 5 - Controle Híbrido .....  | 85  |
| Figura 6 - Controle Baseado em Comportamento.....                                | 86  |
| Figura 7 - TALON 300 (Foster-Miller/QinetiQ).....                                | 89  |
| Figura 8 - Componentes de UAS .....  | 92  |
| Figura 9 - Modelo de Comando para Robótica de Enxame .....                       | 100 |
| Figura 10 - Constructo de Capacidades.....                                       | 116 |
| Figura 11 - Propicere: Cenários e Processos.....                                 | 120 |
| Figura 12 - Renovatio: Predição Normativa e Alocação Dinâmica de Recursos.....   | 121 |
| Figura 13 - Mapa Conceitual: Desenho de Força.....                               | 122 |
| Figura 14 - Recorte do Constructo de Capacidades A: Componentes de Força.....    | 123 |
| Quadro 1 - Detenção, Emprego e Desenvolvimento de UAS Armados .....              | 124 |
| Quadro 2 - Status dos Sistemas 2009/2016.....                                    | 126 |
| Figura 15 - Sistemas Robóticos nos Estados Unidos (2016) .....                   | 126 |
| Figura 16 - Recorte do Constructo de Capacidades B: Conceitos de Emprego.....    | 135 |
| Figura 17 - Recorte do Constructo de Capacidades C: Fatores Reguladores .....    | 148 |

## LISTA DE ACRÔNIMOS E ABREVIações

|        |  |   |
|--------|--|---|
| A2AD   | Anti-Acesso e Negação de Área                              | Anti-Access and Area Denial                                 |
| AI     | Inteligência Artificial                                    | Artificial Intelligence                                     |
| ARPA   | Agência de Projetos de Pesquisa Avançada                   | Advanced Reserach Projects Agency                           |
| C3I    | Comando, Controle, Comunicação e Inteligência              | Command, Control, Communications and Intelligence           |
| CBRNe  | Artefatos Biológicos, Explosivos, Químicos e Radioativos   | Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives |
| CDT    | Terminal de Controle de Dados                              | Control Data Terminal                                       |
| CIS    | Sistemas de Comunicação e Informação                       | Communication and Information Systems                       |
| CONOPS | Conceito de Operações                                      | Concept of Operations                                       |
| DARPA  | Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa         | Defense Advanced Reserach Projects Agency                   |
| DOD    | Departamento de Defesa dos Estados Unidos                  | United States Department of Defense                         |
| GPS    | Sistema de Posicionamento Global                           | Global Positioning System                                   |
| HUMINT | Inteligência Humana  | Human Intelligence  |
| HVI    | Indivíduo de Alto Valor                                    | High Value Individual                                       |
| IED    | Artefatos Explosivos Improvisados                          | Improvised Explosive Device                                 |
| ISR    | Inteligência, Monitoramento e Reconhecimento               | Intelligence, Surveillance and Reconnaissance               |
| LAR    | Robôs Autônomos Letais                                     | Lethal Autonomous Robots                                    |
| ONU    | Organização das Nações Unidas                              | United Nations  |
| RMA    | Revolução nos Assuntos Militares                           | Revolution In Military Affairs                              |
| SIGINT | Inteligência de Sinais                                     | Signals Intelligence  |
| STANAG | Acordos de Padronização                                    | Standardisation Agreements                                  |
| TCP/IP | Protocolo De Controle De Transmissão/Protocolo De Internet | Transmission Control Protocol/Internet Protocol             |
| TIC    | Tecnologias da Informação e                                | Information and Communication                               |

|        | Comunicação                         | Technologies                |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------|
| UAC    | Sistema de Controle do UAV          | UAV Control System          |
| UAS    | Sistema Robótico Aéreo              | Unmanned Aerial System      |
| UAV    | Veículo Aéreo Não-Tripulado         | Unmanned Aerial Vehicle     |
| UGS    | Sistema Robótico Terrestre          | Unmanned Ground System      |
| UGV    | Veículo Terrestre Não-Tripulado     | Unmanned Ground Vehicle     |
| USAF   | Força Aérea Dos Estados Unidos      | United States Air Force     |
| USNAVY | Marinha dos Estados Unidos          | United States Navy          |
| USS    | Sistema de Superfície Não-Tripulado | Unmanned Surface System     |
| UUS    | Sistema Robótico Submarino          | Unmanned Underwater System  |
| UUV    | Veículo Naval Não-Tripulado         | Unmanned Underwater Vehicle |
| VDT    | Terminal Veicular de Dados          | Vehicle Data Terminal       |

## SUMÁRIO

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                  | <b>14</b>  |
| <b>2</b>     | <b>TECNOLOGIA E GUERRA AO LONGO DA HISTÓRIA .....</b>    | <b>22</b>  |
| 2.1          | A NATUREZA DA TECNOLOGIA.....                            | 22         |
| 2.2          | TECNOLOGIA E GUERRA: DA PEDRA LASCADA AO COMPUTADOR..... | 35         |
| 2.3          | GUERRA NA ERA DIGITAL .....                              | 49         |
| <b>2.3.1</b> | <b>O Ciber e a Internet das Coisas.....</b>              | <b>57</b>  |
| <b>2.3.3</b> | <b>Big Data .....</b>                                    | <b>58</b>  |
| <b>2.3.4</b> | <b>Nanotecnologia.....</b>                               | <b>60</b>  |
| <b>2.3.5</b> | <b>Armas de Energia Direta .....</b>                     | <b>62</b>  |
| <b>2.3.6</b> | <b>Sistemas Espaciais .....</b>                          | <b>63</b>  |
| <b>2.3.7</b> | <b>Melhoramento Humano .....</b>                         | <b>64</b>  |
| <b>2.3.8</b> | <b>Robótica e Inteligência Artificial .....</b>          | <b>66</b>  |
| 2.4          | CONCLUSÕES PARCIAIS.....                                 | 67         |
| <b>3</b>     | <b>SISTEMAS ROBÓTICOS MILITARES .....</b>                | <b>70</b>  |
| 3.1          | HISTÓRIA DA ROBÓTICA MILITAR .....                       | 70         |
| 3.2          | ROBÓTICA, CONTROLE, E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....       | 79         |
| <b>3.2.1</b> | <b>Controle Reativo .....</b>                            | <b>83</b>  |
| <b>3.2.2</b> | <b>Controle Deliberativo .....</b>                       | <b>83</b>  |
| <b>3.2.3</b> | <b>Controle Híbrido .....</b>                            | <b>84</b>  |
| <b>3.2.4</b> | <b>Controle Baseado em Comportamento .....</b>           | <b>85</b>  |
| 3.3          | SISTEMAS ROBÓTICOS MILITARES .....                       | 88         |
| <b>3.3.1</b> | <b>Autonomia .....</b>                                   | <b>94</b>  |
| <b>3.3.2</b> | <b>Robótica de Enxame .....</b>                          | <b>98</b>  |
| <b>3.3.3</b> | <b>Relacionamento Homem-Robô.....</b>                    | <b>102</b> |
| 3.4          | CONCLUSÕES PARCIAIS.....                                 | 106        |

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>4</b>     | <b>SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA .....</b> | <b>109</b> |
| 4.1          | CAPACIDADES MILITARES .....                        | 109        |
| 4.2          | DESENHO DE FORÇA .....                             | 114        |
| 4.3          | ROBOTIZAÇÃO E DESENHO DE FORÇA .....               | 123        |
| <b>4.3.1</b> | <b>Robotização x Componentes de Força.....</b>     | <b>123</b> |
| <b>4.3.2</b> | <b>Robotização x Conceitos de Emprego .....</b>    | <b>135</b> |
| <b>4.3.3</b> | <b>Robotização x Fatores Reguladores.....</b>      | <b>148</b> |
| 4.4          | CONCLUSÕES PARCIAIS.....                           | 151        |
| <br>         |  |            |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO.....</b>                              | <b>154</b> |
| 5.1          | COMPONENTES DE FORÇA .....                         | 156        |
| 5.2          | CONCEITOS DE EMPREGO .....                         | 157        |
| 5.3          | FATORES REGULADORES .....                          | 158        |
| <br>         |  |            |
|              | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                            | <b>163</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

“[...] ei-lo entre os foles, afansoso,  
suarento. Uma vintena de trípodes bem-  
-lavradas para o paço forjava, adornando-o  
em torno ao saguão; rodas de ouro aos pés lhes pôs  
a fim de que, por moto próprio, entrassem na ágora  
dos deuses e, depois voltassem-lhe à morada,  
maravilha de se ver. Estavam quase prontas.  
Só faltavam as asas dedáleas [...]”

Homero, *Iliada*, 18.370<sup>1</sup>

Robôs têm povoado a imaginação dos homens desde tempos remotos. O lendário poeta grego Homero, por exemplo, conta que das profundezas do Monte Etna, Hefesto comandava criaturas mecânicas capazes de se locomover ao Olimpo por conta própria, levando consigo armas e armaduras para os deuses. Quase três milênios depois, robôs deixaram de ser apenas um conceito abstrato e passaram a integrar o dia-a-dia de milhares de pessoas. Hoje, enquanto um Roomba<sup>2</sup> faxina a casa de um sujeito em Washington, drones<sup>3</sup> sobrevoam o Afeganistão, o Iraque e a Somália, enviando informações em tempo real para bases localizadas a centenas de quilômetros de distância, no meio-oeste dos Estados Unidos.

Esta tese não trata dos trípodes da mitologia de Homero ou dos robôs imortalizados nas obras de ficção científica de mestres contemporâneos como Isaac Asimov<sup>4</sup>, Arthur Clarke<sup>5</sup>, William Gibson<sup>6</sup>, e tantos outros que levaram às massas – seja por meio da literatura, seja por meio do cinema – a ideia de que em breve produziremos

<sup>1</sup> HOMERO. *Iliada de Homero*. Tradução de Haroldo de Campos. São Paulo: Arx, 2002. v. 2, p. 251.

<sup>2</sup> O Roomba é um aspirador de pó robótico desenvolvido pela empresa estadunidense iRobot. O sistema está disponível no mercado desde 2002.

<sup>3</sup> Drone é um termo inglês usado originalmente para se referir a sistemas robóticos aéreos.

<sup>4</sup> Isaac Asimov (1919-1992) foi um escritor de ficção-científica norte-americano. Asimov é considerado um dos mais influentes autores de todos os tempos. Sua obra cunhou um conjunto de proposições normativas para regular a convivência de homens e robôs, as chamadas Leis da Robótica: (1) “um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal”; (2) “um robô deve obedecer as ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei”; e (3) “um robô deve proteger sua própria existência desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira e/ou a Segunda Lei”.

<sup>5</sup> Arthur Clarke (1917-2008) foi um escritor de ficção-científica britânico e um dos responsáveis pelo roteiro do filme dirigido por Stanley Kubrik *2001: Uma Odisseia no Espaço* (1968).

<sup>6</sup> William Gibson (1948-) é um escritor de ficção-científica norte-americano, conhecido principalmente por ser um dos fundadores do gênero cyberpunk. Gibson cunhou e popularizou o termo “ciberespaço” nas obras *Burning Chrome* (1982) e *Neuromancer* (1984).

criaturas artificiais capazes de pensar e agir por conta própria. Ainda assim, este trabalho não existiria se não fosse a influência dessas pessoas sobre a cultura pop e, sobretudo, sobre a ciência. Da mesma forma, esta tese tampouco existiria sem o trabalho de pioneiros da microcomputação, da computação em redes, e da Internet, como Alan Turing<sup>7</sup>, John von Neumann<sup>8</sup>, Paul Baran<sup>9</sup>, Vinton Cerf<sup>10</sup>, entre outros. Naturalmente, o trabalho também deve tributo a cientistas políticos, sociólogos, filósofos, militares, antropólogos e a uma infinidade de pessoas cujo trabalho contribuiu, de alguma maneira, para os avanços técnico-científicos dos quais desfrutamos hoje.

A referência a todos esses nomes não é à toa. A obra desses sujeitos, tomada em conjunto, molda a forma com a qual se interpreta aquilo que convencionalmente chamamos de Era Digital. A Era Digital pode ser entendida como a incorporação de acervos e fluxos informacionais nas organizações e processos políticos, servindo, inclusive, como fonte para a construção de capacidades de poder e de inovação (ARTURI; CEPIK 2011). Ainda que essa não seja uma característica exclusiva da Era Digital, o período é marcado pela estruturação e condução desses acervos por meio de tecnologias da informação e da comunicação (TIC). Naturalmente, a Era Digital perpassa e influencia todos os aspectos da vida em sociedade e, por isso, afeta

---

<sup>7</sup> Alan Turing (1912-1954) foi um cientista britânico e um dos pioneiros da computação. Seu trabalho influenciou não apenas o desenvolvimento dos primeiros computadores, mas também o estudo da inteligência artificial. Em 1950, Turing publicou o artigo intitulado *Computing Machinery and Intelligence*, no qual questiona a capacidade de máquinas pensarem, ou, nas palavras do próprio autor, vencerem o “jogo da imitação”. O artigo introduziu o chamado Teste de Turing, cujo objetivo é verificar a capacidade de uma máquina exibir comportamento inteligente equivalente ou indistinguível do comportamento humano. No exemplo ilustrativo original, o teste funciona da seguinte forma: um sujeito deve descobrir, a partir de uma conversa entre um humano e uma máquina, qual dos dois é o computador. Cada um dos participantes está isolado, e a comunicação entre eles ocorre indiretamente, através de teclados e monitores. O computador foi projetado para emular respostas indistinguíveis das de seu interlocutor. Se o sujeito não for capaz de distinguir com segurança a máquina do humano, diz-se que a máquina passou no teste.

<sup>8</sup> John von Neumann (1903-1957) foi um matemático húngaro-americano. Dentre as suas contribuições para a ciência, destaca-se a aplicação da computação para a resolução de problemas matemáticos e contribuições para a chamada teoria dos jogos. Na década de 1940, von Neumann trabalhou no Projeto Manhattan, e, mais tarde, foi consultor da RAND Corporation.

<sup>9</sup> Paul Baran (1926-2011) foi um engenheiro da RAND Corporation e um dos responsáveis pelo desenvolvimento das primeiras redes de computadores. Ele ficou conhecido especialmente pelo desenvolvimento da comutação de pacotes, o método de comunicação de dados que permite o compartilhamento de informação digital entre computadores e que, conseqüentemente, fundamenta a existência da Internet.

<sup>10</sup> Vinton Cerf (1943-) é considerado um dos fundadores da Internet. Nas décadas de 1970 e 1980, Cerf esteve envolvido com o desenvolvimento da ARPANet e do protocolo TCP/IP.

também a forma com a qual os Estados – talvez a organização político-social mais complexa – se estruturaram.

Nesse sentido, as últimas décadas têm registrado um aumento significativo na produção acadêmica relativa às respostas dos Estados para as chamadas “novas ameaças” no campo dos Estudos Estratégicos e das Relações Internacionais. O pós-Guerra Fria trouxe consigo mudanças importantes na arquitetura de poder do sistema internacional e na forma com a qual os Estados se relacionam entre si, com outros atores do sistema, e com os seus cidadãos. Grande parte dessas mudanças foi ocasionada – ou, no mínimo, catalisada – justamente pelo advento da Era Digital. A penetração acelerada de tecnologias da informação e da comunicação (TIC) em todas as esferas da sociedade e o processo de digitalização daí decorrente puseram em evidência a necessidade de questionar algumas das atividades nucleares dos Estados, como a taxação e a guerra (TILLY, 1985), à luz dos novos tempos. Nesse sentido, os últimos anos foram marcados pela disseminação de conceitos e de práticas vinculadas aos chamados governo e comércio eletrônicos, à governança da Internet, à segurança cibernética, etc. Além disso, entraram em evidência também discussões sobre o uso de robôs para execução de uma gama cada vez mais extensa de atividades civis e militares.

Não é a primeira vez que atividades tradicionalmente desempenhadas por seres humanos são delegadas para máquinas. Se o processo de robotização teve início apenas na segunda metade do século XX, desde a Pré-História buscamos formas de facilitar nosso trabalho, seja pelo emprego de ferramentas, seja pelo uso de animais, por exemplo. Não obstante, nunca antes tantos robôs conviveram com humanos. Para se ter uma ideia, apenas nos Estados Unidos, mais de trinta sistemas estão em desenvolvimento e/ou em operação no momento de redação desta tese. Estima-se que o país detenha mais de vinte mil robôs capazes de operar em terra, no mar e no ar (SINGER, 2012). Ademais, muitos desses sistemas já estão armados. Mas os Estados Unidos não são a única nação a produzir e utilizar sistemas robóticos. Dentre os países que produzem ou detém essa tecnologia estão China, Israel, Índia, Reino Unido, França e Rússia, para citar apenas alguns (MICHEL; GETTINGER, 2016).

A intensificação do processo de robotização militar está intimamente relacionada à emergência da Era Digital e à digitalização das forças armadas – entendida a partir de uma visão abrangente, que relaciona o processo à utilização acelerada de TIC para o desempenho de funções militares tradicionais – em curso desde o final da Segunda Guerra Mundial. Nesse sentido, a digitalização foi habilitada pelo advento dos microprocessadores, das redes de computadores e dos avanços nas áreas da automação, da inteligência artificial, e da robótica. A complexidade inerente da Era Digital é reforçada ainda pela necessidade de compreendê-la de forma ampla. Isso significa expandir o universo de análise para além dos campos de estudo individuais, tentando relacioná-los e compreendê-los como um todo complexo. Por isso, este estudo tem caráter interdisciplinar. É impossível falar sobre robôs sem considerar as contribuições e a relevância de cada um desses campos de estudo individuais para o desenvolvimento dos sistemas de armas modernos.

Esse contexto, por si só, já justificaria a necessidade de se estudar as implicações da robotização para as forças armadas. Contudo, para que a pesquisa pudesse ser realizada dentro do prazo determinado, foi necessário delimitar o seu recorte analítico. Desta forma, a tese parte de uma questão bastante ampla e, a partir dela, deriva uma série de outras perguntas. Nesse sentido, a pergunta geral que conduz este trabalho não poderia ser outra senão: como a robotização afeta as forças armadas? Naturalmente, a amplitude dessa questão faz com que o esforço de pesquisa se torne gigantesco. Por isso, outras perguntas auxiliaram na seleção e na delimitação do objeto de estudo desta tese doutoral, amenizando, assim, o esforço de pesquisa. Por que as forças armadas se robotizam? Será que o processo modifica o caráter da guerra? Como as forças armadas vêm incorporando robôs em seu planejamento? É possível avaliar os impactos da robotização para a instituição militar como um todo? As respostas a essas questões serão apresentadas ao longo dos capítulos que compõem a tese. Naturalmente, esta é apenas uma amostra das questões que permeiam o estudo de sistemas robóticos militares. Espera-se que a leitura deste trabalho suscite muitas outras perguntas no leitor.

Este trabalho dedica-se, portanto, ao estudo amplo do processo de robotização das forças armadas. Mais especificamente, o trabalho busca cumprir dois objetivos

principais. O primeiro objetivo é mais geral, e está relacionado a necessidade de compreender a relação entre guerra e tecnologia. Esta análise fundamenta o entendimento da tese de que sistemas robóticos são uma tecnologia que, apesar de não alterar a natureza da guerra, modifica a sua condução. Uma vez que esta relação está estabelecida, é possível conceber de que forma uma tecnologia específica, neste caso, sistemas robóticos, modifica a instituição militar.

O segundo objetivo da tese, conseqüentemente, é verificar de que forma as forças armadas lidam com a incorporação desses sistemas na atualidade. Para tanto, o trabalho utiliza um modelo desenvolvido para auxiliar no planejamento e na análise de capacidades militares conhecido como “desenho de força” (RAZA, 2000, 2002a, 2002b, 2004, 2011). Nas palavras do próprio mentor do modelo, o desenho de força consiste em um sistema “de concepção e de justificação racional e lógica da força” que reflete “os enquadramentos dos esforços bélicos requeridos para obtenção de um estado de segurança desejado” (RAZA, 2000, p. 46). Nesse sentido, o sistema foi criado para assegurar que capacidades militares sejam identificadas, desenvolvidas, organizadas, e administradas de maneira adequada, visando a consagração das aspirações de segurança e defesa nacionais e internacionais de um país. A tarefa de avaliar capacidades militares a partir do emprego do modelo não é trivial, uma vez que o mesmo abarca questões políticas, orçamentárias, doutrinárias e, naturalmente, tecnocientíficas complexas envolvidas na estruturação, manutenção e operação das forças armadas. Ainda assim, o modelo oferece uma visão sistemática dos principais elementos que compõem capacidades estatais. Nesse sentido, ele permite que os mesmos sejam isolados e/ou correlacionados de acordo com as necessidades do planejador, sem que o horizonte analítico geral seja comprometido.

Sabemos que o processo de planejamento militar está sujeito à apreciação e à influência de diferentes atores políticos. Por isso, o trabalho busca explorar as condicionantes que levam à adoção de sistemas robóticos por parte das armas singulares, visando a formulação de desenhos de força integrados. Além disso, a tese também busca explorar alguns dos constrangimentos relacionados ao desenvolvimento e ao uso dessas tecnologias, bem como perspectivas para o seu emprego no futuro. Nesse sentido, o texto avalia as transformações decorrentes da incorporação de

sistemas robóticos na estrutura das forças armadas e seus impactos nos processos de recrutamento e treinamento de soldados, nos processos de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, e nos processos de formulação doutrinária e de conceitos de operação, por exemplo.

Estes objetivos foram estabelecidos a partir da percepção de que teses podem cumprir diferentes funções. Segundo Stephen Van Evera (1997, p. 100), elas podem “propose theories, test theories, explain historical events, or evaluate past or present policies or policy proposals. It can summarize a body of literature. It can describe contemporary circumstances of historical events. It can do several or all of the above”.<sup>11</sup> Não obstante, espera-se que esta tese cumpra ainda um objetivo auxiliar: aproximar os Estudos Estratégicos de questões que, em geral, fogem do escopo de estudo tradicional do campo. Posto de outra forma, a ideia é oferecer ao leitor uma compreensão ampla do processo de robotização militar, não apenas a partir do viés político mais caro ao campo, mas também a partir de um recorte analítico de caráter técnico oriundo das chamadas ciências “duras”. Por isso, a tese também faz uso de um corpo literário geralmente ausente em trabalhos de Estudos Estratégicos e/ou Relações Internacionais.

Para tanto, do ponto de vista epistemológico, a metodologia empregada tem caráter qualitativo. Mais especificamente, a pesquisa foi baseada em um estudo de caso (KACOWICZ, 2002; YIN, 2010). A escolha se deu em virtude da contribuição geral da tese: verificar como determinadas variáveis identificadas na teoria, mais especificamente, aquelas pertinentes ao desenho de força, atuam sobre a realidade. O caso estadunidense foi selecionado como principal fonte para a construção de uma explicação sobre o processo de robotização das forças armadas em virtude de seu protagonismo na seara internacional e no próprio processo de robotização. Exemplos adicionais, contudo, oriundos da experiência de outros países, também foram utilizados quando pertinentes, a fim de reforçar o argumento e/ou preencher lacunas existentes no caso principal. Dessa forma, a tese busca oferecer ao leitor “lições da história”

---

<sup>11</sup> “Propor teorias, testar teorias, explicar eventos históricos, ou avaliar políticas passadas, presentes, ou propostas políticas. Podem, também, resumir corpos teóricos. Podem, ainda, descrever circunstâncias contemporâneas de eventos históricos. Podem fazer apenas algumas ou todas as atividades listadas” (VAN EVERA, 1997, p. 100).

(KACOWICZ, 2002, p. 119) da robotização militar dos Estados Unidos a partir das quais é possível refletir-se sobre a ocorrência do mesmo processo em outros contextos.

O trabalho está dividido em três capítulos, mais esta introdução e uma conclusão, que buscam desenvolver algumas das questões fundamentais para o entendimento da relação entre sistemas robóticos e forças armadas. O primeiro capítulo, “**Tecnologia e Guerra ao Longo da História**”, busca enquadrar o problema de pesquisa dentro do escopo dos Estudos Estratégicos, retomando e detalhando o conhecimento que se têm a respeito de como a tecnologia está intimamente relacionada ao fenômeno da guerra. Nesse sentido, o capítulo oferece uma base ontológica para a compreensão do restante do trabalho, ao definir dois conceitos fundamentais que permeiam o desenho de força: tecnologia e guerra. O capítulo parte de uma revisão da literatura a fim de identificar de que forma a tecnologia influencia e é influenciada pela guerra ao longo da história. O objetivo do capítulo é, dessa forma, verificar se sistemas robóticos seguem a lógica tradicional que determina a relação tecnologia-guerra.

O segundo capítulo, “**Sistemas Robóticos Militares**”, busca preencher uma lacuna na literatura brasileira sobre o tema, oferecendo uma visão geral sobre assunto e problematizando algumas das questões que pautam o debate contemporâneo sobre robôs. O capítulo inicia oferecendo uma visão histórica sobre o desenvolvimento de sistemas robóticos militares e, em seguida, introduz uma abordagem mais técnica sobre o assunto, amparada na literatura especializada sobre robótica, controle e inteligência artificial. Dessa forma, a tese busca dialogar com autores que, em geral, estão fora do escopo dos estudantes, professores e pesquisadores ligados às agendas mais tradicionais dos Estudos Estratégicos e das Relações Internacionais. Analogamente, o estudo também busca fazer o inverso, relacionando questões referentes ao estudo da guerra e das relações internacionais em geral às questões comumente estudadas nos campos das Engenharias, Automação, Computação, etc. Finalmente, o capítulo destaca algumas tendências de pesquisa e desenvolvimento na robótica, respectivamente, autonomia, exames e relacionamento homem-robô, a fim de identificar fatores capazes de gerar diferenciais de capacidade no curto, médio e longo prazos.

O terceiro capítulo, “**Sistemas Robóticos e Desenho de Força**”, reintroduz o conceito de desenho de força por meio de uma breve revisão da literatura. Nesse sentido, o texto insere o modelo em um contexto mais amplo, relacionado ao desenvolvimento de métodos para avaliação de capacidades estatais. A partir de então, o objetivo do capítulo é responder à pergunta de pesquisa da tese pelo cruzamento dos elementos do “Construto de Defesa” com exemplos empíricos oriundos da experiência de diferentes países, particularmente dos Estados Unidos. Em outras palavras, o capítulo aplica o desenho de força criticamente e, a partir do caso estadunidense, verifica a sua resiliência perante a realidade. Dessa forma, o trabalho coloca o modelo à prova, avaliando a sua capacidade de explicar a realidade e de oferecer um entendimento mais amplo do processo de robotização das forças armadas.

Finalmente, a conclusão do trabalho retoma os principais pontos levantados ao longo da tese, e tece algumas sugestões para incorporação de sistemas robóticos pelas forças armadas brasileiras à luz do desenho de força.

## 2 TECNOLOGIA E GUERRA AO LONGO DA HISTÓRIA

Este capítulo trata da natureza da tecnologia e de sua relação histórica com a guerra. O texto busca enquadrar o problema de pesquisa dentro do escopo dos Estudos Estratégicos, demonstrando como a tecnologia está intimamente relacionada ao fenômeno da guerra. Nesse sentido, o capítulo oferece a base ontológica para a compreensão do restante do trabalho, ao definir dois conceitos fundamentais – tecnologia e guerra – que permeiam a discussão sobre o desenho de força. O capítulo parte de uma revisão da literatura a fim de identificar de que forma a tecnologia vem tanto influenciando quanto sendo influenciada pela guerra ao longo da história. O objetivo do capítulo é, dessa forma, verificar se sistemas robóticos seguem a lógica dialética tradicional que determina a relação tecnologia-guerra.

O capítulo está dividido em quatro seções. A primeira busca definir o que se entende por tecnologia, segundo diferentes acepções encontradas na literatura especializada. A segunda seção elabora uma análise histórica sobre a relação entre tecnologia e guerra, apresentando as bases epistemológicas e o arcabouço teórico utilizado na tese. Mais especificamente, a seção explicita a filiação clausewitziana do trabalho ao tratar a guerra como um fenômeno cuja natureza é constante ao longo do tempo. A terceira seção analisa o período histórico mais recente, marcado pela emergência das tecnologias que configuram a Era Digital, apontando alguns vetores de desenvolvimento tecnológico importantes para o pensamento militar contemporâneo. Finalmente, a quarta seção retoma o argumento geral deste capítulo, apresentando as conclusões parciais do texto.

### 2.1 A NATUREZA DA TECNOLOGIA

A relação entre seres humanos e tecnologia é tão antiga quanto a própria história. Do descobrimento do fogo ao reator nuclear; da pedra-lascada à Internet; dos sistemas de irrigação às hidrelétricas; da penicilina aos tecidos artificiais; o homem tem desenvolvido formas de dominar a natureza, melhorar sua qualidade e expectativa de vida, construir cidades e, quando necessário e oportuno, guerrear. Contudo, nas palavras de Bonnie Smith e Anand Yang (2009, p. IX) , autores do prefácio do livro

*Technology: A World History*, de Daniel Headrick, “[...] for all its ability to provide increasing ease for world’s inhabitants, the case for technology’s drawbacks is a powerful one, showing the tensions produced by the universal human capacity to invent”.<sup>1</sup> Por isso, não é à toa que a tecnologia desperte sentimentos tão controversos entre as pessoas.

Esta capacidade de a tecnologia mobilizar tanto opiniões favoráveis quanto contrárias a si fez com que boa parte do debate fosse caracterizado ao longo da história pela disputa entre tecnófilos – os amantes incondicionais da tecnologia – e tecnófobos – aqueles que a detestam.<sup>2</sup> Em que pese a paixão ou o desprezo dos seres humanos por ela, entender a tecnologia “[...] no es un mero paso para orientar de otra manera nuestra civilización; es también un medio para entender la sociedad y para conocernos a nosotros mismos” (MUMFORD, 1992, p. 24).<sup>3</sup>

Apesar disso, não há consenso na literatura em relação ao significado de “tecnologia”.<sup>4</sup> Na verdade, boa parte dela ignora discussões ontológicas sobre o tema, dedicando-se somente ao estudo de sistemas tecnológicos específicos, tais como a energia elétrica ou as locomotivas. Mais recentemente, alguns estudos têm abordado o tema também a partir de uma perspectiva menos tradicional, focada no usuário final do sistema. Esta abordagem “de baixo para cima” proporciona, em geral, uma noção mais apurada do emprego e significado de tecnologias para determinados grupos sociais (MISA, 2009).

Ainda que ambas as abordagens contribuam para a compreensão do fenômeno, o fato é que por ora inexistem corpos teóricos que congreguem aspectos fundamentais referentes não apenas ao significado do termo, mas também a fatores correlatos como, por exemplo, “inovação”. Seguindo o argumento do economista William Brian Arthur:

---

<sup>1</sup> “Por toda a sua capacidade de prover bem-estar crescente para os habitantes do mundo, casos de retrocesso tecnológico são poderosos, demonstrando as tensões produzidas pela capacidade humana de inventar” (SMITH; YANG, 2009, p. IX).

<sup>2</sup> Não tratamos, aqui, qualquer um dos termos como condições psicológicas.

<sup>3</sup> “Não é um mero passo para orientar de outra maneira nossa civilização; é também um meio para entender a sociedade e conhecermos a nós mesmos” (MUMFORD, 1992, p. 24).

<sup>4</sup> Recentemente, o próprio termo tem sido alvo de contestação. Para uma discussão sobre a controvérsia referente ao surgimento da palavra, ver Misa (2009). Vale notar que a palavra tecnologia, em geral, conjuga a ideia de “alta tecnologia”. Esta é uma visão limitada. Ainda que os debates sobre robótica, computadores e inteligência artificial sejam o cerne deste trabalho, o termo tecnologia pode ser empregado com diferentes significados, como se verá a seguir.

We have detailed studies about the history of individual technologies and how they came into being. We have analyses of the design process; excellent work on how economic factors influence the design of technologies, how the process works and how technologies diffuse in the economy. We have analyses of how society shapes technology, and of how technology shapes society. And we have meditations on the meaning of technology, and on technology as determining – or not determining human history. But we have no agreement on what the word “technology” means, no overall theory of how technologies come into being, no deep understanding of what “innovation” consists of, and no theory of evolution for technology. Missing is a set of overall principles that would give the subject a logical structure, the sort of structure that would help fill these gaps (ARTHUR, 2011, p. 13-14).<sup>5</sup>

Na verdade, diferentes definições podem ser encontradas em diferentes ramos do conhecimento. De acordo com o historiador Thomas Hughes (2004, p. 02), “defining technology in its complexity is as difficult as grasping the essence of politics. Few experienced politicians and political scientists attempt to define politics. Few experienced practitioners, historians, and social scientists try to inclusively define technology”.<sup>6</sup> Dependendo do contexto, tecnologia pode se relacionar, como veremos a seguir, tanto a ferramentas e máquinas, quanto a métodos, técnicas, ou, ainda, ao conhecimento acumulado em relação a determinado objeto. Richard Li-Hua (2009, p. 18) expressa bem esta ideia ao afirmar que “[...] to a scientist, technology is the end product of one’s research. To an engineer, technology is a tool or process that can be employed to build better products or solve technical problems. To an attorney, technology is intellectual property to be protected and guarded”.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> “Temos estudos detalhados sobre a história de tecnologias individuais e como elas surgiram. Temos análises dos processos de desenvolvimento; trabalhos excelentes sobre como fatores econômicos influenciam o desenvolvimento de tecnologias, como ocorre o processo e como as tecnologias se difundem na economia. Temos análises sobre como a sociedade modela a tecnologia e como a tecnologia modela a sociedade. Temos reflexões sobre o significado da tecnologia e sobre tecnologia como determinante – ou não determinante – da história humana. Mas não temos consenso sobre o significado da palavra ‘tecnologia’, tampouco uma teoria geral sobre como surgem as tecnologias, nem um entendimento mais profundo sobre o que é “inovação” ou teoria sobre evolução tecnológica. Não há um conjunto de princípios gerais que dariam ao tema uma estrutura lógica, o tipo de estrutura que ajudaria a preencher estas lacunas (ARTHUR, 2011, p. 13-14).

<sup>6</sup> “Definir tecnologia em sua complexidade é tão difícil quanto compreender a essência da política. Poucos políticos experientes e cientistas políticos tentam definir política. Poucos praticantes experientes, historiadores e cientistas sociais tentam definir tecnologia de forma inclusiva” (HUGHES, 2004, p. 02).

<sup>7</sup> “Para um cientista, tecnologia é o produto final de uma pesquisa. Para um engenheiro, tecnologia é uma ferramenta ou processo que pode ser utilizado para contruir produtos melhores ou resolver problemas técnicos. Para um advogado, tecnologia é propriedade intelectual que deve ser guardada e protegida” (LI-HUA, 2009, p. 18).

Causa estranhamento, contudo, que apenas recentemente a filosofia tenha dedicado maior atenção ao assunto.<sup>8</sup> Para muitas escolas filosóficas mais tradicionais – como o iluminismo francês, o positivismo europeu, e o empiricismo anglo-americano –, a tecnologia é vista como uma força invariavelmente benéfica ao desenvolvimento humano (SCHARFF; DUSEK, 2013, p. 03). Neste sentido, ela depende apenas de uma correta associação com a ciência para cumprir o seu propósito emancipador. Por isso, segundo estas tradições, é mais importante determinar a natureza do conhecimento (*epistemologia*) e os seus valores morais (*ética*) do que a natureza da tecnologia enquanto ser (*ontologia*).

Desta forma:

With epistemology and ethics thus focused on the two central issues of what we can know and what we should do, technology falls through the cracks, understood just as relatively neutral means for employing scientific knowledge to bring about the ideal relation in the natural and social world that ethical decisions prescribe (SCHARFF; DUSEK, 2013, p. 03).<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Evidentemente, reflexões filosóficas sobre tecnologia são tão antigas quanto a própria filosofia. Tome-se, por exemplo, a distinção aristotélica entre objetos naturais e artefatos. Enquanto os primeiros são produtos da própria natureza (animais, plantas, os quatro elementos...), os segundos são produtos da ação humana (e, portanto, transformam-se ao longo do tempo, perdendo sua forma artificial e retornando ao seu estado natural). A referência aqui diz respeito especificamente ao surgimento do campo denominado “filosofia da tecnologia”. Olsen, Pedersen e Hendricks (2009, p. 01) definem o campo como “highly interdisciplinary: it consists of insights from different kinds of technologies, from a variety of epistemological approaches, the humanities, social science, natural science, sociology, psychology, engineering sciences, different philosophical schools of thought, i.e. pragmatism, analytical philosophy, and phenomenology. The philosophy of technology taken as a whole is an understanding of the consequences of technological impacts relating to the environment, the society and human existence. The philosophy of technology is a newcomer in philosophy. As a constituted subject it has existed for about half a century. It is one of the fastest growing philosophical disciplines. It is also an intercontinental philosophical discipline, drawing inspiration and building lasting bridges across the unfortunate divide between Continental and analytic strands of thought in philosophy” (“altamente interdisciplinar: consiste em idéias de diferentes tipos de tecnologias, de uma variedade de abordagens epistemológicas, humanidades, ciências sociais, ciências naturais, sociologia, psicologia, ciências da engenharia, diferentes escolas filosóficas de pensamento, ou seja, pragmatismo, filosofia analítica e fenomenologia . A filosofia da tecnologia tomada como um todo é uma compreensão das conseqüências dos impactos tecnológicos relacionados ao meio ambiente, à sociedade e à existência humana. A filosofia da tecnologia é um recém-chegado na filosofia. Como sujeito constituído, existe há cerca de meio século. É uma das disciplinas filosóficas de mais rápido crescimento. É também uma disciplina filosófica intercontinental, inspirando-se e construindo pontes duradouras na infeliz divisão entre as vertentes continentais e analíticas do pensamento em filosofia”).

<sup>9</sup> Com a epistemologia e a ética focadas, portanto, em duas questões centrais, o que podemos saber e o que devemos fazer, a tecnologia fica esquecida, entendida apenas como um meio relativamente neutro para aplicar conhecimento científico e concretizar as relações ideais nos mundos natural e social que a ética prescreve (SCHARFF; DUSEK, 2013, p. 03).

Daí em diante a relação entre tecnologia e ciência deixou de ser tratada de maneira tão utilitarista. Desde meados dos anos 1960, com os trabalhos de Derek de Sola Price (1965), Barry Barnes (1974) e Arie Rip (1992), esta visão passou a ser questionada. A partir de então, tecnologia e ciência começaram a ser vistas como fenômenos simbioticamente relacionados (GREMMEN, 2009). Por um lado, a primeira é responsável por prover a ciência de “olhos, ouvidos e músculos” (RUTHERFORD; AHLGREN, 1990). Ou seja, é fundamental para o desenvolvimento e aplicação de métodos e processos científicos, tais como coleta, medição e armazenamento de dados, computação, transporte, comunicação, etc. Por outro lado, a tecnologia também provê a ciência de uma razão de ser. Em outras palavras, a tecnologia fornece direção e motivação para a pesquisa científica.<sup>10</sup> Não é por acaso, portanto, que o termo “tecnociência” tenha se tornado tão popular.<sup>11</sup>

A relação entre tecnologia e ciência não é, portanto, aleatória. Como enfatizado pelo filósofo e historiador Lewis Mumford em *Técnica y Civilización* (1992), o progresso tecno-científico está sujeito tanto a casualidades e fatores irracionais quanto a processos de escolha racionais visando resultados específicos:

La técnica y la civilización en conjunto son el resultado de elecciones, de aptitudes y de esfuerzos, tanto pensados como inconscientes, a menudo irracionales cuando al parecer son de lo más objetivo y científico; pero incluso cuando sin incontrolables no son externos. La elección se manifiesta en la sociedad por pequeños incrementos y decisiones instantáneas así como en ruidosas luchas dramáticas; y el que no vea el papel que juegan las decisiones en el desarrollo de la máquina pone de manifiesto su incapacidad para observar los efectos cumulativos hasta tanto no estén tan arracimados conjuntamente que parezcan completamente externos e impersonales. Por más que la técnica descansa en los procedimientos objetivos de las ciencias, no forma un sistema independiente, como el del universo: existe un elemento de la cultura humana que promueve el bien o el mal según los grupos que la explotan programen el bien o el mal (MUMFORD, 1992, p. 24).<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Se aplicarmos o modelo de Brian Arthur (2011), discutido a seguir, ao conceito de ciência, veremos que a última também pode ser considerada uma tecnologia.

<sup>11</sup> Esta relação simbiótica fica explícita quando termos como “tecnociência” e “tecno-científico” começam a ser empregados justamente para caracterizar o complexo padrão de relacionamento entre tecnologia e ciência que se desenvolveu no século XX. É importante ainda salientar também que o debate sobre as diferenças entre “filosofia da tecnologia” e “filosofia da ciência” é bastante profícuo. Uma análise mais aprofundada sobre ambos os temas, contudo, foge do escopo deste trabalho e pode ser encontrada em Boon (2009), Ihde (2009) e Gremmen (2009), entre outros.

<sup>12</sup> “A técnica e a civilização como um todo são o resultado de escolhas, aptidões e esforços, pensados e inconscientes, muitas vezes irracionais mesmo quando parecem ser objetivos e científicos; mas mesmo quando incontroláveis não são externos. A eleição manifesta-se na sociedade por pequenos

A possibilidade de que tecnologia e ciência sejam objetos de processos de escolha racional permite que ambas possam também desempenhar papéis políticos.<sup>13</sup> Langdon Winner (1980), em seu artigo seminal *Do Artifacts Have Politics*, coloca que artefatos podem ter propriedades políticas de duas maneiras. “First are instances in which the invention, design, or arrangement of a specific technical device or system becomes a way of settling an issue in a particular community” (WINNER, 1980, p. 123).<sup>14</sup> Para ilustrar sua ideia, Winner menciona os viadutos de Long Island, em Nova Iorque, nos Estados Unidos, construídos entre 1920 e 1970 com o objetivo de limitar o acesso de ônibus aos parques da cidade e, conseqüentemente, de cidadãos que dependiam de transporte público para se locomover – neste caso, majoritariamente pessoas negras. “Second are cases of what can be called inherently political technologies, man-made systems that appear to require, or be strongly compatible with, particular kinds of political relationships” (WINNER, 1980, p. 123).<sup>15</sup> A segunda instância é ilustrada pela bomba atômica. Segundo Winner, a letalidade deste artefato requer que o mesmo seja gerido por um sistema social autoritário, ou, em outras palavras, por uma cadeia de comando centralizada e rigidamente hierárquica. Qualquer outra forma de relação social para administração da bomba poderia gerar resultados adversos.<sup>16</sup>

---

incrementos e decisões instantâneas, bem como por lutas dramáticas e barulhentas; e aquele que não vê o papel desempenhado pelas decisões no desenvolvimento da máquina revela sua incapacidade de observar os efeitos cumulativos até serem tão agrupados que parecem completamente externos e impessoais. Não importa o quanto a técnica se baseie nos processos objetivos da ciência, ela não forma um sistema independente como o do universo: existe um elemento de cultura humana que promove o bem ou o mal de acordo com a programação para o bem ou para o mal dos grupos que a exploram” (MUMFORD, 1992, p. 24).

<sup>13</sup> Recentemente, o assunto tem sido tratado principalmente do ponto de vista procedimental, sobretudo no que diz respeito à influência de TIC nos processos eleitorais e de transparência governamental. A visão adotada neste trabalho, contudo, considera a política do ponto de vista das disputas de poder inerentes aos processos de tomada de decisão, ou, nas palavras de Harold Lasswell (1936, p. 295), do ponto de vista “of influence and the influential” (“da influência e dos influentes”). O trabalho de Canabarro (2014) ilustra bem como a governança da Internet, por exemplo, está sujeita a mecanismos de disputa de poder tanto nacionalmente quanto internacionalmente.

<sup>14</sup> “Primeiro, estão as situações nas quais a invenção, desenvolvimento ou arranjo de um equipamento ou sistema técnico específico transforma-se em uma forma de resolver um problema em determinada comunidade” (WINNER, 1980, p. 123).

<sup>15</sup> “Segundo, os casos que podem ser chamados de tecnologias intrinsecamente políticas, sistemas criados por seres humanos que aparentemente necessitam ou são fortemente compatíveis com formas específicas de relação política” (WINNER, 1980, p. 123).

<sup>16</sup> Por muito tempo, o principal vetor de inovação e pesquisa tecno-científica foi, especialmente em economias capitalistas avançadas, o Estado. Atualmente, contudo, este papel tem sido colocado em

Nesses termos, a introdução de tecnologias em um determinado contexto social tem relação direta com *“influence and the influential”*, ou seja, com a definição de quem ganha o quê, como e quando, conforme Lasswell (1936).

Se política e tecnologia estão intimamente relacionadas, não é exagero afirmar que a última influencia praticamente todas as esferas da vida humana. Para aprofundar o entendimento do conceito, tomemos como ponto de partida o contrafactual proposto por William Brian Arthur (2011, p. 10): “If you woke some morning and found that by some odd magic the technologies that have appeared in the last six hundred years had suddenly vanished [...] you would find that our modern world had also disappeared”.<sup>17</sup> Tecnologia, portanto, relaciona-se ao nosso próprio entendimento da realidade.

Apesar de onipresente, definir tecnologia – como já foi colocado – permanece sendo um desafio. O professor da *Duke University*, Alex Roland (2016, p. 05), por exemplo, define o conceito como “[...] purposeful, human manipulation of the material world”. Neste sentido, tecnologia “entails changing some material by the application of power through some tool or machine by some technique”.<sup>18</sup> Em outras palavras, tecnologia é um processo de alteração do mundo material a serviço de um propósito humano. Este processo pode resultar na alteração de outras características eminentemente humanas, tais como crenças, ideias, e emoções, mas esses são resultados de segunda-ordem, uma vez que a essência da tecnologia é a sua materialidade.

Em *The Nature of Technology* (2011, p. 28), William Brian Arthur propõe uma interpretação um pouco mais abrangente, ao definir tecnologia de três formas. Primeiro,

---

xeque pela capacidade crescente de empresas privadas capitanearem todo o processo de desenvolvimento tecnológico. Não apenas isso, mas também a própria prestação de serviços e bens públicos essenciais tem sido relevada, como se sabe, ao capital privado. Na visão de Evgeny Morosov (2016), escrevendo para o *“The Guardian”*, o motivo desta transição está na própria crise do sistema capitalista e do estado de bem-estar social, de modo que “technology firms are rapidly becoming the default background condition in which our politics itself is conducted” (“empresas de tecnologia estão rapidamente se tornando o pano de fundo padrão na qual a própria política é conduzida”). Alguns comentários sobre a relação entre tecnologia e política na Era Digital, sobretudo no que diz respeito às interações entre as empresas do Vale do Silício e o governo dos Estados Unidos, podem ser encontrados em Packer (2013) e Satell (2014).

<sup>17</sup> “Se você acordasse em uma manhã e descobrisse que por uma razão estranha as tecnologias que surgiram nos últimos seiscentos anos de repente desapareceram [...] você descobriria que nosso mundo moderno também sumiu” (ARTHUR, 2011, p. 10).

<sup>18</sup> “Manipulação propositada do mundo material”. Nesse sentido, tecnologia “significa mudar algum material pela aplicação de força por meio de uma ferramenta ou máquina e de uma técnica” (ROLAND, 2016, p. 05).

tecnologia como “a means to fulfill a human purpose”.<sup>19</sup> Como **meio**, ela pode ser *método* (um algoritmo matemático), *processo* (de filtragem de materiais, por exemplo), ou *artefato* (um motor a diesel).<sup>20</sup> Na visão do autor, portanto, uma tecnologia deve executar um propósito, seja ele resolver uma equação, limpar uma substância de impurezas ou mover um submarino. Esta definição entende, portanto, tecnologia como provedora de determinada funcionalidade. James Rutherford e Andrew Ahlgren (1990) corroboram esta ideia de tecnologia como meio ao defini-la como algo que “extends our abilities to change the world: to cut, shape, or put together materials; to move things from one place to another; to reach farther with our hands, voices, and senses”.<sup>21</sup>

A segunda definição de Brian Arthur (2011) afirma que tecnologia é uma “assemblage of practices and components”.<sup>22</sup> Neste sentido, tecnologia é um conjunto de métodos, processos e artefatos individuais que compõem um **corpo tecnológico**. Este entendimento permite que se trate a eletrônica ou a biotecnologia, por exemplo, como agrupamentos de tecnologias diferentes que compõem um todo coeso.

---

<sup>19</sup> “Meio para cumprir um propósito humano” (ARTHUR, 2011, p. 28).

<sup>20</sup> Ainda que, em princípio, métodos, processos e artefatos pareçam categorias diferentes, o autor sugere que todas proveem funcionalidades. “A device seems to be a piece of hardware and not at all like a process. But this is just appearance. A device always processes some thing; it works on that thing from the beginning to end to complete the needed task. An aircraft ‘processes’ passengers or cargo from one location to another, and a hammer – if we want to push the idea – processes a nail” (“um dispositivo parece ser um pedaço de hardware e não um processo. Mas isso é apenas aparência. Um dispositivo sempre processa alguma coisa, atuando sobre ela até que a tarefa necessária seja cumprida. Um avião ‘processa’ passageiros ou carga de um local para outro e um martelo – se quisermos expandir a ideia – processa um prego”) (ARTHUR, 2011, p. 30). Além disso, métodos e processos, na sua visão, também podem ser vistos como artefatos: “processes and methods [...] are sequences of operations. But to execute, they always require some hardware, some sort of physical equipment that carries out operations” (ARTHUR, 2011, p. 30-31). Finalmente, Arthur afirma que métodos, processos e artefatos são semelhantes, já que tecnologias possuem tanto componentes lógicos – o *software* –, quanto componentes físicos – o *hardware*. Neste sentido, “if we emphasize the ‘software’ we see a process or method. If we emphasize the ‘hardware’, we see a physical device. Technologies consist of both, but emphasizing one over the other makes them seem to belong to two different categories: devices and processes. The two categories are merely different ways of viewing a technology” (“se enfatizarmos o ‘software’, vemos um processo ou método. Se enfatizarmos o ‘hardware’, vemos um dispositivo físico. As tecnologias consistem em ambas, mas enfatizar uma sobre a outra faz com que pareçam pertencer a duas categorias diferentes: dispositivos e processos. As duas categorias são apenas formas diferentes de visualizar uma tecnologia”) (ARTHUR 2011, p. 31). Uma discussão detalhada mais específica sobre a noção de “artefato tecnológico” pode ser encontrada em Verbeek e Vermass (2009) e Borgo *et al.* (2011).

<sup>21</sup> “Amplia nossa capacidade de mudar o mundo: cortar, modelar ou combinar materiais; mover objetos de um lugar para o outro; chegar mais longe com nossas mãos, vozes e sentidos” (RUTHERFORD; AHLGREN, 1990).

<sup>22</sup> “Conjunto de práticas e componentes” (ARTHUR, 2011, p. 31).

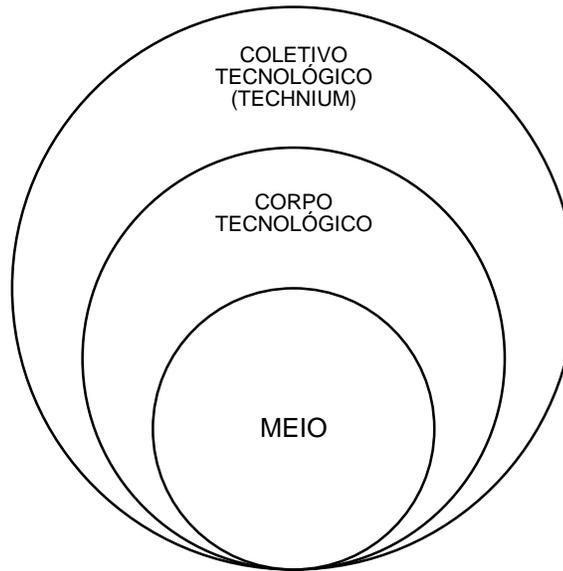
Finalmente, tecnologia pode ser definida de forma ainda mais ampla como a “collection of devices and engineering practices available to a culture”,<sup>23</sup> ou um **coletivo tecnológico**.<sup>24</sup> Esta é, segundo a definição de Brian Arthur (2011), a instância mais abstrata da tecnologia. Neste sentido, ela não diz respeito a qualquer tecnologia, mas à TECNOLOGIA como o ente onipresente mencionado anteriormente. Kevin Kelly (2007) refere-se a este nível como *technium*: “superorganismo tecnológico” que engloba todas as demais categorias. A Figura 1, a seguir, ilustra estes três níveis:

---

<sup>23</sup> “Coleção de mecanismos e práticas de engenharia disponíveis para uma cultura” (ARTHUR, 2011, p. 31).

<sup>24</sup> A definição de tecnologia proposta por Li-Hua (2009) é complementar à de Arthur (2011). Li-Hua decompõe o conceito em quatro elementos: técnica, conhecimento, organização e produto. “Technique covers the instruments of labor (machinery and tools), materials and the way they are brought into function by labor in the working process [...] Knowledge consists of three principal categories: applied science, skills and intuition [...] [It is] ‘the key to control’ over technology as a whole [...] Technique and knowledge must be organized before they can bring about effective results. Organization is therefore an integral part of technology [...] [Finally] the ultimate purpose of bringing technique, knowledge and organization together is of course to obtain a product [...] It seems natural to include the product in a comprehensive technology concept, not least because in practice the choice of product often precedes the technique, knowledge and organization by which it is going to be produced” (“a técnica cobre os instrumentos do trabalho (maquinaria e ferramentas), os materiais e a forma como são colocados em funcionamento pelo trabalho no processo de trabalho. [...] O conhecimento consiste em três categorias principais: ciência aplicada, habilidades e intuição [...] [Ele é] ‘a chave de controle’ da tecnologia como um todo [...] A técnica e o conhecimento devem ser organizados antes que possam produzir resultados efetivos. A organização é, portanto, parte integrante da tecnologia [...] [Finalmente,] o objetivo final de reunir a técnica, o conhecimento e a organização é, obviamente, obter um produto [...] Parece natural incluir o produto em um conceito abrangente de tecnologia, não menos importante, porque, na prática, a escolha do produto geralmente precede a técnica, conhecimento e organização pelo qual ele será produzido”) (LI-HUA, 2009, p. 20).

**Figura 1 - Definições de Tecnologia**



**Fonte:** elaborado pelo autor com base em Arthur (2011).

Qualquer que seja a definição adotada, é importante ressaltar que uma tecnologia é sempre formada por um conjunto de partes. Estes componentes, por sua vez, estão organizados em torno de determinado princípio. É este princípio que determina a *funcionalidade* da tecnologia. Esta concepção permite que tratemos de sistemas, subsistemas e arquiteturas robóticas, conforme veremos no próximo capítulo. Para ilustrar a ideia, tomemos o exemplo proposto pelo próprio William Brian Arthur:

Let us look at the jet engine this way. The principle is simple enough: burn fuel in a constant flow of pressurized air and expel the resulting high-velocity gas backward [...] To carry this out the engine uses a main assembly that consists of five main systems: intake, compressor, combustor, turbine, and exhaust nozzle. Air enters the intake and flows into the compressor assembly – essentially a series of large fans – which work to pump up its pressure. The now high-pressure airflow enters the combustor where it is mixed with fuel and ignited. The resulting high-temperature gas turns a set of turbines which drive the compressor, then expands through the nozzle section at high velocity to produce thrust. These parts form the central assembly. Hung off this, and greatly complicating things, are many subsystems that support its main functions: a fuel supply system, compressor anti-stall system, turbine blade cooling system, engine instrument system, electrical system, and so on (ARTHUR, 2011, p. 34).<sup>25</sup>

<sup>25</sup> “Vamos olhar para o motor a jato da seguinte forma. O princípio é bastante simples: queime combustível com um fluxo constante de ar pressurizado e expila o gás super-pressurizado resultante do processo para trás. [...] Para fazê-lo, o montor é constituído por uma montagem composta por cinco sistemas

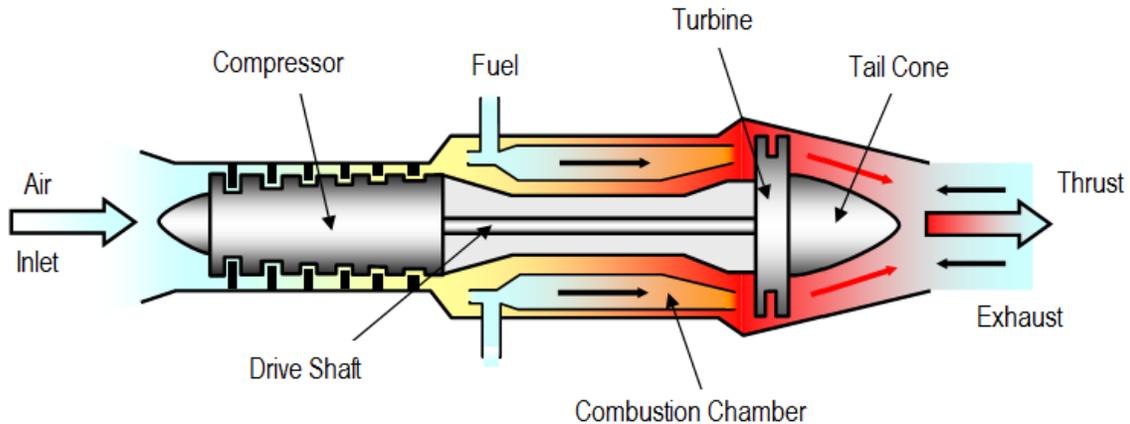
Deste exemplo é possível extrair dois princípios que determinam a estrutura lógica de uma tecnologia: *modularidade* e *recursividade*. O primeiro, modularidade, diz respeito à possibilidade de dividir uma tecnologia em grupos, ou módulos, funcionais: no caso acima, o motor é composto de “bocal de admissão, compressor, combustor, turbina e bocal de exaustão”. O segundo, recursividade, relaciona-se ao fato de que cada tecnologia é formada por cadeias tecnológicas hierarquicamente organizadas. Em outras palavras, uma tecnologia é formada por um conjunto de tecnologias, que por sua vez também é formado por um conjunto de tecnologias, que por sua vez também é formado por um conjunto de tecnologias... Vale frisar que todos estes sistemas e subsistemas comunicam-se entre si. Neste sentido, muitas vezes, o produto (*output*) de um é o insumo (*input*) de outro.

A Figura 2 ilustra o exemplo de Arthur, apresentando um motor a jato e seus componentes:

---

principais: bocal de admissão, compressor, combustor, turbina e bocal de exaustão. O ar entra no bocal de admissão e passa para o compressor – basicamente uma série de grandes ventoinhas –, que trabalha para aumentar a sua pressão. O fluxo de ar altamente pressurizado entra no combustor, onde é misturado com combustível e aceso. O gás de alta temperatura resultante gira um conjunto de turbinas que conduzem o compressor, depois, expande-se através da do bocal de exaustão em alta velocidade, produzindo impulso. Essas peças constituem a montagem central do motor. Acrescentam-se a ela, complicando ainda mais as coisas, muitos subsistemas de suporte para as suas principais funções: sistema de abastecimento de combustível, sistema contra-paragem do compressor, sistema de refrigeração das lâminas de turbina, sistema de instrumentos do motor, sistema elétrico, e assim por diante (ARTHUR, 2011, p. 34).

**Figura 2 - Motor a Jato**



**Fonte:** SOLANKI (2013).

O exemplo da turbina também ajuda a compreender o terceiro princípio lógico de uma tecnologia: *fenomenolidade*. O neologismo refere-se ao fato de que tecnologias se baseiam na exploração de fenômenos<sup>26</sup> ou truísmos naturais. No caso em questão, na energia gerada pela queima de combustíveis e na Terceira Lei de Newton, para citar apenas dois. Os casos em que um fenômeno é apropriado cruamente por uma tecnologia são raros: em geral, antes que um fenômeno possa ser usado por uma tecnologia, ele deve ser compreendido e “domado” para funcionar de maneira específica. Além disso, muitas vezes determinado fenômeno somente poderá ser utilizado a partir de uma série de condições ideais. Daí a importância da modularidade, que permite que subsistemas provejam o sistema principal de algumas destas condições.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Na visão do autor, fenômenos não precisam ser necessariamente físicos. Isto permite que falemos também de tecnologias que não possuem um componente material, como modelos organizacionais, por exemplo. Estas tecnologias imateriais, segundo Arthur, configuram uma classe especial de tecnologias, a qual ele denomina “purposed systems” (“sistemas propositados”). Formalmente, estes sistemas atendem a todos os critérios formais de uma tecnologia, mas são tratados em separado uma vez que a percepção mais tradicional do conceito sugere a necessidade de um substrato material. Esta distinção será especialmente importante na próxima seção.

<sup>27</sup> Uma discussão interessante diz respeito à possibilidade de tratar a tecnologia como “recurso comum”. Segundo a teoria econômica neoclássica, recursos podem ser classificados segundo dois critérios: *rivalidade* e *exclusibilidade*. O princípio da *rivalidade* sugere que o consumo do recurso por parte de um indivíduo interfere no consumo do mesmo pelos demais. Já o princípio da *exclusibilidade* diz respeito à possibilidade de impedir que certos indivíduos acessem determinado recurso. Para ser considerado um recurso comum, o mesmo deve ser necessariamente *não-exclusivo*. Ou seja, todos os indivíduos devem

Tendo em vista os três princípios descritos acima, e seguindo a linha de argumentação de William Brian Arthur (2001, p. 53), é possível concluir, portanto, que a essência da tecnologia é “an orchestration of phenomena for our use”.<sup>28</sup> A partir desse raciocínio, é possível finalmente apresentar a definição de tecnologia<sup>29</sup> empregada neste trabalho:

**Tecnologia:** métodos, processos, ou artefatos que executam um propósito; podem ser considerados individual ou coletivamente, configurando corpos ou coletivos tecnológicos.

A próxima seção busca relacionar este conceito ao desenvolvimento de tecnologias militares ao longo da história. O objetivo principal do texto é testar as definições de Arthur (2011) a partir de exemplos empíricos. Secundariamente, a seção também pretende discutir a relação entre tecnologia e guerra. Neste sentido, as próximas páginas buscarão definir o entendimento de guerra empregado neste trabalho, relacionando-o com o conceito de tecnologia já apresentado. Para tanto, realizou-se uma revisão das seguintes obras: Arquilla e Ronfeldt (1997), Buzan (1987), Howard (1976), McNeil (1982), Mumford (1992), Roland (2016), Ropp (1959), Van Creveld (1991), entre outras.

A seção não busca, neste sentido, suplantam a leitura das obras, mas chamar atenção para as diferenças e semelhanças de seus argumentos. A periodização histórica empregada para tanto é a de Van Creveld (1991). A escolha não foi acidental. Ao adotar um posicionamento abertamente anti-clausewitziano, Van Creveld incita

---

poder acessá-lo, independentemente de fatores externos. Enquanto tecnologia é um recurso carente de rivalidade, diversos fatores interferem no seu acesso. Por exemplo, o acesso a um telefone celular – ou à telefonia de modo geral – varia de acordo com a renda e com a localização geográfica do consumidor. No sistema internacional, o acesso a armas nucleares é regulado por dispositivos jurídicos que impedem que todos os países as desenvolvam. Por isso, entendemos, no âmbito deste trabalho, que tecnologia não é um recurso comum. É justamente por isso que ela é capaz de gerar um diferencial de capacidade entre forças armadas de diferentes países.

<sup>28</sup> “Uma orquestração de fenômenos para o nosso emprego” (ARTHUR, 2011, p. 53).

<sup>29</sup> Aliado ao debate sobre tecnologia está o debate sobre inovação. Ainda que o âmbito deste trabalho não seja inovação, o entendimento geral aqui é o de que podemos diferenciar “tecnologia” e “inovação” a partir dos resultados que cada uma proporciona. Enquanto tecnologia gera resultados concretos e previsíveis, inovação é um processo fundamentado por incertezas. Em outras palavras, enquanto a tecnologia garante que determinado resultado será alcançado, a inovação aposta em possibilidades.

questionamentos sobre a própria natureza da guerra e permite cruzar os seus argumentos com o de outros autores. Ainda que debater a natureza da guerra fuja do escopo geral desta tese – um esforço contundente neste sentido pode ser encontrado em Lonsdale (2004) – a discussão é importante pois compõe a base ontológica para a compressão do desenho de força. Afinal, compreender a natureza do fenômeno é um passo necessário para todo o processo de planejamento militar. Portanto, algumas notas da próxima seção são dedicadas a este objetivo.

## 2.2 TECNOLOGIA E GUERRA: DA PEDRA LASCADA AO COMPUTADOR

Tentativas de compreender a relação entre tecnologia e guerra são abundantes na literatura. Em geral, estes trabalhos partem de análises históricas a fim de averiguar o impacto que a introdução de diferentes tecnologias gerou na guerra e/ou nas forças armadas, tanto dentro quanto fora do campo de batalha.<sup>30</sup> Em *Technology and War*, por exemplo, Martin Van Creveld (1991), parte de uma premissa simples: a tecnologia governa a guerra. Neste sentido, todo o universo que permeia o conflito militar está sujeito a transformações causadas pela tecnologia: causas e objetivos; planejamento, execução e avaliação; estratégia e operações; logística; cadeias de comando e controle; etc.

Alguns autores mais contemporâneos, como Alex Roland (2016), reafirmam a ideia de Van Creveld (1991) ao assumir que a tecnologia modificou a guerra mais do que qualquer outra variável na história. Segundo ele, ainda que a prática da guerra também tenha sido largamente influenciada por fatores políticos, econômicos, ideológicos, culturais, táticos, estratégicos, psicológicos, entre outros, nenhuma destas

---

<sup>30</sup> Logo após a Primeira Guerra Mundial, o cientista político Quincy Wright e seus colegas da *University of Chicago* deram início a um projeto de pesquisa interdisciplinar cujo objetivo era estudar as causas da guerra. O projeto resultou em mais de cinquenta publicações, incluindo a principal obra do autor, “*A Study of War*” (1942). Em seu livro, Wright desenvolveu um modelo evolutivo da guerra baseado em quatro estágios (animal, primitivo, civilizado, moderno), cada qual amparado por um agente causal (indefinido, sociedade, sistema internacional, tecnologia) e por uma disciplina explanatória distinta (psicologia, sociologia, direito internacional, ciência). A transição de um estágio para o outro, segundo Wright, foi causada por mudanças nas formas de comunicação: falada, escrita e imprensa, respectivamente. Apesar de datado – e, segundo a crítica de Roland (1997), extremamente determinista por sugerir que a tecnologia é a causa da guerra moderna –, o modelo de Wright proveu uma base sólida para a discussão sobre guerra e tecnologia que o precederia.

variáveis é capaz de explicar a evolução da prática da guerra tão adequadamente quanto a tecnologia.<sup>31</sup>

Uma discussão mais aprofundada, relacionando a natureza e o caráter da guerra, contudo, está ausente destas obras.<sup>32</sup> Neste sentido, a maior parte dos autores ou ignora ou aborda apenas superficialmente a necessidade de delimitar claramente as diferenças entre a guerra e o fazer da guerra. Esta distinção não é muito clara em língua portuguesa, mas fica evidente em inglês, em que o substantivo guerra adota duas formas distintas. A primeira, “*war*”, diz respeito ao conceito de guerra, e, portanto, está relacionado à sua própria natureza. Por natureza entendem-se as qualidades essenciais do conceito. A segunda forma, “*warfare*”, diz respeito à prática, ou ao caráter, da guerra (LONSDALE, 2004).<sup>33</sup>

<sup>31</sup> O autor sugere um experimento mental interessante para amparar a sua tese: seria Alexandre, o Grande, capaz de conquistar o Afeganistão novamente no século XXI? Para Roland (2009; 2016) ainda que Alexandre dominasse os princípios fundamentais e imutáveis da guerra – definidos para o autor a partir de uma visão jominiana como objetivo, ofensiva, concentração de força, economia de força, manobra, unidade de comando, segurança, surpresa e simplicidade –, o mesmo não conseguiria aplicar as tecnologias disponíveis na atualidade para alcançar os seus objetivos militares. A razão da sua incapacidade seria justamente as mudanças tecnológicas ocorridas desde o século IV a.C. e as decorrentes transformações no caráter do fenômeno.

<sup>32</sup> Em outras obras, notadamente *The Transformation of War* (1991), Van Creveld trata da mudança da natureza guerra. Seu principal argumento é que o conceito estaria se distanciando da ideia clausewitziana de “política por outros meios”. A ideia é compartilhada por uma série de autores contemporâneos, incluindo Heisburg (1997), Arquilla e Ronfeldt (1997), Coker (1998) e Leonhardt (1998), que atribuem esta mudança nas qualidades essenciais da guerra à inovação tecnológica e ao advento da Era Digital. Esta percepção não é totalmente clara em *Technology and War* (1991). Neste sentido, é importante salientar que a primeira edição de *Technology and War* data de 1989, ao passo que *The Transformation of War* foi publicado pela primeira vez em 1991. Portanto, é possível que o autor ainda não tivesse desenvolvido completamente a sua crítica quando do lançamento da primeira obra.

Vale ressaltar, contudo, que nem por isto Van Creveld deixa de ser crítico em relação a aplicabilidade de Clausewitz na contemporaneidade, como pode ser visto em diferentes passagens. Por exemplo, Van Creveld (1991, p. 232) chega a afirmar que “technology does not just represent an assemblage of hardware but a philosophical system. As such, technology affects not only the way war is conducted and victory is sought, but that very framework that we use for thinking about it” (“tecnologia não representa apenas uma montagem de hardware, mas um sistema filosófico. Como tal, a tecnologia afeta não apenas a forma como a guerra é conduzida e a vitória é procurada, mas a própria estrutura que usamos para pensar sobre isso”). A conclusão a que o autor chega a partir daí é que “far from being somehow ‘objective’ or ‘given’, the framework has been shown to be the product of specific historical circumstances. Since historical circumstances are always in a state of flux, a framework useful at one moment is likely to be out-of-date, even positively harmful, in the next. In the light of military technological progress, our thinking about both technology and war may need to be revised” (“longe de ser de alguma forma ‘objetivo’ ou ‘dado’, o quadro mostrou ser o produto de circunstâncias históricas específicas. Como as circunstâncias históricas estão sempre em um estado de fluxo, uma estrutura útil em um momento provavelmente será desatualizada, e mesmo prejudicial, no próximo. À luz do progresso tecnológico militar, nosso pensamento sobre tecnologia e guerra talvez precise ser revisado”).

<sup>33</sup> Roland (2016, p. 04-05) diferencia “*war*” e “*warfare*” da seguinte forma: o primeiro conceito, de raiz weberiana, sugere que “war [...] is organized, armed conflict between states” (“guerra [...] é conflito

Como veremos a seguir, a partir de alguns exemplos empíricos, a natureza da guerra é uma constante histórica. Em outras palavras, as suas qualidades essenciais permaneceram inalteradas ao longo do tempo. Estas qualidades foram apontadas por Carl Von Clausewitz em seu emblemático *Da Guerra* (2003), e podem ser resumidas pela ideia de que a guerra é sempre um ato político. A diferença entre um ato político e um ato de guerra está nos meios utilizados para alcançar o objetivo estabelecido. Por

---

armado organizado entre Estados”). O segundo, por sua vez, “is the conduct of war against an enemy” (é a conduta da guerra contra um inimigo”). Desta forma, guerra é definida enquanto um estado ou uma condição, “timeless and universal” (“atemporal e universal”) (ROLAND, 2009, p. 02), ao passo que o fazer da guerra é definido como uma atividade. Neste sentido, é possível concluir que, enquanto a natureza da guerra é uma constante ao longo da história, seu caráter está em constante transformação.

<sup>33</sup> No que diz respeito a tecnologias de uso militar, o autor chama atenção para o surgimento do carro de guerra (“*chariot*”) e do arco (composto) e para as mudanças táticas causadas pelo seu emprego na Era das Ferramentas. “Provided only that the terrain was open and flat, the introduction of the arrow-shooting chariot put such formations [men on foot] on the horns of a dilemma, compelling them to carry two contradictory movements at once. If the infantry stayed together they would come under long-distance fire to which they had no counter, and for which, moreover, they represented an ideal target. If, on the other hand, they took the opposite course and dispersed, they would easily be overrun” (desde que o terreno fosse aberto e plano, a introdução do carro de tiro de flecha colocava tais formações [de homens a pé] em um dilema, obrigando-os a desenvolver dois movimentos contraditórios ao mesmo tempo. Se a infantaria ficasse junta, eles ficariam sob fogo de longa distância para o qual não tinham capacidade de contra-atacar, e para o qual, além disso, eles representavam um alvo ideal. Se, por outro lado, eles tomassem o curso oposto e se dispersassem, eles seriam facilmente devastados”) (VAN CREVELD, 1991, p. 13). Segundo ele, a vantagem advinda do desenvolvimento destas tecnologias permitiu que os povos das estepes asiáticas se expandissem rapidamente em direção a Europa. Em relação ao carro de guerra, mais especificamente, é interessante notar que o seu surgimento contribuiu para a formação de um dos primeiros grupos mercenários conhecidos, os *maryannu*. Se é difícil afirmar exatamente quando surgiu o carro de guerra, algo em torno de 2000 a.C., as razões por trás de seu declínio são igualmente debatidas. Enquanto alguns autores afirmam que a passagem da Idade do Bronze para a Idade do Ferro permitiu que a infantaria resistisse ao choque dos carros, outros acreditam que sua construção era economicamente insustentável no longo prazo. Outra possível explicação reside em mudanças táticas introduzidas pelos guerreiros das estepes, que passaram a combater em linhas, intimidando a ação dos cavalos (ROLAND, 2016, p. 18). Apesar do carro de guerra ter perdido centralidade na guerra a partir de aproximadamente 1200 a.C., Roland (2016) considera que ele foi a primeira tecnologia responsável pela ocorrência de uma “revolução militar”. Nas palavras do autor, revoluções militares são transformações na prática da guerra “so profound and sweeping that they not only redefine the nature of warfare but also change the course of history by shifting the relationship between states and access to coercive power” (“tão profundas e abrangentes que não só redefinem a natureza da prática da guerra, mas também mudam o curso da história ao redefinir a relação entre os Estados e o acesso ao poder coercivo”) (ROLAND, 2016, p. 19). Esta revolução instaurou ainda o que o autor chama de “*first combined-arms paradigm*”. Segundo ele, a partir de então a ideia de poder militar seria construída a partir da combinação de uma “*phalanx of foot soldiers, supported by mounted warriors and light cavalry auxiliaries*” que “*for thousand years [...] deployed basically the same arsenals*” (ROLAND, 2016, p. 20-21). Ao longo do tempo, o paradigma foi marcado pela alternância de ciclos de prevalência de infantaria ou de cavalaria, mas “the technology of classical and medieval land warfare remained fundamentally the same, locked in a static paradigm of field combat” (“a tecnologia da guerra terrestre clássica e medieval permaneceu fundamentalmente a mesma, trancada em um paradigma estático de combate de campo”) (ROLAND, 2016, p. 22).

outro lado, a prática da guerra tem se modificado constantemente desde o advento das primeiras ferramentas de pedra lascada até a introdução das armas de energia direta.

Para compreender melhor de que forma essas mudanças ocorreram, a literatura tradicionalmente divide a história em períodos de tempo cujas características gerais foram profundamente afetadas pelo surgimento de determinadas tecnologias (BLACK, 2016). Tomando novamente Van Creveld (1991) e Roland (2016) como referência, veremos que, apesar de cada autor trabalhar a partir de periodizações distintas, é possível identificar alguns pontos de convergência entre seus argumentos. Estes pontos, em geral, são compartilhados por outros autores que se propuseram a enfrentar problemas semelhantes, tais como Dunnigan (1996), McNeil (1982), Black (2016), entre outros.

O trabalho de Van Creveld (1991), por exemplo, enxerga a história por meio de três variáveis: os materiais, as fontes de energia e a intensidade dos processos de desenvolvimento tecnológico. A partir da interação destas variáveis, o autor identifica a existência de quatro momentos históricos distintos, os quais chama de Era das Ferramentas, Era das Máquinas, Era dos Sistemas e Era da Automação. Segundo esta lógica, enquanto a Era das Ferramentas foi marcada pelo emprego de materiais orgânicos – pedra, madeira, cobre e bronze –, pelo trabalho animal e humano como fonte de energia, e por progresso tecnológico temporalmente dilatado, a Era da Automação é caracterizada pelo emprego de materiais sintéticos, cerâmicos e supercondutores, pela energia atômica, e por progresso tecnológico concentrado em intervalos de tempo curtos.

Alex Roland (2016), por sua vez, parte de uma periodização histórica igualmente simplificada, mas um pouco mais tradicional, baseada nos períodos pré-histórico, neolítico, antigo, clássico, medieval, moderno e contemporâneo. Uma abordagem mais linear é igualmente utilizada por Dunnigan (1996) e McNeil (1982). Ainda que estes autores não utilizem a periodização tradicional de Roland (2016), suas análises também estão amparadas em uma visão sistemática que se utiliza de fatos históricos para definição de seus respectivos recortes analíticos.

Outros autores, como Friedman e Friedman (1996), por sua vez, estudam o tópico a partir das transformações da guerra em cada um de seus domínios tradicionais:

terra, mar, ar e espaço sideral. Autores mais contemporâneos tratam ainda daquele que vem sendo chamado de quinto domínio, o ciberespaço.<sup>34</sup> Esta abordagem aparece tanto de forma complementar às periodizações tradicionais mencionadas anteriormente, quanto de maneira autônoma.

Qualquer que seja a periodização adotada, é possível identificar algumas conclusões comuns a todas as abordagens. Primeiro, o entendimento de que o desenvolvimento de uma nova tecnologia não implica necessariamente o desaparecimento daquelas que a precederam. Embora muitas tecnologias percam relevância com o passar do tempo, é possível observar a sobreposição de corpos tecnológicos distintos em períodos históricos distintos. Esta ideia nem sempre é evidente, sobretudo quando a introdução de novas tecnologias é vista de maneira revolucionária, mas passa a fazer sentido quando pensada em termos evolucionários. Por exemplo, ainda hoje utilizamos ligas metálicas desenvolvidas há centenas de anos, mas muitas vezes os métodos de processamento dos metais variam de lugar para lugar.<sup>35</sup> O caso do estilingue também ilustra esta ideia, uma vez que a arma permaneceu sendo utilizada mesmo depois da introdução das armas de fogo em diversas regiões (BLACK 2016). Isto não significa que revoluções não ocorram. Contudo, identificá-las pode ser uma tarefa desafiadora, sobretudo quando os

---

<sup>34</sup> Apesar de o discurso oficial de países como Brasil e Estados Unidos tratar o ciberespaço como domínio operacional, a ideia ainda encontra oposição na academia. Cepik, Canabarro e Borne (2015, p. 24), por exemplo, afirmam que “[...] cyberspace is not a domain that can be isolated from others exactly due its pervasiveness to all human activities. In this sense, cyberspace can be treated as a separated warfighting domain only for logistical and command and control purposes and even this trend could be argued against” (“o ciberespaço não é um domínio que pode ser isolado dos demais exatamente em virtude de sua pervasividade sobre todas as atividades humanas. Nesse sentido, o ciberespaço pode ser tratado como um domínio em separado somente para propósitos de logística e de comando e controle, e mesmo essa tendência pode ser questionada”). Segundo o entendimento dos autores, portanto, a onipresença do ciberespaço faz com que ele seja, antes, parte integrante dos domínios tradicionais de operação.

<sup>35</sup> Infelizmente, a informação disponível sobre artefatos anteriores a aproximadamente 1800 é bastante escassa. É praticamente impossível determinar com exatidão quando e onde surgiram a lança, o arco, ou a espada, por exemplo. Entre 1995 e 1998, contudo, oito lanças de madeira foram encontradas em uma mina na cidade de Schöningen, Alemanha. Os artefatos são, possivelmente, os exemplos mais antigos conhecidos de armas fabricadas pelo gênero *Homo*. Estima-se que as “Lanças de Schöningen”, como ficaram conhecidas, possam ter sido usadas pelo *Homo heidelbergenses* para caça e defesa entre 320 e 300 mil anos atrás. Isto leva a crer, nas palavras de Roland (2016, p. 08), que o “*Homo sapiens* was born armed” (“o *Homo sapiens* nasceu armado”). Segundo o autor, restaria saber se estes artefatos, notadamente tecnologias de emprego dual, também foram utilizados para a guerra. A resposta mais provável é que sim.

processos são analisados a posteriori, aumentando o risco de que mudanças incrementais fiquem “invisíveis” aos olhos do pesquisador.

De modo geral, a história foi caracterizada por progresso tecnológico lento, porém constante. Neste sentido, é difícil atribuir as vitórias militares simplesmente ao predomínio tecnológico de um dos lados, qualquer que seja o período analisado. Apesar da recorrência do mito da “bala de prata” reforçar a noção de que o sucesso militar está exclusivamente atrelado ao emprego de artefatos tecnológicos, aspectos imateriais também causam impacto positivo em campo de batalha. Segundo Michael Howard (1976, p. 62), “Developments in weapon technology alone do not provide an adequate explanation to the change which came over European warfare between the time of Gustavus Adolphus and that of Frederick the Great”. De acordo com seu raciocínio, “The really significant changes took place, not in the tools with which the armies operated, but in the structure of the armies themselves and of the states which employed them”.<sup>36</sup> Para ser efetivo, o comandante militar sempre dependeu do estabelecimento de uma correta combinação de armas, consideradas as vantagens e desvantagens de cada uma, tanto individual quanto coletivamente.

Um padrão evolutivo semelhante pode ser visto em relação à tecnologia naval. O período entre 1500 e 1800, por exemplo, foi marcado por uma grande evolução incremental no mar, tanto no que diz respeito à engenharia das embarcações, quanto às próprias técnicas de navegação.<sup>37</sup> Combinados, estes fatores atribuíram velocidade e manobrabilidade às naves e permitiram que elas aumentassem a sua tonelagem. Embarcações mais robustas, por sua vez, passaram a ser capazes de navegar o ano inteiro e por intervalos de tempo maiores. Não é à toa que o período foi marcado pelas Grandes Navegações e pela inauguração dos impérios ultramarinos de Itália, Portugal, Espanha, Holanda e Inglaterra (ARRIGHI, 2008).<sup>38</sup>

---

<sup>36</sup> “O mero desenvolvimento tecnológico dos sistemas de armas não provê uma explicação adequada para a mudança observada na guerra europeia no período entre Gustavo Adolfo e Frederico, o Grande. As mudanças realmente significativas não se deram nas ferramentas com as quais os exércitos operavam, mas na sua própria estrutura e na estrutura dos estados que os empregavam” (HOWARD, 1976, p. 62).

<sup>37</sup> As criações da bússola e do sextante moderno também merecem destaque neste sentido, pois permitiram a realização de viagens mais longas.

<sup>38</sup> Também é importante salientar que avanços semelhantes também ocorreram no Oriente no mesmo período. Neste sentido, vale ressaltar a qualidade das embarcações chinesas, muitas vezes comparadas em termos de tamanho, navegabilidade e tonelagem às embarcações européias.

Um segundo ponto de convergência na literatura diz respeito ao impacto de tecnologias civis sobre a prática da guerra. Ao longo da história, o desenvolvimento de tecnologias civis – técnicas para preservação de alimentos, medicamentos, materiais, comunicações, etc. – muitas vezes deu origem a um ciclo de retroalimentação no qual capacidades militares foram determinadas por tecnologias civis que, por sua vez, desenvolveram-se justamente em resposta a demandas militares. O telégrafo óptico, por exemplo, permitiu o emprego de táticas mais flexíveis e proporcionou ao comandante maior liberdade no teatro de operações.<sup>39</sup> Ao mesmo tempo, contudo, seu alcance reduzido obrigou os exércitos a operarem em unidades de tamanho limitado. Estima-se que entre 500 a.C. e 1500 a maior parte dos exércitos tenha sido composta por no máximo 100 mil homens operando em uma frente de batalha de não mais de sete quilômetros (VAN CREVELD, 1991, p. 40). No nível estratégico, a comunicação era lenta e imprevisível. A eficiência de mensageiros e pombos-correio, por exemplo, estava sujeita não apenas às condições climáticas, mas também à existência de mapas e vias de transporte minimamente confiáveis.

Assim como o telégrafo, as estradas de ferro também funcionam a partir de uma abordagem sistêmica, onde o movimento de cada trem deve ser coordenado em relação ao dos demais. A partir dos anos 1840, estradas de ferro passaram a ser utilizadas também para o deslocamento de tropas e de seus suprimentos.<sup>40</sup> Isto gerou uma nova onda de especialização nas forças armadas, que passaram a depender do trabalho de engenheiros e técnicos capazes de pensar, coordenar e operar as malhas ferroviárias de maneira eficiente.

---

<sup>39</sup> O telégrafo semaforico de Chappe, criado em 1792, representa uma das invenções que melhor traduz a engenharia de sistemas da virada dos séculos XVIII para o XIX.<sup>39</sup> Ainda que a ideia fundamental de Chappe não fosse original – sistemas parecidos já existiam na Roma Antiga – “the distinguishing feature that made the telegraph into a system was not just the simple hardware employed [...] but rather its absolute dependence on the quality of the software employed” (“a característica distintiva que fez do telégrafo um sistema não foi apenas o hardware empregado [...] mas, antes, a sua absoluta dependência do software utilizado”) (VAN CREVELD, 1991, p. 156). Cerca de quarenta anos depois, em 1836, a invenção do telégrafo elétrico estimulou também a expansão das estradas de ferro em todo o mundo.

<sup>40</sup> A introdução das estradas de ferro enfrentou algumas resistências, em especial na Prússia, por estar associada a abertura de canais para invasões inimigas. De fato, durante toda a década de 1850, a Prússia viveu alguns fracassos militares (notadamente em Olmutz, em 1852, e em Rhine, em 1859) associados a incapacidade de coordenar a ação militar e o uso em larga escala das estradas de ferro. Os fracassos, contudo, levaram os prussianos, sob comando de Wilhelm I e Helmut von Moltke, a investirem na construção e modernização de suas malhas ferroviárias.

Em termos organizacionais, as mesmas invenções que contribuíram para avanços comunicacionais neste período, além do telégrafo, o papel e a prensa, também contribuíram para o estabelecimento de exércitos profissionais permanentes. Primeiro, porque facilitaram o armazenamento e disseminação de informação – o que gerou também mudanças na educação militar, inclusive no que se refere à formalização do conhecimento –; segundo porque levaram a reformas administrativas que permitiram a incorporação de mais homens nas forças armadas.<sup>41</sup> Na medida em que os Estados europeus se fortaleceram, incorporando a lógica capitalista de acumulação de riqueza na sua razão de ser (ARRIGHI, 2008), estes puderam incorporar também tarefas militares que até então eram atribuídas a terceiros. Assim, os exércitos mercenários comuns entre os séculos XVI e XVII foram gradualmente substituídos por forças permanentes em praticamente toda a Europa.<sup>42</sup>

Portanto, a partir de aproximadamente meados dos 1800, registrou-se uma nova mudança fundamental na relação entre tecnologia e guerra. Se até então o fazer da guerra estava baseado no uso individual de ferramentas, estas passaram a ser integradas em complexos compostos por diferentes artefatos, grande medida em função da Revolução Industrial.<sup>43</sup> Nas palavras de Van Creveld (1991, p. 153), “For the

---

<sup>41</sup> Em relação a formalização do conhecimento, e neste período que tratados militares começam a ser reconhecidos e incorporados na educação. Segundo Van Creveld (1991, p. 142), “by the end of the sixteenth century it was possible to read, either in the original or in translation or both, modern editions of Thucydides, Xenophon, Polybius, Caesar, Livius, Onasander, Polynaeus, Frontinus, and Vegetius” (“ao final do século dezesseis, era possível ler, tanto no original, quanto a partir de traduções, edições modernas de Tucídides, Xenofonte, Políbio, César, Lívio, Onasandro, Frontino e Vegécio”). Além disto, este período também foi responsável pelo surgimento de uma série de periódicos militares editados em diferentes idiomas, incluindo alemão, espanhol, francês e inglês. A partir daí, começou a desenvolver-se a ideia de que a guerra não é apenas uma atividade prática, mas que está ancorada em um conhecimento teórico específico. Este conhecimento teórico específico, por sua vez, passou a ser atribuído e a caracterizar um corpo de profissionais acadêmico e tecnicamente versados. Outro fator responsável pela profissionalização militar registrada na Era das Máquinas foi o aumento da especialização dos combatentes em determinadas técnicas e sistemas de armas. Não por acaso, os primeiros ramos das forças armadas a adquirirem um viés mais profissional foram justamente a artilharia e a engenharia. Foram estes também os responsáveis pela fundação das primeiras instituições de ensino militar, a partir do século XVI.

<sup>42</sup> Para mais informações sobre este processo de substituição dos exércitos mercenários, ver Borne (2008).

<sup>43</sup> A Revolução Industrial foi responsável, ainda, por uma alteração fundamental na forma como as sociedades percebem o progresso tecnológico. De acordo com Van Creveld (1991, p. 218), a partir de então este se tornou sustentável e as pessoas tomaram consciência da sua ocorrência. Desta forma, “a transition took place from a situation in which inventions were for the most part not only exceptional but accidental and unexpected, to one in which technological change – and the anticipation of technological change – became the normal state of affairs. Applied to the military sphere, this meant that war itself became an exercise in managing the future, and the most successful commanders were not those most

first time, not only men but technological devices as well were integrated into systems”.<sup>44</sup> Em outras palavras, para utilizar as noções apresentadas na seção anterior, a partir do século XIX, a guerra começa a ter um corpo tecnológico mais bem definido.

Desta forma, “[...] the technological revolution that opened with the telegraph and the railway very largely turned war itself into a question of managing complex systems”. Ademais, “Time after time some new tactic of technological device seemed to offer a way out, but in each case the end result was more integration, not less” (VAN CREVELD, 1991, p. 161).<sup>45</sup> Esta integração permitiu que forças cada vez maiores fossem mobilizadas, administradas e empregadas contra o inimigo. Neste sentido, a guerra ganhou em escala, e passou a envolver, ainda que às vezes indiretamente, nações inteiras.

Finalmente, um terceiro entendimento comum na literatura é o de que nem sempre a evolução de armas e outros instrumentos de guerra foi determinada somente por considerações racionais sobre suas utilidades técnicas, capacidades ou efetividade. Pelo contrário: muitos fatores irracionais, imaterias e não necessariamente utilitaristas<sup>46</sup>

---

experienced in the ways of the past but, on the contrary, those who realized that the past would not be repeated” (“ocorreu uma transição de uma situação em que as invenções não eram apenas excepcionais, mas acidentais e inesperadas, em que a mudança tecnológica – e a antecipação da mudança tecnológica – tornou-se a situação normal. Aplicada à esfera militar, isso significava que a própria guerra se tornou um exercício na gestão do futuro, e os comandantes mais bem-sucedidos não eram os mais experientes nos caminhos do passado, mas, ao contrário, aqueles que perceberam que o passado não seria repetido”). Assim, além de deliberado, o progresso tecnológico também se tornou previsível. A partir de 1830, a inovação tecnológica de caráter militar tornou-se não apenas rápida, mas institucionalizada e permanente.

<sup>44</sup> “Pela primeira vez, não apenas homens, mas também dispositivos tecnológicos foram integrados em sistemas” (VAN CREVELD, 1991, p. 153).

<sup>45</sup> “A revolução tecnológica que começou com o telégrafo e a estrada de ferro logo tornou a própria guerra uma questão de administração de sistemas complexos. Muitas vezes, uma nova forma de emprego tático de um dispositivo tecnológico pareceu oferecer uma saída para a questão, mas o resultado foi sempre mais integração, não menos” (VAN CREVELD, 1991, p. 161).

<sup>46</sup> Van Creveld (1991, p. 73-74) discute a utilidade de tecnologias bélicas a partir de uma visão culturalista. Segundo ele, “weapons too complex to serve a practical purpose are only irrational if we think of them as hardware designed to do work, in this case the work of war. However, the idea that war is akin to work is a peculiarity of the present industrial age. It was certainly not shared by many previous societies to which war and work represented opposites [...] During much of history, in fact, far from regarding war as a violent means for pursuing political ends, people thought of it as part vacation, part game, part a somewhat form of sport. As a result, the technology designed for it often took on a toylike character, manifested in an obsession with complexity for its own sake” (“armas muito complexas para servir a propósitos práticos são apenas irracionais se pensarmos nelas como um hardware projetado para fazer um trabalho, neste caso, o trabalho de guerra. No entanto, a idéia de que a guerra é semelhante ao trabalho é uma peculiaridade da atual era industrial. Certamente, não foi compartilhada por muitas sociedades anteriores, para as quais a guerra e o trabalho representavam opostos [...] Durante uma grande parte da história, de fato, longe de considerar a guerra como um meio violento para perseguir fins

também contribuíram para a inovação tecnológica, ainda que muitas vezes isso tenha gerado resultados disfuncionais. Exemplo disto são as armaduras finamente ornamentadas dos cavaleiros germânicos e italianos, tão pesadas que praticamente impediam o combate desmontado. Além disto, ao longo da história, o emprego de algumas tecnologias foi considerado desleal em campo de batalha. Se hoje o uso de armas químicas é uma prática contestada pela comunidade internacional, no século XII o emprego da besta foi banido pelo Concílio de Letran de 1139, dado a sua letalidade.

Além destes pontos comuns, é interessante identificar como algumas tecnologias são tratadas de formas muito semelhantes pela literatura. Neste sentido, a ideia de que determinadas invenções causaram um impacto perene – ou revolucionário – na prática da guerra é bastante comum. O surgimento da pólvora e das armas de fogo é um caso abordado por diversos autores.<sup>47</sup> Especialmente na Europa, o seu desenvolvimento introduziu uma mudança fundamental na organização das forças armadas: homogeneidade. Ao final do século XVI, quase todos os exércitos europeus estavam equipados mais ou menos da mesma maneira. O processo ocorreu de forma gradual e enfrentou resistências diversas, tanto de ordem cultural – armas de fogo puseram a vida dos nobres à mercê de camponeses –, quanto de ordem tática – armas de fogo eram mais imprecisas, mais lentas, e menos confiáveis do que arcos ou do que artilharia

---

políticos, as pessoas pensavam nela como parte férias, parte jogo, parte de uma forma de esporte. Como resultado, a tecnologia projetada para ele geralmente assumiu aspectos de brinquedo, manifestados em uma obsessão por complexidade como um fim em si”).

<sup>47</sup> Segundo Van Creveld (1991), até a introdução da pólvora, a prática da guerra resumia-se ao combate. A partir de então, contudo, esta visão foi abolida e o combate passou a ser considerado como o principal meio utilizado na guerra, mas não um fim si mesmo. Para Roland (2016), a pólvora também foi responsável pelo fim do último ciclo de cavalaria do primeiro paradigma, marcado pela figura do cavaleiro medieval. O cavaleiro medieval, de acordo com o autor, era uma peça central do sistema feudal, pois representava, ao mesmo tempo, uma autoridade militar, política, econômica, cultural e social. A fragilidade do cavaleiro medieval frente ao fogo direto e indireto introduzido em campo de batalha a partir do século XVI fez com que o mesmo perdesse importância tática. Neste sentido, a figura do artilheiro ganhou destaque com a inauguração do que o autor denomina de “second combined-arms paradigm” (“segundo paradigma de armas combinadas”), marcado essencialmente por “variations in three combat arms – infantry, cavalry, and artillery – all of them empowered by chemical energy and saturating the battlefield with firepower” (“variações nas três armas de combate – infantaria, cavalaria e artilharia – todas empoderadas por energia química e saturando o campo de batalha com poder de fogo”) (ROLAND, 2016, p. 39). Ademais a pólvora permitiu que, pela primeira vez na história, a Europa se impusesse militarmente frente aos “bárbaros” euroasiáticos e africanos, iniciando sua missão civilizatória e suas incursões imperialistas ao redor do mundo.

Roland (2016) afirma que a introdução da pólvora foi apenas a primeira etapa de uma revolução mais ampla, baseada na combustão de compostos de carbono. Por esta razão, o autor chama o período entre os séculos XVI e XX de “Era do Carbono”. Neste sentido, ele acredita na ocorrência de “revoluções dentro da revolução”, cada qual marcada pelo emprego de um novo combustível.

mecânica tradicional.<sup>48</sup> Não obstante, parece haver consenso sobre a ideia de que elas modificaram o fazer da guerra de diferentes formas.

Primeiro, porque aumentaram a capacidade de as tropas causarem dano a distância utilizando projéteis mais pesados e propelidos com maior energia (ROLAND, 2016, p. 37). Segundo, porque estabeleceram o padrão de combate combinado de infantaria e de artilharia que se mantém vigente ainda hoje. Terceiro, porque transferiram o ônus do combate das capacidades físicas para as capacidades técnicas dos soldados. Uma vez que manejar uma arma mais complexa requer conhecimento especializado, passa a ser necessário oferecer treinamento aos combatentes. Além disso, a pólvora e as armas de fogo também modificaram as táticas de cerco e influenciaram a arquitetura das fortificações, que tiveram de se adaptar ao poder de destruição crescente dos canhões.

Ao longo de quase um século, portanto, os países tiveram de se adaptar a toda sorte de mudanças trazidas pela Revolução Industrial. O processo desencadeou reformas administrativas e organizacionais com o objetivo de otimizar a alocação de recursos e a mobilização de pessoas para combaterem na Primeira Guerra Mundial. Neste sentido, a combinação destes dois fatores, a Revolução Industrial e a Primeira Guerra Mundial, permitiu que os estados se transformassem em verdadeiros “sistemas

---

<sup>48</sup> Vale ressaltar que algumas tecnologias não necessariamente militares também contribuíram para a evolução da prática da guerra neste mesmo período. “The impact of gunpowder on warfare made itself felt in the field of tactics above all. Its effect on organization, logistics, intelligence, command and control, and on strategy itself, was much less, and for the most part indirect. To understand the technological reality underlying the evolution of warfare in these fields, it is necessary to turn mainly to nonmilitary technology” (“o impacto da pólvora na guerra se fez sentir no campo das táticas acima de tudo. O efeito sobre organização, logística, inteligência, comando e controle, e sobre a própria estratégia, foi muito menor e, na sua maioria, indireto. Para entender a realidade tecnológica subjacente à evolução da guerra nesses campos, é necessário olhar principalmente para tecnologia não-militar”) (VAN CREVELD, 1991, p. 111). Neste sentido, é interessante mencionar, por exemplo, a relevância do papel como mídia para transmissão de conhecimento, da prensa, de técnicas mais modernas de cartografia e de dispositivos para medição do tempo, que influenciaram sobremaneira a transmissão de informações e as cadeias de comando e controle na guerra. Apesar destes avanços, os sistemas de comunicação continuaram, grosso modo, precários. Assim, no século XVIII, “the combination of large numbers with weak communications technology compelled commanders to search for new organizational forms, which in turn would not have been possible without corresponding changes in doctrine and training” (VAN CREVELD, 1991, p. 121). Desta forma, paulatinamente os exércitos passaram a ser divididos em unidades menores, ganhando autonomia, mobilidade e velocidade, e permitindo ao comandante a execução de uma ampla série de manobras. Isto, por sua vez, gerou um impacto estratégico significativo – a já mencionada dissociação entre prática da guerra e combate –, ao mesmo tempo em que colocou em xeque a então popular guerra de sítio.

sociais” (VAN CREVELD, 1991, p. 163), voltados quase que exclusivamente para o desenvolvimento de capacidades militares.

A partir de então, o fazer da guerra passou a depender de uma complexa rede de suporte logístico, de uma miríade de cadeias produtivas, de regulamentações jurídicas, de pesquisa científica e acadêmica. Ou seja, a dependência da guerra de todo o tecido social ficou cada vez mais evidente. A penetração da guerra em outras esferas da vida político-social gerou, neste sentido, uma transformação no conceito de estratégia, que passou a ser indissociável da capacidade de coordenar a distribuição de recursos, tanto humanos quanto materiais, para os esforços de guerra.

No mesmo período, a introdução de novos armamentos, cada vez mais precisos e letais, teve repercussões táticas importantes.<sup>49</sup> Neste sentido, a artilharia ganhou destaque e, conseqüentemente, modificou a condução das operações terrestres, uma vez que os soldados já não podiam mais simplesmente avançar diante das “tempestades de aço” da Primeira Guerra. A primeira resposta tática ao fogo indireto foi o entrincheiramento dos combatentes. A segunda resposta foi sua dispersão.<sup>50</sup> Segundo Stephen Biddle (2006), esta combinação de precisão, letalidade e fogo indireto gerou uma revisão secular nas doutrinas e organizações militares, que passaram a prezar, ademais, baixa exposição e manobrabilidade.<sup>51</sup> Esta combinação está no cerne do que o autor denomina “sistema moderno”.

---

<sup>49</sup> Paradoxalmente, entre 1950 e 1995 o número de baixas, civis e militares, na guerra diminuiu cerca de 82% (ROLAND, 1997). O argumento é sustentado pelo trabalho desenvolvido por Max Roser (2016). Se consideramos a premissa de que a prática da guerra tem sido historicamente determinada por avanços tecnológicos, uma possível conclusão é que no futuro este número tende a diminuir ainda mais. Esta conclusão, contudo, parece incorrer no mesmo determinismo tecnológico presente no já mencionado “*A Study of War*” (1942) de Quincy Wright.

<sup>50</sup> O fogo indireto também culminou em uma revolução logística, já que a partir de então o nível de consumo de munição atingiu um pico histórico.

<sup>51</sup> Dispersão, neste contexto, significa que soldados e unidades passaram a cobrir áreas maiores. Isto, por sua vez, gerou problemas de comando e controle, especialmente em operações ofensivas que impediam o uso de sistemas de comunicação cabeados. A introdução de sistemas sem fio, a partir do advento da eletrônica, modificou esta situação, pois permitiu comunicação em tempo real a despeito da existência de obstáculos e de distanciamento geográfico. Conforme colocado no capítulo anterior, a eletrônica também permitiu a construção dos primeiros sistemas não-tripulados, a partir de 1945, e o desenvolvimento da guerra eletrônica. Neste sentido, “the most important single outcome of technological progress during the decades since World War II has been that, on the modern battlefield, a blizzard of electromagnetic blips is increasingly being superimposed on – and to some extent substituted for – the storm of steel in which war used to take place” (“o resultado individual mais importante do progresso tecnológico desde a Segunda Guerra Mundial foi o da sobreposição crescente – e em alguma medida substituição –, no campo de batalha moderno, de uma tempestade de explosões eletromagnéticas sobre a tempestade de aço que costumava caracterizar a guerra”) (VAN CREVELD, 1991, p. 282).

Igualmente importante para a evolução do sistema moderno foi a aviação e a capacidade de as aeronaves sobrevoarem praticamente todo o tipo de obstáculo. Ainda que o emprego de balões aerostáticos e dirigíveis como instrumentos de guerra remonte a pelo menos o século XVIII – o que por si só denota que o interesse militar sobre o domínio do ar é antigo –, foi somente no início dos 1900s que a ideia começou a decolar. Junto com os primeiros aviões, surgiram também as primeiras teorias sobre poder aéreo. É a partir delas que foi desenvolvida e aplicada, em especial na Segunda Guerra Mundial, a noção de bombardeio estratégico.<sup>52</sup>

A resposta natural ao emprego crescente de aeronaves a partir do final da Primeira Guerra foi o desenvolvimento de formas de combatê-las. Isto, por sua vez, traduziu-se no desenvolvimento de radares e de baterias antiaéreas. Mais uma vez, uma abordagem sistêmica foi aplicada ao problema de como coordenar e integrar as duas invenções. “Since many of the technological instruments employed would only work in combination with all the rest, and since it was absolutely vital that mutual interference be avoided, everything depended on close integration and on taking a systems approach in which the whole predominates over the parts” (VAN CREVELD, 1991, p. 192).<sup>53</sup> Os reflexos desta abordagem foram novamente sentidos na estrutura organizacional das forças armadas, que passaram a empregar mulheres para operação

---

<sup>52</sup> Para Roland (2016, p. 63), a aviação também legou ao mundo um modelo institucional de procedimentos para inovação em tecnologias militares. Segundo ele, “because flight posed more technological challenges than warfare on either land or sea, air power pioneered scheduled obsolescence on a cycle shorter than navies had yet anticipated” (“porque voar representava um desafio tecnológico maior do que a guerra em terra ou mar, o poder aéreo iniciou um processo de obsolescência agendada em menos tempo do que as marinhas tinham previsto”). A seguinte passagem de Van Creveld (1991, p. 231) ajuda a compreender a importância do planejamento nos ciclos de inovação militar: “the long lead times of up to 15 years that often characterize the most modern technologies in particular mean that most wars have to be fought with the hardware at hand. However, those very same lead times also signify that planning has to commence years in advance and involve educated guesses concerning the nature and effect of devices which, as yet, exist only on the drawing boards or simply as semi-articulated ideas in the minds of inventors. The conflicting demands of readiness and of preparation, of present and the future, make the task extremely difficult” (“os longos tempos de espera de até 15 anos que muitas vezes caracterizam as tecnologias mais modernas, em particular, significam que a maioria das guerras deve ser combatida com o hardware disponível no momento. No entanto, esses mesmos tempos de espera também significam que o planejamento deve começar com anos de antecedência e envolver palpites educados sobre a natureza e efeito de dispositivos que, até agora, existem apenas como rascunhos ou simplesmente como idéias semi-articuladas nas mentes de inventores. As exigências conflitantes de prontidão e de preparação, do presente e do futuro, tornam a tarefa extremamente difícil”).

<sup>53</sup> “Uma vez que muitos dos instrumentos tecnológicos utilizados somente funcionariam em combinação com os demais, e uma vez que era absolutamente vital evitar qualquer tipo de interferência mútua, tudo dependia da integração fina e de adotar uma abordagem sistêmica na qual o todo predomina sobre as partes” (VAN CREVELD, 1991, p. 192).

destes sistemas. A integração de radares e baterias antiaéreas com o rádio, bombardeiros, e caças, e a importância da precisão e da velocidade para o funcionamento ótimo destes sistemas, passou então a pressionar os exércitos em direção à automação e conseqüente substituição do trabalho humano. Daí evoluíram os primeiros computadores, anos mais tarde.

Enquanto isto, a introdução de máquinas a vapor modificou a conduta da guerra no mar. Até então, em geral, embarcações de grande porte tinham vantagem sobre embarcações menores. Os novos motores, contudo, garantiram às últimas uma vantagem tática importante, uma vez que podiam atribuir velocidade maior a embarcações mais leves. Quando estas passaram a ser equipadas também com torpedos autopropulsionados, por volta dos anos 1860, as marinhas tiveram de adaptar seus encouraçados<sup>54</sup> para que estes pudessem defender-se contra inimigos cada vez mais velozes e versáteis. Além disto, foram desenvolvidos também embarcações com o principal objetivo de escoltar os encouraçados e protegê-los dos ataques de torpedeiros. No nível estratégico, contudo, máquinas a vapor dependiam do apoio de uma rede de bases e/ou entrepostos de abastecimento, o que prejudicava sua autonomia e, portanto, sua capacidade operacional.

No início da Primeira Guerra, a frota de muitos países estava composta não apenas por encouraçados, torpedeiros e contratorpedeiros, mas também por submarinos. A variedade de embarcações e a necessidade de que estas pudessem se comunicar entre si obrigou as marinhas a adotarem também abordagens sistêmicas para coordenar suas operações. A importância desta abordagem intensificou-se ainda mais a partir do momento em que aeronaves foram também integradas às operações navais, em especial na Segunda Guerra.

Apesar de todos os avanços tecnológicos registrados entre 1939 e 1945, parece haver certo consenso entre a literatura de que o maior legado da Segunda Guerra Mundial foram as armas nucleares (BUZAN, 1987). A busca por supremacia nuclear,

---

<sup>54</sup> A partir de aproximadamente a década de 1870, a capacidade de construir navios encouraçados tornou-se uma questão de orgulho nacional para muitos países. Segundo Van Creveld (1991, p. 207), a percepção de que "every country [...] with a claim to be taken seriously at sea had to possess at least a few of the latest of these behemoths" ("todo país [...] com a intenção de ser levado a sério no mar tinha de possuir ao menos um desses novos gigantes") deu início à primeira corrida armamentista de caráter tecnológico. Esta, contudo, tornou-se insustentável dado o alto custo de construção das embarcações e a relutância dos países em de fato pô-las em operação.

tanto por parte dos Estados Unidos, quanto por parte da União Soviética, durante a Guerra Fria, não apenas orientou as relações internacionais, mas também agiu como um dos principais vetores de desenvolvimento tecnológico na segunda metade do século XX. Foi a partir do desenvolvimento de plataformas para o lançamento de artefatos nucleares, por exemplo, que passaram ser desenvolvidas capacidades espaciais em ambos os países.<sup>55</sup>

Consideramos, contudo, que para os fins deste trabalho a grande contribuição da Segunda Guerra Mundial foi o desenvolvimento da computação e, conseqüentemente, a inauguração de um novo período histórico. Van Creveld (1991) chama este período de Era da Automação. Sua taxonomia está baseada na percepção de que a partir de meados do século XX a transmissão, o processamento e o armazenamento de dados passaram a ser o principal desafio das forças armadas. Este desafio, por sua vez, demandou a criação de sistemas automatizados que acabaram por substituir parte da mão-de-obra empregada nestas funções até então. Este período recebeu diferentes nomes ao longo dos últimos sessenta anos, sendo os mais conhecidos Era da Informação e Era Digital. Ambos os conceitos foram desenvolvidos com o objetivo de caracterizar de forma mais ampla os impactos de TIC não apenas no âmbito militar, mas nas relações sociais como um todo.

Qualquer que seja a denominação adotada parece claro que o período contemporâneo está caracterizado pela “manipulação, armazenamento e propagação de informações em formato digital através de dispositivos eletrônicos, o que permitiu o desenvolvimento da computação digital” e de uma série de subprodutos necessários para a viabilização da comunicação entre computadores, inclusive a Internet (CANABARRO, 2014, p. 49). A próxima seção continua o recorrido histórico empreendido até aqui a partir deste entendimento.

### 2.3 GUERRA NA ERA DIGITAL

Segundo Van Creveld (1991), a possibilidade de antever e influenciar os rumos do progresso tecnológico a partir da Segunda Guerra Mundial – a “invenção da

---

<sup>55</sup> Mais sobre capacidades espaciais pode ser encontrado em Martel (2001) e Cepik *et al.* (2015). O tema também será brevemente explorado mais a seguir.

invenção” – adicionou complexidade à prática da guerra. A partir do advento dos primeiros computadores, tanto os equipamentos e sistemas militares, quanto as cadeias logísticas, de treinamento e de manutenção tornaram-se mais complexas. Neste contexto, as instituições também tiveram de se adaptar para lidar com a necessidade de produzir, coordenar, transmitir e estocar informação em ritmo e volume crescentes. O desenvolvimento da computação permitiu que boa parte destas tarefas fosse realizada de forma automatizada. Apesar disso, se por um lado o processo garantiu relativo ganho de eficiência na administração militar, por outro, acelerou ainda mais o ritmo e volume de dados produzidos. Em outras palavras, a partir de então, mais computadores<sup>56</sup> gerariam mais dados, aumentando a demanda por ainda mais computadores...<sup>57</sup>

Ao final da Guerra Fria, os exércitos passaram a se reestruturar ao redor do mundo. O fim da União Soviética não apenas justificou cortes orçamentários e reduções de pessoal, mas também catalisou processos de privatização e de terceirização das forças armadas em muitos países.<sup>58</sup> Nos Estados Unidos, estes

---

<sup>56</sup> Ademais, as forças armadas passaram a contar também com um número crescente de técnicos – grosso modo, analistas de sistemas – responsáveis por operar tais computadores. Os mesmos, segundo Van Creveld (1991), introduziram nas forças armadas, especialmente dos Estados Unidos, a percepção de que seria possível quantificar a prática da guerra por meio de modelos matemáticos. Neste sentido, a visão avançada por esta nova tecnocracia teria contribuído para a derrota do país no Vietnã, sobretudo por desconsiderar fatores irracionais (psicológicos) e/ou não-rationais (naturais) no desenvolvimento do conflito. Paralelamente, começou-se a construir no país o que o ex-presidente Dwight Eisenhower chamou de “complexo militar-industrial”, com o objetivo de institucionalizar a prática de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Nas palavras de Roland (2009, p. 05), “the introduction of systematic, institutionalized innovation makes modern military technology seem radically different from all that went before” (“a introdução sistemática e institucional de inovações faz a tecnologia militar moderna parecer radicalmente diferente de tudo o que veio antes”). Desta forma, diferentemente do que ocorria até antes da Segunda Guerra Mundial, quando um militar provavelmente passaria toda a sua carreira operando com os mesmos instrumentos, desde meados do século XX e cada vez mais difícil afirmar que tecnologia será empregada na próxima guerra.

<sup>57</sup> Vale ressaltar, contudo, que a Era Digital não diz respeito apenas a computadores e dados digitais. Nas palavras de Alvin Toffler e Heidi Toffler (1997, p. XIV), no cerne da revolução digital “*lies a shift in the relationship between tangible and intangible methods of production and destruction alike*”. Neste sentido, “[knowledge] has moved from a peripheral to a central position”. Por isto, na visão dos autores, ideias, valores, símbolos, e imagens importam tanto quanto dados computacionais.<sup>57</sup> Em termos militares, a relevância de aspectos imateriais e/ou intangíveis está tradicionalmente vinculada a questões como moral, liderança, coragem, etc. Mais recentemente, ela passou a estar relacionada também a capacidade de infringir dano por meio de ações perpetradas no chamado ciberespaço.

<sup>58</sup> Segundo dados do Banco Mundial (2016), os gastos militares estão mais ou menos estáveis tanto nos Estados Unidos (entre 3% e 4,5% do PIB) quanto na Rússia (entre 3,5% e 4% do PIB) desde o início dos anos 2000. Os dados do “*Stockholm International Peace Research Institute*” (SIPRI) (2016) corroboram essa informação. Os dados da SIPRI também indicam, contudo, uma queda acentuada nos gastos militares de ambos os países entre 1990 e 2000: de 5,7% para 3% do PIB nos Estados Unidos, e de

processos foram reforçados também por uma crescente aversão da população a baixas no campo de batalha. As Guerras do Vietnã (1954-1975) e da Coréia (1950-1953), principalmente, deixaram marcas profundas na população, que passou a questionar ativamente a necessidade de mandar jovens cidadãos para lutar no exterior.<sup>59</sup> Nesse contexto, o planejamento militar norte-americano passou a considerar novos cenários para o emprego da força, marcados pela intensidade e pela assimetria. Além disso, na ausência de um competidor direto, os Estados Unidos vieram a consolidar a sua proeminência no planeta assumindo uma série de novas responsabilidades no plano internacional, tais como a condução de missões de paz, de intervenções humanitárias e de operações contraterrorismo (GUNZINGER 2013; STULBERG; SALOMONE 2007).

Este movimento de reforma foi fortemente marcado pelas TIC características da Era Digital e traduzido pelo caráter estruturante que a ideia de revolução nos assuntos militares (“*revolution in military affairs*” ou RMA)<sup>60</sup> teve para o Departamento de Defesa

---

15,8% para 3,6% do PIB na União Soviética/Rússia. Recentemente, constrangimentos notadamente econômicos sobre as forças armadas intensificaram-se graças à crise fiscal que se instalou sobre diversos países a partir de 2008. Nesse sentido, muitos economistas sugerem que crises econômicas favorecem a inovação tecnológica e o desenvolvimento de processos de produção mais eficientes, uma vez que permitem a alocação mais racional de recursos limitados. Em outras palavras, tempos de crise ajudariam os estados a determinarem suas prioridades, apontando para o desenvolvimento de algumas capacidades críticas em detrimento de outras menos relevantes (MACGREGOR, 2012).

<sup>59</sup> O descontentamento com a política externa estadunidense foi intensificado na década de 1990, também em função do chamado “efeito CNN”. A cobertura midiática intensa da Guerra do Iraque, transmitida ao vivo para o mundo, não apenas retroalimentou os preceitos da RMA, discutida em detalhes na próxima nota, como também contribuiu para aumentar a aversão do público a guerras em geral.

<sup>60</sup> Segundo Duarte (2012), a ideia de RMA desenvolveu-se em dois momentos históricos distintos. O primeiro diz respeito às reformas estruturais e doutrinárias colocadas em curso frente ao surgimento das armas nucleares durante a Guerra Fria, especialmente na União Soviética. O segundo momento está atrelado ao emprego de TIC durante a Guerra do Golfo (1990-1991) e a uma conformação essencialmente norte-americana de reforma de suas forças armadas. Nas palavras do autor (2012, p. 09) “esta seria a resposta a duas demandas que justaporiam um dilema de projeto de força: a redução iminente das dimensões das forças armadas [causada] pelo fim da Guerra Fria; e a sustentação de uma estrutura de capacidades combatentes elevadas em um ambiente de incerteza e de ambiguidades de cenários de ameaça e confronto”. No cerne da RMA estadunidense está a ideia de que “a combinação entre ataques aéreos precisos e ataques por mísseis dominaria a guerra futura e que a disputa pela supremacia de informação substituiria as batalhas de ruptura como o aspecto dominante para o sucesso. Os desproporcionais e infalíveis meios de combate à distância garantiriam que o grande obstáculo se tornaria apenas a identificação dos alvos, ao que se seguiria sua rápida comunicação para as plataformas e vetores disponíveis” (DUARTE, 2012, p. 09). Por isso, o foco do processo estaria, pela primeira vez, no componente lógico – o software – do processo de transmissão de dados. Ou, ainda, em uma “mudança da plataforma [o hardware] para rede” (CEBROWSKI; GARSTKA, 1998) – uma afirmação bastante questionável, já que redes dependem necessariamente de hardware para o seu funcionamento. Importava, neste sentido, transformar as forças armadas norte-americanas, desenvolvendo o “sistema dos sistemas”. Após a vitória no Golfo, onde os Estados Unidos enfrentaram um oponente incapaz de compreender as vicissitudes de sua própria força e de seu ambiente operacional, a ideia de

dos Estados Unidos. Neste sentido, a “*belle époque*” (ARRIGHI, 2008) norte-americana dos anos 1990-2000 foi caracterizada pela tentativa de proporcionar informação quase-perfeita para o combatente através da introdução do conceito de guerra centrada em redes. A chave deste conceito estava justamente na adoção de TIC – computadores, o “*Global Positioning System*” (GPS), linhas de comunicação e de troca de dados dedicadas, montadas com cabos de fibra ótica e tecnologias “*wireless*” de alta velocidade, e, mais recentemente, a própria Internet – para alcançar níveis avançados de conectividade e partilha de informação entre as unidades. A organização das unidades em redes descentralizadas e distribuídas, por sua vez, permitiria ao comandante e às tropas o controle total do teatro de operações. Assim, o domínio informacional proporcionado pela inovação tecnológica eliminaria as incertezas e ambiguidades das operações. Em outras palavras, extinguiria a névoa da guerra clausewitziana responsável por “deixar difícil até o mais simples da guerra”.<sup>61</sup>

---

“transformação” (“*transformation*”) foi avançada como plataforma política para as reformas militares do país.

A RMA foi objeto de estudo e debate político constante ao longo dos anos 1990 e início dos 2000, e suscitou o surgimento de abordagens concorrentes para o fenômeno da digitalização. Análises detalhadas de cada uma delas podem ser encontradas em Cohen (1999) e Duarte (2012). Não obstante a dificuldade de conceitualizar a RMA, a mesma acabou traduzindo-se em política por meio da já mencionada “transformação” do aparato militar norte-americano. Segundo Duarte (2012, p. 20) a “transformação” “propunha o desenvolvimento de uma capacidade de detecção, antecipação e controle de ondas de RMA de maneira a dar aos Estados Unidos, ao mesmo tempo, a vantagem militar absoluta, a partir da produção de novos sistemas de armamentos sem equiparação com outros países, e comparativa, a partir de processos mais eficientes de produção de armamentos e manutenção de tropas. Assim, a “*transformation*” exploraria os efeitos táticos e estratégicos da tecnologia militar, mas também reduziria os custos da guerra, tornando-a um empreendimento muito mais razoável para os Estados Unidos. Suas forças armadas seriam providas de equipamentos e armamentos muito mais letais e precisos, bem como passariam a contar com uma capacidade logística para sustentar suas operações por muito mais tempo do que qualquer potência concorrente. Desta maneira, os Estados Unidos poderiam explorar uma primazia política mundial por muito tempo, prolongando seu status de potência unipolar”. O processo foi comandado pelo então Secretário de Defesa Donald Rumsfeld no final dos anos 1990 e colocado à prova no Afeganistão e no Iraque após os atentados terroristas de 2001. Naquele momento, esperava-se que os esforços americanos obtivessem o mesmo sucesso que tiveram no Golfo, dez anos antes. Infelizmente, os oponentes dos Estados Unidos passaram a lutar de forma diferente a fim de anular a superioridade tecnológica norte-americana. Neste sentido, passaram a combater entre civis em áreas urbanas e populosas, e a recorrer à insurgência e ao terrorismo. A esta dificuldade tática soma-se a instabilidade de sistemas de alta tecnologia em ambientes extremos. No deserto, muitos equipamentos paravam de funcionar devido ao calor e à areia. Além disso, o uso exagerado de TIC acabou gerando novas – e muitas vezes inesperadas – demandas no fronte. Suprir a necessidade crescente por fontes de energia, por exemplo, tornou-se um problema logístico para as forças da coalizão (SINGER, 2009).

<sup>61</sup> O relativo fracasso das operações militares dos Estados Unidos no início do século XXI, notadamente no Afeganistão e no Iraque, evidenciou que nem mesmo o uso avançado de TIC é capaz de modificar a natureza fundamental da guerra. A despeito das críticas, ela ainda é um ato político violento, marcado

Aliada a esta crescente dependência computacional está o surgimento da Internet como plataforma de convergência para diversas atividades sociais. Ainda que seu desenvolvimento tenha ocorrido paralelamente à criação de outras soluções para interoperação de computadores, algumas características intrínsecas da Internet fizeram dela, ainda no final do século passado, a rede das redes. Dentre as características que ajudaram a Internet a vencer os modelos concorrentes disponíveis então, destacam-se, por exemplo, a possibilidade de emprego de padrões abertos e gratuitos, a estruturação

---

pela confusão e pela incerteza, pela névoa e pela fricção. É inegável, no entanto, que TIC podem ajudar a minimizar seus efeitos, aumentando a coesão e a consciência situacional a níveis inéditos na história. Em que pesem as lições aprendidas recentemente no Oriente Médio, a RMA, apesar de ter perdido força política, parece não ter sido completamente esquecida (LAWSON, 2010). Pelo contrário, a ideia de transformar os Estados Unidos na única potência capaz de orientar o caráter futuro da guerra (e, portanto, vencê-la sob quaisquer circunstâncias) continua vigente. O que se viu no início deste século foi justamente a tentativa de os Estados Unidos transformarem a guerra exatamente naquilo que gostariam que fosse. Uma vez que as expectativas estadunidenses não foram concretizadas, coube ao estamento político-militar buscar alternativas. É neste contexto que começa a ser debatida a “third offset strategy”. De maneira concisa, a “third offset strategy” é “an attempt to offset shrinking U.S. military force structure and declining technological superiority in an era of great power competition – a challenge that military leaders have not grappled with in at least a generation” (“uma tentativa de contrapor o encolhimento da estrutura da força militar estadunidense e de sua superioridade tecnológica declinante em uma era de competição entre grandes potências – um desafio com o qual os líderes militares não lidam há pelos menos uma geração”) (EAGLEN, 2016). A estratégia diz respeito, nesse contexto, tanto à aquisição de novas tecnologias quanto à manutenção das capacidades dissuasórias tradicionais dos Estados Unidos. Ou, em outras palavras, “the third offset is not just a quest for next-generation technologies, but also a re-evaluation of existing programs with an eye toward how they can be dramatically improved at relatively low cost. The goal of defense officials is to exploit America’s enduring advantages and impose costs on enemies or potential adversaries” (“a ‘third offset’ não é apenas uma busca pelas tecnologias da próxima geração, mas também uma reavaliação dos programas existentes com um foco sobre como eles podem ser melhorados dramaticamente com custos relativamente baixos. O objetivo dos oficiais de defesa é explorar as vantagens duradouras dos Estados Unidos e impor custos aos inimigos ou adversários potenciais”) (EAGLEN, 2016). Segundo o Secretário de Defesa Adjunto, Robert Work, a estratégia começou a ser desenhada em 2008, quando Ash Carter ocupava o seu cargo. Durante um discurso proferido em Bruxelas em 2016, Robert Work sublinhou, dentre outros pontos, a importância da robótica em um ambiente no qual a supremacia militar estadunidense é contestada principalmente por China e Rússia (WORK, 2016). Não é a primeira vez que o país passa por um processo de “offset”. O primeiro se deu no início dos anos 1950, logo após a Segunda Guerra Mundial. Seu objetivo era anular a influência soviética sobre a Europa Oriental por meio do desenvolvimento de capacidades nucleares superiores. O segundo processo de “offset” ocorreu entre os anos 1970 e 1980, e se baseou nas tecnologias que moldaram o conceito de RMA, já discutido. Um ponto central da discussão sobre a “third offset” é justamente quais capacidades adversárias a estratégia pretende compensar. Ambas as estratégias anteriores estiveram focadas na compensação da vantagem numérica que a União Soviética possuía em relação aos Estados Unidos em termos de capacidades tradicionais. Atualmente, contudo, a “erosion of the U.S. technological advantage derives not from adversaries’ numerical superiority or superior volumes of investment, but from the increasing global and commercial nature of the innovation environment and the increasing applicability of commercial technologies to military operations” (“erosão da vantagem tecnológica dos Estados Unidos não deriva da superioridade numérica ou do volume superior de investimentos dos adversários, mas da natureza crescentemente global e comercial do ambiente de inovação, e da crescente aplicabilidade de tecnologias comerciais em operações militares”) (ELLMAN; SAMP; COLL, 2016, p. 02).

aberta e participativa de sua governança técnica, e sua estruturação como plataforma neutra, sem controle centralizado sobre os tipos de aplicações e funcionalidades desenvolvidos para rodar sobre ela (CANABARRO, 2014). A centralidade da Internet e sua importância para os processos de digitalização fomentaram a criação de um subcampo dos estudos de segurança voltado justamente para investigação de assuntos relacionados ao ciberespaço.<sup>62</sup> Além disso, estimularam também a realização de estudos sobre mobilização política através de plataformas sociais digitais, evidenciando, assim, algumas mudanças fundamentais na forma com a qual nos relacionamos com a tecnologia. Isso, por sua vez, impacta decisivamente a relação entre o Estado e seus cidadãos, bem como a relação entre atores estatais e não estatais nos termos dos principais debates das teorias das Relações Internacionais consolidadas ao longo do século XX.

No contexto da Era Digital, o crescimento exponencial na capacidade de processamento de dados computacionais tem sido um fator determinante para o desenvolvimento de muitas tecnologias militares emergentes.<sup>63</sup> Hoje em dia, conforme já comentado, este desenvolvimento tecnológico é capitaneado, em grande medida, por empresas privadas, sinalizando uma mudança em relação ao passado, quando boa parte dele era patrocinada pelo Estado. Ainda assim, a possibilidade de ampliar o escopo de aplicação original de tecnologias civis, adaptando-as para o emprego na guerra, tem despertado o interesse de diversos entes estatais e fomentado uma aproximação maior entre as esferas pública e privada.

Neste sentido, tanto a academia quanto militares, políticos e empresários têm convergido em relação a alguns vetores tecnológicos que serão cruciais para as forças armadas nas próximas décadas.<sup>64</sup> Por trás desta convergência estão pelo menos duas

---

<sup>62</sup> Uma parcela cada vez mais significativa da literatura tem atribuído implicações revolucionárias ao desenvolvimento e propagação de TIC. Em geral, estes trabalhos preveem o empoderamento de atores não-estatais, o declínio do estado-nação, a irrelevância do mundo material, e a crescente importância de dados eletrônicos a expensas de capacidades militares tradicionais. Tais previsões carecem, quando da confecção deste trabalho, de suporte empírico inequívoco e amplamente aceito.

<sup>63</sup> Para muitos autores, a emergência da Era Digital e de todas as tecnologias atreladas a ela apenas reforça a ideia de que estamos na iminência da singularidade. A singularidade tecnológica refere-se a um momento histórico futuro no qual a inteligência artificial terá superado a inteligência humana, alterando radicalmente a civilização e a própria natureza do ser humano (KURZWEIL, 2005).

<sup>64</sup> Naturalmente, prever as tecnologias que serão determinantes para as guerras futuras é uma tarefa complicada, sobretudo se consideramos a ideia comum entre os militares de que “nos preparamos para

premissas referentes ao caráter da guerra no século XXI. A primeira é a prevalência de guerras irregulares complexas<sup>65</sup> sobre guerras interestatais tradicionais e a centralidade de capacidade de A2AD<sup>66</sup> (anti-acesso e negação de área) e sistemas computadorizados de C3I<sup>67</sup> (comando, controle, comunicação e inteligência) neste contexto. A segunda é a ideia de que diferentes tecnologias podem atuar como multiplicadores de força importantes nos ambientes tático e estratégico definidos pela

---

lutar a última guerra”. Por isso, o estabelecimento de objetivos de defesa bem definidos é fundamental, conforme veremos no capítulo sobre desenho de força.

<sup>65</sup> A complexidade dos ambientes operacionais do século XXI foi abordada recentemente em um vídeo produzido pela “*Joint Special Operations University*” do Pentágono dos Estados Unidos e divulgado pelo canal alternativo “*The Intercept*”. Mais especificamente, o vídeo trata do papel das megacidades, descritas como “complex systems where people and structures are compressed together in ways that defy both our understanding of city planning and military doctrine” (“sistemas complexos nos quais pessoas e estruturas são comprimidos juntos em formas que desafiam tanto o nosso entendimento de planejamento urbano quanto de doutrina militar”). Segundo o narrador da peça, “these are the future breeding grounds, incubators, and launching pads for adversaries and hybrid threats” (estes são os futuros viveiros, incubadoras e plataformas de lançamento de adversários e ameaças híbridas”) (TURSE, 2016).

<sup>66</sup> Recentemente, alguns autores começaram a questionar a utilidade do conceito de A2AD. O debate foi iniciado pelo Almirante John Richardson, Chefe de Operações Navais da Marinha dos Estados Unidos. Segundo ele, “to some, A2AD is a code-word, suggesting an impenetrable ‘keep-out zone’ that forces can enter only at extreme peril to themselves. To others, A2AD refers to a family of technologies. To still others, a strategy. In sum, A2AD is a term bandied about freely, with no precise definition, that sends a variety of vague or conflicting signals, depending on the context in which it is either transmitted or received” (“para alguns, A2AD é um código que sugere a existência de zonas impenetráveis de retenção nas quais as forças armadas só podem atuar se aceitarem graus elevados de perigo para si mesmas. Para outros, A2AD refere-se a uma família de tecnologias. Para outros, refere-se a uma estratégia. Em suma, A2AD é um termo que se relaciona livremente, sem uma definição precisa, que envia uma variedade de sinais vagos ou conflitantes, dependendo do contexto em que é transmitido ou recebido”) (RICHARDSON, 2016). Para o Almirante, o termo deve ser abandonado pela Marinha dos Estados Unidos justamente devido a esta falta de clareza conceitual. Além disto, já que a prática não é completamente nova, dedicar mais esforços para a sua compreensão é desnecessário. De acordo com ele, a Marinha já tem pleno entendimento do fenômeno, de modo que “the Navy’s focus must remain on maintaining maritime superiority, with a deep understanding of the interplay between tactics and strategy, against specific threats, in specific locations, to achieve that end” (“o foco da Marinha deve permanecer na manutenção da superioridade marítima, com um entendimento profundo da relação entre tática e estratégia contra ameaças específicas, em localidades específicas, para alcançar tal objetivo”).

As declarações do Almirante causaram reações variadas. Para Robert Farley (2016), por exemplo, o termo “may effectively represent a particular manifestation of a long-running strategic problem. This manifestation is characterized by the threat of a previously unachievable degree of coordination between different tools of national defense, geared towards winning freedom of movement in a constrained maritime space” (“pode efetivamente representar uma manifestação particular de um problema estratégico antigo. Esta manifestação é caracterizada pela ameaça de um grau previamente inalcançável de coordenação entre diferentes ferramentas de defesa nacional, voltadas a fornecer liberdade de movimento em um espaço marítimo restrito”). O texto de Benjamin Armstrong (2016), por sua vez, vai ao encontro da crítica de Richardson (2016) ao afirmar que a criação de “buzzwords” como A2AD não “have the potential to hurt naval thinking more than they help it” (“tem potencial para ferir o pensamento naval mais do que podem ajuda-lo”).

<sup>67</sup> Neste trabalho, o emprego de C3I é precedido de “sistemas computadorizados”, indicando a presença deste componente na cadeia.

primeira premissa.<sup>68</sup> Ao definir estas premissas, busca-se compreender a conjuntura atual, projetando suas consequências para o futuro. Desta sorte, é possível não apenas avaliar corretamente as demandas das guerras contemporâneas, mas também dissuadir a eclosão de conflitos futuros. Neste sentido, tenta-se em última instância avaliar onde, contra quem, pelo que e como serão as próximas guerras.

É possível agregar os vetores tecnológicos que integram a segunda premissa em pelo menos sete categorias, muitas das quais se confundem com aquelas formalmente presentes na “third offset strategy”: ciber; big data; nanotecnologia; armas de energia direta; sistemas espaciais; melhoramento humano; e robótica.<sup>69</sup> É interessante notar que todas dependem da computação digital para se desenvolver (WONG, 2013). Neste sentido, estão intimamente relacionadas. Apesar dessas tecnologias já serem, em alguma medida, aplicadas em campo de batalha, o seu emprego ainda suscita uma série de questionamentos de cunho ético e moral, bem como desafia os ordenamentos jurídicos e políticos atualmente vigentes. Os próximos parágrafos se dedicam a apresentar apenas uma visão geral dos tópicos, indicando leituras pertinentes para cada um deles. O objetivo do texto não é, portanto, exauri-los, mas demonstrar como a amplitude dos temas permite a condução de pesquisas individuais.

---

<sup>68</sup> Uma premissa auxiliar, presente em parte da literatura, é a de que as guerras futuras serão mais violentas e/ou letais do que as passadas. Consequências dessa premissa incluem, por exemplo, a possibilidade de que guerras interestatais sejam menos recorrentes no futuro em virtude do papel dissuasório de sistemas robóticos. John Arquilla (2013), por exemplo, colocou a hipótese da seguinte forma: “the cool, lethal effectiveness of robots properly used might, just might, give potential aggressors pause, keeping them from going to war in the first place. For if invading human armies, navies, and air forces can be decimated by defending robots, the cost of aggression will be seen as too high. Indeed, the country, or group of countries, that can gain and sustain an edge in military robots might have the ultimate peacekeeping capability” (“o grau de eficácia, em termos de letalidade, de robôs devidamente empregados pode, mas apenas pode, oferecer a agressores em potencial uma oportunidade para avaliar a necessidade real de se iniciar uma guerra. Já que uma invasão de forças armadas tradicionais compostas por humanos pode ser decimada por robôs defensores, o custo da agressão será visto como muito elevado. De fato, o país, ou grupo de países, que conseguir adquirir e sustentar uma vantagem na robótica militar pode desenvolver a capacidade máxima para manutenção da paz”).

<sup>69</sup> A estratégia faz uma seleção um pouco distinta, identificando seis áreas-chave: A2AD; munições guiadas; guerra submarina; guerra cibernética e eletrônica; pareamento homem-máquina (“human-machine teaming”); e simulações (“wargaming”) e desenvolvimento de novos conceitos operacionais. Segundo Mackenzie Eaglen (2016), “in 2017, the budget contains at least \$1 billion in anti-access and area denial spending, \$489 million in guided munitions spending, \$508 million in undersea warfare spending, \$201 million in human-machine teaming, \$309 million in cyber and electronic warfare, and \$155 million in wargaming and new operational concept development” (“em 2017, o orçamento contém pelo menos US\$1 bilhão para gastos em anti-acesso e negação de área, US\$489 milhões para gastos em munições guiadas, US\$508 milhões para gastos em guerra submarina, US\$201 milhões para gastos em pareamento homem-máquina, US\$309 milhões para guerra cibernética e eletrônica, e US\$155 milhões para simulações e novos conceitos operacionais”).

### 2.3.1 O Ciber e a Internet das Coisas

A Internet é o principal fruto da Era Digital. Nenhuma outra tecnologia modificou tantos aspectos das relações sociais em tão pouco tempo. Hoje em dia é difícil pensar em alguma área que não seja afetada por níveis crescentes de conectividade.<sup>70</sup> O conceito de **Internet das Coisas** (“*Internet of Things*”) surge justamente nesse contexto de proliferação de aparelhos capazes de acessar a Rede e “conversar” entre si. Neste sentido, gerenciar o crescente volume de dados proveniente deste ecossistema complexo tornou-se um desafio para as forças armadas<sup>71</sup>, que passaram a ter de considerar a manutenção da segurança de inúmeros dispositivos e da informação gerada por eles.

Ainda que a correlação entre guerra e ciberespaço seja explorada pela literatura desde os anos 1990 – sendo o trabalho de Arquilla e Ronfeldt (1997) um dos pioneiros neste sentido –, a partir de meados dos anos 2000, casos como o da Estônia (2007), da Guerra da Ossétia do Sul (2008), e do Stuxnet (2010) passaram a ser exaustivamente estudados e culminaram na criação de uma área específica para os estudos de cibersegurança (LIBICKI, 2012; RID, 2013). A importância do campo foi reafirmada em 2013, graças ao apelo do Caso Snowden, quando os vocábulos “ciberinteligência”, “ciberespionagem” e “cibersabotagem” passaram a integrar definitivamente os léxicos de defesa.

Nesse contexto, as forças armadas de diversos países passaram a estabelecer instituições voltadas exclusivamente para o estudo e prática da defesa e da inteligência cibernética. Neste sentido, o Brasil e os Estados Unidos, por exemplo, criaram o Centro de Defesa Cibernética do Exército (CD Ciber) e o “*US Cyber Command*” (USCYBERCON), respectivamente, sinalizando uma maior disposição e organização de esforços por parte dos Estados para se prepararem para uma eventual guerra cibernética.

---

<sup>70</sup> Naturalmente, alguns problemas, como analfabetismo e exclusão digital, também são frutos desse espalhamento da Internet. Infelizmente, analisar mais especificamente os resultados sociais da Era Digital fogem do escopo deste trabalho.

<sup>71</sup> Não apenas para as forças armadas, mas também para os indivíduos e para o próprio provimento de segurança pública e segurança nacional.

Apesar disso, a possibilidade de ocorrência de uma guerra cibernética ainda é bastante controversa na literatura. Enquanto alguns autores chamam atenção para os perigos de um suposto “*Ciber Pearl Harbor*”, outros mais conservadores tendem a questionar o potencial destrutivo de ações cibernéticas. No que tange a guerra, mais recentemente, a literatura tem se focado em questões relativas à atribuição, à relação ataque-defesa, à inovação, entre outros. Ainda assim, cada vez mais o prefixo “ciber” tem sido utilizado para caracterizar também outros tópicos recorrentes nos Estudos Estratégicos e nas Relações Internacionais, sinalizando uma atualização/ampliação das agendas de pesquisa mais tradicionais desses campos no contexto da Era Digital.

### 2.3.3 Big Data

Desde os atentados terroristas de 2001, e em virtude da concretização de uma realidade projetada para incrementar cada vez mais a possibilidade de interconexão de pessoas e dispositivos, a quantidade de dados recolhidos pela inteligência norte-americana aumentou cerca de 1600%, segundo reportagem de 2012 (YOUNG, 2012). Da mesma forma, as forças armadas estão operando com um volume de informação sem precedentes históricos. O termo **big data** diz respeito justamente a estas grandes quantidades de dados, cujo processamento não pode ser realizado com ferramentas tradicionais. Posto de forma mais estruturada, big data refere-se a “[...] emergence of new datasets with massive volume that change at a rapid pace, are very complex, and exceed the reach of commonly used hardware environments and software tools for data management” (AKHGAR, 2015, p. 03).<sup>72</sup> A ideia, portanto, é que grandes volumes de dados são capazes de gerar informação que provavelmente seria ignorada caso fossem consideradas amostras pequenas.

Além disto, o termo refere-se ainda à possibilidade de transformar em dados aspectos do mundo que jamais foram quantificados, em virtude da possibilidade de implementar microcomputadores e sensores em um sem-número de seres e dispositivos. Kenneth Neil Cukier e Viktor Mayer-Schoenberger (2013) chamam esse

---

<sup>72</sup> “Emergência de novos e complexos bancos de dados, cujo volume massivo modifica-se em um ritmo acelerado, excedendo o alcance dos dispositivos de hardware e de software geralmente utilizados para o gerenciamento de dados” (AKHGAR, 2015, p. 03).

processo de “*datafication*”: “For example, location has been datafied, first with the invention of longitude and latitude, and more recently with GPS satellite systems. Words are treated as data when computers mine centuries’ worth of books. Even friendships and ‘likes’ are datafied, via Facebook”.<sup>73</sup> O processo difere de abordagens mais tradicionais não apenas porque lida com volumes maiores de dados, mas também porque reconhece, neste grande universo, a validade de amostras mais toscas. Ademais, permite ainda que sejam apontadas correlações que não são necessariamente causais. Por isto, tomando novamente as palavras de Cukier e Mayer-Schoenberger (2013), “Big data might change our way of thinking about the world. As we tap ever more data to understand events and make decisions, we are likely to discover that many aspects of life are probabilistic, rather than certain”.<sup>74</sup>

O conceito não é necessariamente novo, e está presente na literatura desde pelo menos o início dos anos 2000, mas popularizou-se com o aprofundamento da Internet das Coisas. Além disto, as revelações de Edward Snowden em 2013 ajudaram a fomentar o debate internacional sobre o tema, ao expor a capacidade de os Estados Unidos explorarem praticamente todos os componentes tecnológicos que conformam as redes de comunicação ao redor do mundo para draguear e acumular informação.<sup>75</sup> A partir de então, cada vez mais países passaram a questionar o que fazer com este volume de dados crescente e como aplicar a big data para gestão pública. Ao mesmo tempo, lidar com este montante crescente de dados passou a ser visto como um desafio para as forças armadas e serviços de inteligência, na medida em que demanda não apenas capacidades de transferência e armazenamento, mas também de análise. Dados precisam ser tratados de maneira sistemática para que se transformem em informação – dados estruturados – relevante para os processos decisórios.

Neste contexto, as forças armadas e os serviços de inteligência foram bastante afetados. Por um lado, a noção de big data promete integrar e organizar grandes

<sup>73</sup> “Por exemplo, localização foi ‘dataficada’, primeiro com a invenção da longitude e da latitude, e, mais recentemente, com os sistemas de GPS por satélites. Palavras são tratadas como dados quando computadores mineram o equivalente séculos de livros. Mesmo amizades e ‘likes’ são ‘dataficados’ pelo Facebook” (MAYER-SCHOENBERGER, 2013).

<sup>74</sup> “Big data pode mudar a nossa forma de pensar sobre o mundo. Na medida em que adotamos mais dados para compreender eventos e tomar decisões, somos induzidos a descobrir que muitos aspectos da vida não são certos, mas probabilísticos” (MAYER-SCHOENBERGER, 2013).

<sup>75</sup> Além, naturalmente, dos instrumentos de monitoramento e vigilância mais tradicionais. Neste sentido, a relação entre UAS e big data é interessante e foi explorada em artigo de Terry Costlow (2014).

quantidades de informação, permitindo a sua aplicação a uma extensa gama de funções, tais como análise de redes sociais e modelagem de sistemas de armas. Além disto, de modo mais geral, “Big data analytics reduces the processing time of a query and in turn reduces the time to wait for the solutions. Combining and analyzing the data allows data-driven (directed) decision making” (AKHGAR, 2015, p. 08), o que por sua vez auxilia o desenvolvimento de ações significativas no tempo e espaço ideais.<sup>76</sup> Por outro lado, a realização destas capacidades depende de uma série de fatores técnicos referentes, por exemplo, ao pareamento de dados oriundos de fontes e com formatos distintos.<sup>77</sup> Somam-se a estes desafios outros de caráter político – ou de governança –, como o estabelecimento de medidas de segurança robustas o suficiente para evitar o vazamento ou a exploração dos dados armazenados por atores não-autorizados (SYMON; TARAPORE, 2015). Por isto, explorar as oportunidades e mitigar os riscos oriundos da big data requer visão estratégica e, possivelmente, o desenvolvimento de novas habilidades, novas ferramentas e novos processos de gerenciamento de pessoal por parte dos militares e agentes de inteligência.

### 2.3.4 Nanotecnologia

A **nanotecnologia** diz respeito ao estudo de sistemas cujo tamanho é inferior a 100 nanômetros em pelo menos uma dimensão. Um nanômetro é o equivalente a um bilionésimo de metro ( $1 \times 10^{-9}$ ). Por exemplo, um nanômetro está para um metro assim

<sup>76</sup> “A análise de big data reduz o tempo de processamento de uma consulta e, como consequência, o tempo de espera por uma solução. A combinação e análise dos dados permite processos de tomada de decisão mais diretos” (AKHGAR, 2015, p. 08).

<sup>77</sup> Nesse contexto, o conceito de “*open data*”, ou dados abertos, torna-se também relevante. Segundo Joel Gurin (2014), “open data brings a perspective that can make big data more useful, more democratic, and less threatening” (“dados abertos trazem uma perspectiva que pode fazer a big data mais útil, democrática, e menos ameaçadora”). De acordo com o pesquisador, é importante relacionar “dados abertos” e “big data” já que ambos “can transform business, government, and society – and a combination of the two is especially potent. Big data gives us unprecedented power to understand, analyse, and ultimately change the world we live in. Open data ensures that power will be shared – and that the world we change will, with luck, become a fairer and more democratic one” (“podem transformar empresas, governos, e sociedades – e uma combinação dos dois é especialmente potente. A big data nos dá capacidade sem precedentes de entender, analisar, e, em última medida, mudar o mundo em que vivemos. Os dados abertos asseguram que as capacidades serão compartilhadas – e que o mundo que mudamos ira, com sorte, tornar-se mais justo e democrático”). O autor ainda chama atenção para a relevância do conceito de “governo aberto” nesse mesmo contexto. Infelizmente, o aprofundamento dessas questões foge do escopo deste trabalho. Por isso, recomenda-se aos interessados a leitura de Possamai (2016).

como o diâmetro da moeda de um centavo está para o diâmetro da Terra, grosso modo. O diâmetro de um glóbulo branco é da ordem de 10 mil nanômetros. É, portanto, o estudo da manipulação da matéria em escala atômica ou molecular. O campo é multidisciplinar e inclui o desenvolvimento de materiais ou componentes e está associado a diversas áreas de pesquisa e produção, tais como medicina, eletrônica, ciência da computação, física, química, biologia e engenharia dos materiais. O objetivo da nanotecnologia é desenvolver estruturas estáveis a partir da manipulação atômica. Em outras palavras, a nanotecnologia trata de agrupamentos de átomos ou moléculas, cujo arranjo espacial e composição são usados para obter estruturas com novas propriedades mecânicas, ópticas, eletrônicas ou magnéticas e, portanto, novos produtos industriais.

Vale ressaltar, contudo, que nanotecnologia é diferente de miniaturização. Via de regra, nanotecnologias têm propriedades ou funcionalidades diferentes de suas versões macro ou microscópicas, oriundas justamente de suas dimensões nanométricas. Os transístores de computadores, por exemplo, têm dimensões inferiores a 100 nanômetros e nem por isso são dispositivos nanotecnológicos, uma vez que suas capacidades são idênticas a de seus pares micrométricos. Partículas nanométricas de prata, por outro lado, oferecem propriedades diferentes de seus pares micrométricos e têm sido largamente usadas, por exemplo, na indústria farmacêutica: “[...] silver nanoparticles are extraordinarily efficient at absorbing and scattering of light due to its optical properties. Their strong interaction with light occurs because the conduction electrons on the metal surface undergo a collective oscillation when they are excited by light at specific wavelengths” (MAVANI; SHAH, 2013, p. 02).<sup>78</sup>

Por ser um campo multidisciplinar, a nanotecnologia possibilita aplicações variadas. Em termos militares, os esforços têm se focado principalmente no desenvolvimento de produtos farmacêuticos, sensores, têxteis e “*smart materials*” em geral. A combinação destes vetores busca a criação de materiais leves, resistentes e multifuncionais, capazes de proporcionar ao combatente maior proteção, mobilidade e

---

<sup>78</sup> “Nanopartículas de prata são extraordinariamente eficientes na absorção e dispersão de luz em virtude de suas propriedades ópticas. Sua forte interação com a luz ocorre porque a condução de elétrons na superfície do metal passa por uma oscilação coletiva quando os mesmos são estimulados por determinadas frequências de onda luminosas” (MAVANI; SHAH, 2013, p. 02).

conectividade. Dentre as ideias em desenvolvimento estão uniformes praticamente invisíveis, roupas leves que se tornam rígidas quando o soldado quebra uma perna ou braço, exoesqueletos capazes de multiplicar a força do combatente, e sapatos que acumulam energia, permitindo ao soldado saltar longas distâncias (NASU, 2013; WANG, 2016).

### **2.3.5 Armas de Energia Direta**

A partir da década de 1980, com o desenvolvimento da Iniciativa Estratégica de Defesa dos Estados Unidos, **armas de energia** direta se tornaram pauta constante nos debates sobre novas tecnologias militares (SINISCALCHI, 2001). Grosso modo, a categoria compreende armas baseadas em lasers, micro-ondas de alta potência (“high-power microwaves” ou HPM), e plasmas. A aplicação destas tecnologias permite engajar com o inimigo em velocidade da luz ou próxima dela, e a entrega de destruição praticamente ilimitada quando comparada àquela proporcionada por armas cinéticas municionadas.

Além dos Estados Unidos, países como Reino Unido, Alemanha, França, Israel, Rússia e China estão envolvidos na manutenção de linhas de pesquisa e desenvolvimento de armas de energia direta há bastante tempo (IISS, 2015). Duas áreas, mais especificamente, têm sido alvo principal destas iniciativas: sistemas laser e HPM. Os esforços da Marinha norte-americana merecem destaque neste sentido, sobretudo no desenvolvimento de sistemas laser antiaéreos voltados para neutralização de aeronaves de ataque e UAS de alta velocidade. Já na esfera das micro-ondas de alta potência, tanto o Reino Unido quanto a Rússia desenvolvem desde os anos 1990 sistemas capazes de emitir pulsos eletromagnéticos potentes o suficiente para neutralizar sistemas eletrônicos e computacionais. Não obstante avanços significativos no campo, a aplicação de HPM ainda é bastante limitada. Primeiro, dado a dificuldade de se manterem padrões constantes de emissão de energia e de se avaliar com precisão os danos causados nos sistemas inimigos. Segundo, devido a impossibilidade

de se controlar efeitos de segunda e terceira ordem oriundos de sua utilização, inclusive os efeitos potencialmente danosos causados aos próprios sistemas amigos.<sup>79</sup>

Por isto, recentemente, a aplicação destes dispositivos passou por uma reavaliação que a distanciou das previsões oitentistas de Guerra nas Estrelas (ÁVILA; MARTINS; CEPIK, 2009). Neste sentido, armas de energia direta passaram a ser vistas como complementos a sistemas tradicionais, ou, em outras palavras: “[...] a disruptive technology that can potentially provide substantial military benefit at the tactical rather than strategic level” (IISS, 2015, p. 09), desde que os sistemas atinjam o grau de maturidade necessário para operarem.<sup>80</sup>

### 2.3.6 Sistemas Espaciais

A capacidade de desenvolver **sistemas espaciais** esteve exclusivamente vinculada às superpotências da Guerra Fria por muito tempo. Atualmente, contudo, o cenário é bastante diferente daquele da segunda metade do século XX. Hoje em dia, aproximadamente 56 países possuem recursos espaciais de sua propriedade ou de uso compartilhado. O número de países produtores de satélites é menor, mas ainda assim significativo, incluindo Alemanha, Canadá, China, Estados Unidos, França, Índia, Israel, Japão e Rússia. Por sua vez, a lista de atores com capacidade própria de lançamento de satélites congrega Brasil, China, Coreia do Norte, Coreia do Sul, Estados Unidos, Índia, Rússia, Ucrânia, e União Europeia. Finalmente, apenas três países foram capazes de realizar missões tripuladas completas até hoje: Estados Unidos, Rússia e China (CEPIK *et al.*, 2015).

Aliada a esta mudança de distribuição de capacidades em escala geográfica, está uma visão mais ampla da importância do espaço sideral, não mais atrelada apenas a questões militares, mas também a questões econômicas, tecnológicas e políticas. Neste sentido, o comando do espaço – ou seja, a capacidade de um país garantir por meios próprios o acesso e uso do espaço, sem que outro possa lhe negar tal acesso

<sup>79</sup> Apesar das dificuldades técnicas envolvidas no desenvolvimento de armas de energia direta de emprego militar, alguns modelos, de alcance reduzido, já estão disponíveis no mercado, conforme aponta a seguinte matéria publicada por Matt Burgess (2017).

<sup>80</sup> “Uma tecnologia disruptiva com potencial para prover benefícios militares substantivos mais no nível tático do que no nível estratégico” (IISS, 2015, p. 09).

(CEPIK; MACHADO, 2011, p. 114) – passou a ser visto como um exercício relacionado ao desenvolvimento social, à consolidação de setores industriais nacionais, à disputa pela institucionalização de regras no sistema internacional, entre outros.

Isto não significa que o espaço tenha perdido sua importância como ambiente operacional. Pelo contrário: na medida em que as forças armadas se digitalizam, sistemas espaciais se tornam cada vez mais centrais para uma série de tarefas, incluindo aquisição de alvos, monitoramento, vigilância, navegação e comunicação. Neste sentido, os dados digitais passam não apenas a depender das linhas celestiais de comunicação, mas também da resiliência de satélites para circular.<sup>81</sup> A fragilidade destes sistemas a danos, intencionais ou acidentais, e a possibilidade de o espaço sideral ser utilizado como meio para a entrega de artefatos nucleares, faz com que sua governança seja um assunto proeminente ainda hoje entre a comunidade internacional.

### 2.3.7 Melhoria Humana<sup>82</sup>

Esta categoria diz respeito à aplicação de tecnologias diversas para o melhoramento das capacidades físicas e/ou mentais dos combatentes. Segundo uma das definições mais difundidas, a do bioeticista Eric Juengst (1998, p. 29), compreende intervenções médicas ou biológicas no corpo “[...] to improve performance, appearance,

<sup>81</sup> O próprio Vincent Cerf já projetou a possibilidade de se criar uma “Internet interplanetária”. Em entrevista para “*Wired*” (MANN, 2013), Cerf afirmou que: “up until that time and generally speaking, up until now, the entire communications capabilities for space exploration had been point-to-point radio links. So we began looking at the possibilities of TCP/IP as a protocol for interplanetary communication” (“até aquele momento – e em geral até hoje – as comunicações para exploração espacial ocorriam por conexões de rádio ponto-a-ponto. Por isso começamos a analisar as possibilidades de empregar o TCP/IP como protocolo para a comunicação interplanetária”). Naturalmente, conectar diferentes planetas por meio da internet é uma tarefa que enfrenta diversos desafios e limitações comuns a qualquer tipo de operação no espaço sideral.

<sup>82</sup> É interessante notar que, diferentemente de outras categorias que no limite preveem a completa substituição de seres humanos por tecnologias, o melhoramento humano entende que aqueles sempre terão um papel fundamental na guerra. Neste sentido, vale citar a seguinte passagem de Andrew Herr (2015, p. 77) sobre as relações entre homens e computadores: “today’s scientific and technological landscape suggests that the human brain will still substantially outperform computers in the highest level cognitive tasks in 2030. Furthermore, the competition is not simply between the brain and computers, but rather between computers and humans augmented by computers” (“os horizontes científicos e tecnológicos de hoje sugerem que o cérebro humano continuará a superar os computadores na realização de tarefas altamente cognitivas em 2030. Além disso, a competição não é simplesmente entre cérebros e computadores, mas, antes, entre computadores e humanos melhorados por computadores”).

or capability besides what is necessary to achieve, sustain or restore health”.<sup>83</sup> Posto de outra forma, a lógica por trás do **melhoramento humano** é “hackear” (LIN, 2013) o corpo, modificando-o conforme as necessidades do campo de batalha ou segundo as funções que o sujeito for desempenhar. Neste sentido, a categoria está diretamente vinculada aos demais tópicos descritos nesta seção, especialmente à nanotecnologia, biotecnologia e biomedicina, genética, e ao desenvolvimento de fármacos e próteses, por exemplo.

Se por um lado a ideia de melhorar as capacidades fundamentais dos seres humanos parece distante da realidade, por outro, para alguns cientistas o processo já é bastante comum. Basta pensar, por exemplo, nos efeitos que estimulantes e drogas bastante acessíveis como a cafeína e metanfetaminas têm sobre o corpo. Na verdade, estas substâncias são amplamente utilizadas por soldados no mundo todo a fim de aumentar os seus níveis de prontidão e responsividade. Por outro lado, nem todas as drogas ou todos os dispositivos, por mais tecnológicos que sejam, podem ser considerados melhoramentos. Desta sorte, definir exatamente o que é e o que não é um melhoramento continua sendo um desafio, sobretudo no campo da saúde, já que:

The distinction between health-oriented and enhancing interventions will not always be clear, and invariably there will be borderline cases. The difficulty of clearly identifying what counts as an enhancement complicates the task of determining the conditions, if any, in which it would be ethical to research or use enhancements in the military (LIN *et al.*, 2013, p. 18).<sup>84</sup>

Ainda que os esforços para criar “supersoldados” tenham diminuído na década de 2000 (HANLON, 2004; BURNAM-FINK, 2011; AXE, 2012a) nos Estados Unidos – sobretudo em virtude das demandas oriundas das guerras no Oriente Médio –, o país continua investindo no desenvolvimento destas capacidades por meio do financiamento de uma série de projetos. O mesmo vale para países como China e Rússia, que segundo alguns analistas (AXE, 2012b) também desenvolvem programas de

---

<sup>83</sup> “Para melhorar a performance, aparência, ou as capacidades para além do que é necessário para alcançar, manter, ou restaurar a saúde” (JUENGST, 1998, p. 29).

<sup>84</sup> “A distinção entre intervenções focadas na saúde ou de melhoramento nem sempre será clara, e, invariavelmente, haverá casos limítrofes. A dificuldade de se identificar claramente o que conta como melhoramento dificulta a tarefa de determinar as condições, caso existam, nas quais seria ético pesquisar ou empregar melhoramentos entre os militares” (LIN *et al.*, 2013, p. 18).

melhoramento humano, mas não estão sujeitos aos mesmos mecanismos de “*accountability*” que os países ocidentais. Em seu estudo, Patrick Lin *et al.* (2013) analisaram uma série de projetos de melhoramento humano atualmente em curso em diferentes países, classificando as iniciativas em quatro categorias: capacidades físicas (incluindo força, mobilidade, proteção); capacidades cognitivas (incluindo consciência, atenção, memória, aprendizagem, comunicação e linguagem); capacidades sensoriais (visão, olfato, audição, tato, paladar); e capacidades metabólicas (incluindo resistência, alimentação, sono e saúde)<sup>85</sup>. Além destas, uma quinta categoria contempla pesquisas científicas de caráter mais genérico. A partir desta classificação, os autores discutem as questões éticas e jurídicas que, em sua visão, devem guiar o desenvolvimento e a aplicação de melhoramentos para/em combatentes. Os autores concluem que apesar de melhoramentos humanos serem potencialmente benéficos para a condução de atividades militares, estes ainda enfrentarão diversos obstáculos, tanto tecnológicos quanto políticos, até que sejam amplamente aceitos.

### **2.3.8 Robótica e Inteligência Artificial**

É difícil indicar o momento exato em que sistemas robóticos passaram a ser considerados seriamente no planejamento militar. O debate sobre o seu desenvolvimento para guerra não é necessariamente novo, e remonta a pelo menos meados do século XX. Apesar disto, somente recentemente, com a popularização dos drones, o assunto tornou-se um ponto relevante para a comunidade em geral. Capitaneando este debate estão questões relativas à moralidade dos chamados “assassinatos seletivos”, à necessidade de a comunidade internacional frear o desenvolvimento de “robôs assassinos” e à legalidade do emprego destes sistemas em operações militares, por exemplo.

Ademais, processos de disseminação tecnológica e apropriação de prioridades estratégicas norte-americanas tornou o desenvolvimento e a incorporação de sistemas

---

<sup>85</sup> Um exemplo é o projeto da DARPA intitulado “*Metabolic Dominance*”. Mais detalhes sobre a iniciativa podem ser encontrados em Shachtman (2004). Vale apenas mencionar ainda o papel que componentes gerados a partir de impressoras 3D, inclusive órgãos artificiais, pode desempenhar na área do melhoramento humano (SHACHTMAN, 2012).

robóticos prioridade estratégica em diversas regiões.<sup>86</sup> Soma-se a isso a necessidade de muitos países contrabalancearem o avanço dos Estados Unidos no sistema internacional por meio do fortalecimento e modernização de seus aparelhos militares. Esse processo de emulação, além de reforçar a lógica de dominação estadunidense na economia política mundial – como se verá mais adiante, os Estados Unidos são o maior exportador mundial de sistemas robóticos, seguido por Israel e China (BERGEN *et al.*, 2016) –, pode ser danoso para países que buscam adequar suas forças armadas a partir de uma compreensão equivocada de seus próprios objetivos de segurança e defesa nacionais. No limite, a mera apropriação de percepções e de práticas exógenas pode resultar em um enfraquecimento do sistema político, das forças armadas, e na erosão da própria soberania de um país.

O próximo capítulo é inteiramente dedicado a discutir mais profundamente estas questões, explorando os processos de desenvolvimento desta tecnologia e sua relação com atividades militares ao longo da história. Ademais, ele aborda ainda os condicionantes técnicos por trás do desenvolvimento de sistemas robóticos em geral, e oferece uma introdução aos estudos de controle, robótica e inteligência artificial. Finalmente, trata também de tendências emergentes no campo. Antes de abordar tais assuntos, contudo, vale a pena retomar alguns dos pontos discutidos até aqui.

## 2.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

Este capítulo tratou da natureza da tecnologia e de sua relação com a guerra ao longo da história. Para tanto, revisou diferentes definições de tecnologia, concluindo a possibilidade de tratá-la de três formas, dependendo do contexto: meio, corpo tecnológico ou coletivo tecnológico (*technium*) (ARTHUR, 2011; KELLY, 2007).

Sobre a relação entre tecnologia e guerra, o capítulo demonstrou a inexistência de uma causalidade circular e direta entre ambas as variáveis. Neste sentido, tanto a

---

<sup>86</sup> Esta tendência de homogeneização – ou de tentativa de homogeneização – das capacidades tecnológicas de diferentes países é válida, grosso modo, para todo o tipo de tecnologia. O fenômeno parece ser ainda mais claro quando diz respeito a tecnologias militares: “the introduction of a weapon by one military power very often serves as the justification par excellence for its acquisition by all the rest, modern military technology tends towards homogeneity” (“a introdução de uma arma por uma força military muitas vezes serve com justificativa por excelência para que todas as demais também adquiram-na, já que a tecnologia militar moderna tende à homogeneidade”) (VAN CREVELD, 1991, p. 290).

tecnologia molda a prática da guerra quanto a prática da guerra molda a tecnologia. Evidentemente, alguns momentos históricos foram marcados pela preponderância da tecnologia sobre a prática da guerra, enquanto outros foram marcados por uma maior influência da prática da guerra sobre o desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, ainda que diversos autores defendam a ideia de que o desenvolvimento tecnológico ocorre de maneira revolucionária, parece mais correto afirmar que o fenômeno ocorre de modo evolucionário ao longo do tempo. Em outras palavras, o desenvolvimento tecnológico se dá de maneira incremental.

A definição de tecnologia empregada neste trabalho vai ao encontro dessa visão. Neste contexto, podemos pensar meios, corpos ou coletivos tecnológicos como um amálgama de diferentes tecnologias que evoluíram mais ou menos paralelamente ao longo da história. Por exemplo, mesmo a pólvora – considerada uma tecnologia revolucionária por diversos autores, incluindo Van Creveld (1991) e McNeil (1982) – é resultado de conhecimento humano acumulado em diferentes áreas. Mesmo que seja possível defender a ideia de que a descoberta da pólvora não foi intencional – quiçá um acidente oriundo da combinação de diferentes materiais –, podemos considerá-la tanto um meio para geração de energia, quanto uma parte de um corpo tecnológico maior, um meio para geração de energia utilizado um contexto de conflito armado para a projeção de artefatos balísticos. O exemplo é interessante pois evidencia ainda o princípio da *recursividade*.

Esta ideia nos permite afirmar a existência de uma “infraestrutura da guerra”, composta por tecnologias tão distintas como rodovias, sistemas de comunicação, sistemas de medição de tempo, etc. Todas estas, por sua vez, devem ser compreendidas de acordo com o espaço e tempo em que existiram. Neste sentido, é possível afirmar que tecnologias, corpos ou coletivos tecnológicos são entidades em constante transformação.

O capítulo tratou ainda sobre a possibilidade de a tecnologia alterar a natureza da guerra. Por isso é importante reafirmar ainda nesta seção a imutabilidade da natureza da guerra a despeito da introdução de tecnologias em campo de batalha. Neste sentido, a tese mantém-se filiada à tradição clausewitziana, que vê o fenômeno essencialmente como um ato político. Neste sentido, ainda que a gramática – ou o

caráter ou a prática (LONSDALE, 2004) – da guerra seja alterada pela introdução de novas tecnologias, sua natureza mantém-se constante ao longo na história. Consequência disto é a invalidação de argumentos como os de Van Creveld (1991), Heisburg (1997), Arquilla e Ronfeldt (1997), Coker (1998) e Leonhardt (1998), que sugerem justamente esta mudança ontológica do fenômeno.

Se a natureza da guerra é uma constante, ou seja, se ela será sempre sobre o embate de duas vontades opostas, é preciso avaliar de que forma incorporar novas tecnologias para o efetivo cumprimento dos objetivos militares. Antes de fazê-lo, contudo, o próximo capítulo se dedica a apresentar mais detalhes sobre um dos vetores tecnológicos mais importantes para as forças armadas na atualidade, e o principal objeto desse trabalho: sistemas robóticos.

### 3 SISTEMAS ROBÓTICOS MILITARES

O presente capítulo busca preencher uma lacuna na literatura brasileira sobre sistemas robóticos militares, oferecendo uma visão geral do assunto e problematizando algumas das questões que pautam agenda contemporânea sobre o tema. Ele está dividido em quatro partes. A primeira seção do desenvolvimento de sistemas robóticos militares a partir de uma perspectiva histórica e define os objetos deste estudo por meio da diferenciação de dois conceitos importantes. O primeiro, “autômato”, é abordado ainda na primeira seção. A partir de uma visão mais técnica, amparada na literatura especializada sobre robótica, controle e inteligência artificial, a segunda seção define “robô”. Dessa forma, a tese busca dialogar com autores que, em geral, estão fora do escopo dos estudantes, professores e pesquisadores ligados a uma agenda mais tradicional dos Estudos Estratégicos e das Relações Internacionais. A terceira seção trata especificamente de sistemas robóticos militares. Nesse sentido, o texto avalia as capacidades atuais de sistemas aéreos, terrestres, e submarinos, e apresenta as tendências mais recentes no campo em termos de pesquisa e desenvolvimento. Finalmente, o capítulo se encerra com algumas conclusões parciais.

#### 3.1 HISTÓRIA DA ROBÓTICA MILITAR

O desenvolvimento de criaturas mecânicas tem povoado a mente de seres humanos em todo o mundo desde a Antiguidade. Homero, por exemplo, relata que o deus da metalurgia, Hefesto, possuía serventes feitos de bronze. Seguindo ordem de Zeus, Hefesto designou um deles, Talos, para proteger Europa e a ilha de Creta contra invasores (CAMPOS, 2002).<sup>1</sup> No folclore judaico, o “golem” é um ser construído a partir

---

<sup>1</sup> É curioso perceber que Talos era justamente a criatura responsável pela defesa de Creta. Mais recentemente, nos anos 1960, o nome foi utilizado para batizar um sistema de mísseis da Marinha dos Estados Unidos. Outros exemplos ilustram como o desenvolvimento da robótica esteve desde muito cedo relacionada à guerra. Dizem que Arquimedes, por exemplo, um dos mais influentes cientistas da Antiguidade, foi também responsável pela criação de alguns sistemas de defesa para a cidade de Siracusa. Dentre eles, o famoso “Raio da Morte” – um sistema de espelhos que refletia e focava a luz do Sol sobre embarcações inimigas, prendendo-lhes fogo – e a “Garra de Arquimedes” – um tipo de guindaste equipado com um gancho de metal capaz de elevar os navios atacantes parcialmente para cima da água e, logo em seguida, deixá-los cair.

de materiais como pedra e barro, que pode ser animado magicamente para atender aos comandos de seu criador (GELBIN, 2010).

Exemplos semelhantes provavelmente ocorrem em outras culturas, e a criação de seres autômatos não se limita apenas à mitologia e ao folclore. Ao longo da história, artistas, inventores e cientistas tentaram trazer construtos mecânicos à vida, alcançando diferentes graus de sucesso. Durante a Renascença, Leonardo da Vinci idealizou um guerreiro mecânico. Segundo seus esboços, o cavaleiro, composto de engrenagens, pesos, e polias, seria capaz de andar, sentar, mover os braços, a cabeça, e até levantar o próprio visor (ROSHEIM, 2006; VANDERBILT, 2004). Entre os séculos XVII e XIX, bonecas para servir chá foram construídas no Japão basicamente a partir de cordas e madeira (SCHODT, 1988).

O “Pato de Vaucanson” foi criado pelo francês Jacques de Vaucanson em 1738 e apresentado para a corte de Luis XV. O pato mecânico era capaz de, entre outros feitos, bicar grãos de milho, engoli-los, digeri-los e, por fim, defecá-los. Em suas apresentações, o pato era acompanhado de três músicos mecânicos, cada qual responsável por um instrumento diferente. Apesar da fama e da riqueza que o pato e seus musicistas trouxeram ao seu criador – Vaucanson recebeu os mesmos títulos honoríficos que Descartes, Colbert e Pascal –, seu maravilhoso pato revelou-se uma fraude. Anos depois, descobriu-se que, na verdade, o pato era incapaz de digerir comida. O truque consistia em compartimentos secretos para armazenagem de alimento e fezes.

Ainda assim, a invenção de Vaucanson merece destaque na história, pois ilustra a tentativa de utilizar a tecnologia para mimetizar, e quiçá substituir, alguns dos aspectos mais naturais da vida. É interessante notar, contudo, que invenções desse tipo não se enquadram no que atualmente chamamos de robô. Apesar de essas máquinas trabalharem por conta própria, seu funcionamento depende do estabelecimento de uma série de operações predeterminadas cujo resultado é sempre o mesmo. Em outras palavras, nenhuma delas é capaz de ajustar o seu comportamento de acordo com mudanças em seu entorno. Por isso, seres como o pato de Vaucanson são chamados de sistemas automatizados, ou autômatos. O nome tem sua origem na palavra grega “αὐτόματα”, que significa “ação sem influência externa”.

**Autômato:** máquina capaz de realizar operações e responder a comandos predeterminados sem a necessidade de supervisão externa.

Ainda assim, é seguro afirmar que a robótica moderna deve muito ao campo que se constituiu a partir da vontade, e por vezes necessidade, de automatizar sistemas, conforme veremos na próxima seção. Contudo, o salto inicial da robótica militar só foi possível graças ao desenvolvimento das primeiras calculadoras analógicas na década de 1820. Mais tarde, estas máquinas dariam origem à computação digital. Somente no final do século XIX, a ciência avançou o suficiente para criar máquinas que poderiam ser controladas a distância. Em 1898, Nicolau Tesla demonstrou que era possível pilotar remotamente os movimentos de um barco à motor por meio de sinais de rádio. O inventor tentou, então, vender sua ideia para as forças armadas americanas, mas não conseguiu apoio. Não obstante, estavam lançadas as bases para os primeiros experimentos com veículos remotamente pilotados.

Durante a Primeira Guerra Mundial, o desenvolvimento de sistemas remotamente pilotados coincidiu com a introdução de novas tecnologias em campo de batalha, tais como a metralhadora, o rádio, os blindados e as aeronaves, que transformaram a conduta da guerra como um todo. A introdução dessas novas tecnologias, somada à incapacidade dos comandantes de se adaptarem às mudanças que elas trouxeram ao campo de batalha, fizeram com que a partir de então, a guerra fosse se tornando cada vez “menos heróica e mais mortal” (SINGER, 2009, p. 42). Nesse contexto, a ideia de trocar combatentes humanos por sistemas remotamente pilotados começou a fazer algum sentido junto aos militares.

Em 1917, foi desenvolvido na Inglaterra o “Sopwith AT”, uma aeronave remotamente pilotada concebida para atuar contra dirigíveis alemães. No mesmo ano, a também inglesa Wickersham desenvolveu o que chamou de “Land Torpedo”, um pequeno veículo capaz de explodir sua carga ao penetrar em trincheiras inimigas. Essas máquinas foram testadas em campo de batalha durante as décadas de 1910 e 1920, mas em geral não atingiram o sucesso operacional desejado. Dessa forma, os protótipos foram abandonados ainda em meio à Grande Guerra (ROTHMAN, 2009). O único sistema remotamente pilotado a operar com sucesso na Primeira Guerra Mundial

foi o alemão “Fernlenkboot FL-7”. O sistema era composto por uma embarcação carregada de explosivos e conectada a uma torre de comando por meio de cabo. Mais tarde, os “FL-7” passaram a ser controlados a partir de aeronaves também conectadas às embarcações. O sistema foi utilizado principalmente na defesa da costa de Flanders contra navios ingleses.

No contexto da Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento de robôs militares ganhou novo fôlego. Na Alemanha, foram criados sistemas aptos a operar na terra, no mar e no ar. O “Goliath”, por exemplo, era um veículo de controle remoto utilizado em operações contra blindados. O “FX-1400 Fritz”, por sua vez, consistia uma bomba lançada a partir de uma aeronave, cuja trajetória podia ser guiada por rádio. Além disso, os alemães também foram pioneiros no desenvolvimento do primeiro míssil de cruzeiro, a “Bomba Voadora V-1”, e do primeiro míssil balístico, o “Foguete V-2”.

Já nos Estados Unidos, o “OQ-2 Radioplane Dennykite” foi a primeira aeronave remotamente pilotada utilizada de forma massiva pelas forças armadas. Ao longo da Segunda Guerra Mundial, cerca de quinze mil unidades foram adquiridas pelo exército para servir como alvo em treinos de tiro (SINGER, 2009, p. 49). Além disso, o mesmo período também foi marcado por avanços importantes na computação. Nesse sentido, muitas aeronaves “B-17” e “PB4Y” foram equipadas com o “Mark 15 Norden”. O “Norden” era um computador analógico capaz de tomar o controle do voo e calcular, a partir de dados geográficos e meteorológicos, o momento ideal para o lançamento de explosivos. Avanços na computação também permitiram o desenvolvimento do “Colossus”, um conjunto de máquinas empregado pelos ingleses durante o conflito para análise de mensagens alemãs criptografadas.

Durante os primeiros anos da Guerra Fria, o desenvolvimento de sistemas robóticos ficou praticamente estagnado. Parte desta estagnação pode ser atribuída ao desinteresse das forças armadas no desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Para muitos oficiais, sobretudo da força aérea, sistemas remotamente tripulados representavam uma ameaça às carreiras mais tradicionais da instituição. Em outras palavras, muitos marechais temiam que o principal ativo da força, os pilotos, fosse paulatinamente substituído por robôs. Em alguma medida, esse receio ainda existe em muitas partes do mundo, por motivos que serão explorados mais adiante. Por outro

lado, os investimentos em computação digital cresceram exponencialmente, influenciados em larga medida pelas necessidades militares dos Estados Unidos e de sua Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (“*Advanced Reserach Projects Agency*” ou ARPA).<sup>2</sup> Somente nos anos 1960 é que a robótica voltou à cena, graças à criação dos primeiros robôs de emprego industrial.

Ainda assim, o desenvolvimento de sistemas militares remotamente pilotados continuou ocorrendo de forma bastante tímida. Em 1962, a empresa norte-americana “Ryan Aeronautical” recebeu cerca de um milhão de dólares de financiamento governamental para desenvolver uma aeronave de reconhecimento. O “FireFly” foi posto em operação no Vietnã, mas o caráter confidencial de suas missões não contribuiu para que seu sucesso operacional fosse devidamente reconhecido pelo público. Além disso, muito pouco foi investido no sentido de resolver os problemas técnicos que as aeronaves apresentavam quando colocadas em campo. Nas palavras de Peter Singer (2009, p. 54-55), “the Vietnam experience was as bad for robotics as it was for the broader U.S. military”, por isso, o projeto logo foi abandonado.<sup>3</sup>

Os Estados Unidos somente voltaram a investir no desenvolvimento de sistemas não tripulados em 1979, com a implementação do programa “Aquila” pelo exército. O programa previa a criação de uma pequena aeronave de reconhecimento, capaz de recolher inteligência além das linhas inimigas e transmitir a informação coletada para a base, mais ou menos nos moldes do atual “Predator”. Com o tempo, contudo, as forças armadas passaram a demandar que o “Aquila” fosse equipado com cada vez mais sensores. Cada nova demanda, naturalmente, era acompanhada de suas respectivas compensações. Quanto mais carregada, maior, mais pesada, e mais facilmente abatida a aeronave. Quanto mais seguras as linhas de comunicação, menor a qualidade na transmissão de imagens. O programa, cujo orçamento inicial estimava o investimento de 560 milhões de dólares para produção de 780 aeronaves, foi cancelado em 1987 após já ter gasto cerca de um bilhão em apenas alguns protótipos (SINGER, 2009, p. 55). No mesmo período, o exército americano também investiu em programas para o

---

<sup>2</sup> Mais tarde, a agência passou a se chamar “Defense Advanced Reserach Projects Agency”, ou DARPA.

<sup>3</sup> “A experiência do Vietnã foi tão ruim para a robótica quanto foi para os militares estadunidenses em geral” (SINGER, 2009, p. 54-44).

desenvolvimento de sistemas robóticos terrestres, mas estes projetos tampouco obtiveram sucesso.

Enquanto isso, outros países avançavam a passos largos tanto no desenvolvimento quanto no emprego de sistemas não tripulados. Na Guerra do Líbano de 1982, drones israelenses marcaram o sucesso da Operação “Mole Cricket 19”. Nesta ocasião, as aeronaves serviram, primeiro, para coletar informações sobre baterias antiaéreas sírias. Em seguida, UAS emitiram sinais falsos para confundir os sistemas de defesa e forçá-los a abrir fogo. Finalmente, enquanto as baterias eram recarregadas, “F-4 Phantoms” entraram em ação com mísseis de supressão e suporte de caças “F-15” e “F-16”. A Operação ficou conhecida pois representou a primeira vez em que um sistema de defesa terra-ar soviético foi completamente destruído por forças ocidentais.

Apesar de todos os contratempos tecno-políticos, o desenvolvimento de UAS se intensificou nos Estados Unidos entre as décadas de 1960 e 1980. Contudo, foi somente nos anos 1990 que os robôs conquistaram definitivamente a confiança – e o bolso – dos militares. A Guerra do Golfo impulsionou e popularizou o emprego das chamadas armas inteligentes, notadamente bombas guiadas a laser e mísseis de cruzeiro, especialmente o “Tomahawk”.<sup>4</sup> Além do investimento em armas inteligentes, alguns blindados “M-60” foram convertidos em sistemas não tripulados para remoção de minas, e um pequeno número de aeronaves “Pioneer” foi utilizado pela marinha americana.

Contudo, o verdadeiro destaque da Guerra não foram os sistemas de armas, mas os sistemas computadorizados de C3I (comando, controle, comunicação e inteligência) que traduziram na prática a ideia de digitalização então em curso nas forças armadas do país (DUARTE, 2012).

By 1990, the U.S. military had bought into the idea of digitizing its forces and was spending \$30 billion a year on applying computers to all its various tasks.

---

<sup>4</sup> Há um debate interessante sobre a possibilidade de classificar armas inteligentes, especialmente mísseis de cruzeiro, como sistemas robóticos. Ainda que o “Tomahawk”, por exemplo, possua um sistema de guiagem automático, ele é incapaz de se adaptar a mudanças súbitas no ambiente, o que invalidaria a afirmação de acordo com a definição de robô empregada na tese. Para navegar, o míssil depende de dados georeferenciados que são inseridos em seu sistema a priori. Ainda sobre armas inteligentes, vale lembrar que apenas sete por cento de todas as bombas utilizadas no Golfo se enquadra nessa classe.

The Gulf War was the first war in history to involve computers to a significant extent, doing everything from organizing the movement of hundreds of thousands of troops to sorting through reams of satellite photos to find targets for the missiles to hit (SINGER, 2009, p. 58).<sup>5</sup>

Soma-se aos sistemas de C3I o lançamento do “Global Positioning System” (GPS), que permitiu que as tropas norte-americanas operassem em meio ao deserto, mesmo com visibilidade reduzida, graças às informações oferecidas por sua rede de satélites. Na verdade, o GPS foi fundamental para o desenvolvimento dos sistemas robóticos modernos, graças à sua capacidade de fornecer em tempo real e de maneira integrada todos os dados necessários para navegação dos robôs.

Poucos anos depois da estreia do “Tomahawk” na Guerra do Golfo, os primeiros “Predators” e “Global Hawks” entraram em operação no Kosovo. Desde então, os investimentos militares em UAS e a centralidade e importância de TIC na condução da guerra não pararam de crescer. Além disso, os programas para o desenvolvimento de tecnologias robóticas foram aos poucos ganhando maior aceitação entre os militares.

No início dos anos 2000, diante disso, estava finalmente pavimentado o caminho para acentuação da robotização nos Estados Unidos. Àquela altura, os sistemas não apenas já haviam demonstrado a sua utilidade em campo de batalha e maturidade tecnológica, mas mudanças na ordem internacional e na política doméstica norte-americana pressionavam por uma atitude mais assertiva em relação aos robôs. Com o fim da Guerra Fria, as forças armadas dos Estados Unidos passaram por um extenso processo de redução. Se em 1985 o país possuía 2.151.600 homens na ativa, em 2015 eram apenas 1.347.300 soldados (WORLD BANK, 2017). A Figura 3 ilustra essa diminuição. Até o final do FY 2017, o número deve diminuir ainda mais, atingindo a marca de 1.296.900 combatentes (GLOBAL SECURITY, 2017). Além disso, a vitória praticamente sem baixas no Golfo e os desastres na Somália (1993) e em Ruanda (1994) impactaram negativamente na aceitação dos custos da guerra pela população do país, e, conseqüentemente, sobre a política externa norte-americana.

---

<sup>5</sup> “Em 1990, os militares dos Estados Unidos compraram a idéia de digitalizar suas forças e gastaram US\$30 bilhões ao ano na aplicação de computadores para todas as suas várias tarefas. A Guerra do Golfo foi a primeira guerra na história a envolver computadores em larga escala capazes de fazer de tudo, desde organizar o movimento de centenas de milhares de tropas, até classificar, a partir de resmas de fotos de satélite, alvos para mísseis atingirem” (SINGER, 2009, p. 58).

**Figura 1 - Evolução do Tamanho das Forças Armadas dos Estados Unidos 1985-2015**



**Fonte:** World Bank (2017).

A partir dos atentados terroristas de 2001, sistemas robóticos tornaram-se um dos principais recursos dos Estados Unidos na Guerra ao Terror. Segundo dados de Peter Singer (2009 p. 61), entre 2002 e 2008 o orçamento de defesa anual norte-americano aumentou 74%, chegando a USD 515 bilhões. O montante não inclui os gastos com as operações no Afeganistão e no Iraque, que foram custeados com valores suplementares. Tampouco os montantes investidos em pesquisa e desenvolvimento e em projetos confidenciais, cujos orçamentos não são divulgados para o público. Boa parte desse dinheiro foi dirigido para sistemas robóticos. Ainda de acordo com Singer (2009, p. 61), desde 2001 o valor investido em sistemas terrestres tem dobrado a cada ano, enquanto os investimentos em sistemas aéreos aumentam 23% ao ano.

Os dados deixam claro, portanto, que, apesar de o processo de robotização ocorrer entre as forças armadas estadonidenses desde o começo do século XX, ele tem se intensificado nas últimas três décadas, e atingiu seu pico nos anos 2000, graças aos

esforços do país na África e no Oriente Médio.<sup>6</sup> Não está claro, contudo, se ele continuará a se intensificar ou se recuará nos próximos anos. Ainda que a tendência geral seja de, no mínimo, manutenção de capacidades adquiridas, até a eleição de Donald Trump alguns analistas vinham sugerindo que os gastos militares deveriam diminuir no longo prazo (ACKERMAN, 2013). De acordo com um relatório do “Center for the Study of the Drone” do Bard College, “Funding for drones is lower in the proposed Fiscal Year 2017 budget than in Fiscal Year 2016, although it is slightly higher than in Fiscal Year 2015” (GETTINGER, 2016).<sup>7</sup> O mesmo documento também reporta um interesse crescente do Departamento de Defesa tanto em sistemas terrestres, quanto em sistemas navais, refletindo a centralidade dessas tecnologias para manutenção da superioridade militar do país, conforme proposto pela “third offset strategy”, não obstante a mencionada redução do orçamento.<sup>8</sup>

De fato, como se viu anteriormente, sistemas robóticos desempenham um papel central na “third offset strategy” para compensar as capacidades de China e Rússia, cujos investimentos militares têm sido focados na obtenção de tecnologias anti-acesso

---

<sup>6</sup> Definimos “robotização” como o uso crescente de sistemas robóticos pelas forças armadas nos domínios tradicionais de operação. O processo não é restrito apenas aos militares, obviamente, mas engloba as sociedades como um todo, gerando diferentes resultados. Richard Freeman (2016), por exemplo, trata das consequências econômicas e de mercado de trabalho oriundas do processo e propõe, ecoando as leis da robótica de Isaac Asimov, “the three laws of robo-nomics” (“três leis da robonomia”) para “guide our thinking about the way robotization will affect workers and the economy, and how that should inform policy” (“guiar nossas reflexões sobre a forma pela qual a robotização irá afetar os trabalhadores e a economia, além de como ela deverá influenciar a política”). Segundo análise de Philip Bump (2017), pelo menos 670 mil postos de trabalho foram perdidos nos Estados Unidos desde 1993 graças à robotização acelerada em diversos ramos da indústria. Talvez não por acaso, os estados mais afetados pelo processo foram aqueles nos quais um número menor de eleitores optaram por apoiar a candidata democrata, Hilary Clinton, nas eleições presidenciais de 2016.

<sup>7</sup> “O orçamento para drones é menor no Ano Fiscal 2017 do que foi no Ano Fiscal 2016, apesar de ser um pouco maior do que foi no Ano Fiscal 2015” (GETTINGER, 2016).

<sup>8</sup> Ainda de acordo com Gettinger (2016, p. 01), “the military has allocated approximately \$4.61 billion for drone-related spending in the FY17 budget proposal. On the whole, the proposal reflects a technology in transition; as major drone acquisition programs wind down, funding is allocated for new research and procurement initiatives. In fact [...] the military plans on spending significantly less to purchase new unmanned aircraft in FY17 than in previous years. This is because most of the current major acquisition programs have already met their aircraft totals or have gone over budget” (“as forças armadas alocaram aproximadamente \$ 4,61 bilhões para gastos relacionados a drones na proposta de orçamento do FY17. Em geral, a proposta reflete uma tecnologia em transição; à medida que os principais programas de aquisição de drones terminam, o financiamento é alocado para novas iniciativas de pesquisa e compras. Na verdade, [...] os militares planejam gastar significativamente menos para comprar novos aviões não tripulados no FY17 do que em anos anteriores. Isso ocorre porque a maioria dos principais programas de aquisição atuais já atingiu o total de aeronaves planejado ou ultrapassou o orçamento”). Essa tendência também pode refletir o grau de maturidade tecnológica de alguns sistemas e a necessidade de desenvolver novas soluções para atender as demandas da força.

e de negação de área, tais como armas anti-satélite, anti-embarcações e sistemas de precisão. De acordo com muitos oficiais, “[...] future warfare will be based on the exploitation of windows of opportunity and therefore will require smaller, more expensive, and highly technical forces” (BORNE, 2017).<sup>9</sup> Por isso, como se viu no capítulo anterior, além da robótica, outras capacidades tecnológicas também são fatores importantes na estratégia.

Apesar disso, enquanto a aplicação de muitas dessas tecnologias permanece sendo ficção, sistemas robóticos não apenas já são amplamente disponíveis e empregados pelas forças armadas de diversos países, mas vêm sendo responsáveis por mudanças importantes nas organizações militares. Antes de abordar essas mudanças, contudo, vale a pena explorar um pouco alguns aspectos relativos ao funcionamento dos sistemas. Por isso, a próxima seção trata de conceitos fundamentais para compreensão do fenômeno da robotização e introduz os campos do conhecimento que influenciam a pesquisa em robótica e determinam o que um robô é e não é capaz de fazer.

### 3.2 ROBÓTICA, CONTROLE, E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Mas, afinal, o que é um robô? Naturalmente, esta não é uma pergunta trivial. A definição de robô evoluiu ao longo do tempo, juntamente com a ciência e a tecnologia. A palavra “robô” foi popularizada no início do século passado pela peça “*Rosumovi Univerzální Roboti*” (Robôs Universais de Rossum [R.U.R.] [1921]), do dramaturgo tcheco Karel Čapek. O termo é oriundo da junção das palavras “robota”, que significa “trabalho obrigatório”, e “robotnik”, que significa “servo” (SINGER, 2009, p. 66). Mais tarde, nos anos 1940, o termo foi difundido e introduzido na cultura pop, em grande medida, graças à obra do ficcionista norte-americano Isaac Asimov. Foi Asimov quem cunhou o termo “robótica”, batizando assim o campo de estudo dos robôs.

Atualmente, contudo, a palavra robô adotou um significado mais amplo do que o mero exercício de trabalho. Na medida em que os dispositivos computacionais se desenvolveram – e, particularmente, na medida em que se miniaturizaram –, a noção

---

<sup>9</sup> “A guerra futura será baseada na exploração de janelas de oportunidade e, portanto, vai requerer forças menores, mais caras e mais tecnológicas” (BORNE, 2017).

de robô passou a incluir também conceitos como pensamento, raciocínio, resolução de problemas e até mesmo emoção e consciência.

Por ser um campo intrinsecamente interdisciplinar, a robótica desenvolveu-se a partir de diferentes paradigmas tecno-científicos, e sofreu influência de diferentes ramos do conhecimento. Ainda que seja possível relacionar a robótica com a filosofia, com a neurociência, e com a computação digital, para citar apenas alguns exemplos, os fundamentos do campo estão íntima e originalmente relacionados a pelo menos três áreas de estudo: a teoria de controle, a cibernética e a inteligência artificial. Estes ramos têm tido um impacto importante e permanente na robótica atual, e pelo menos dois deles ainda figuram, mesmo que de modo independente, entre as principais áreas de pesquisa.

A teoria de controle é um dos pilares da engenharia, e consiste no estudo formal (matemático) de sistemas de controle<sup>10</sup> automatizados. Ela trata da modificação do comportamento de sistemas dinâmicos<sup>11</sup> a partir de um sinal de entrada (“input”) a fim de obter a resposta desejada (“output”). Seu desenvolvimento foi relevante, pois permitiu o entendimento e a formalização de diferentes sistemas mecânicos que fazem e/ou fizeram parte do cotidiano, tais como canais de irrigação e moinhos de vento, geladeiras e espaçonaves. Atualmente, a teoria de controle é aplicada na robótica para o controle de baixo nível de robôs, utilizado principalmente para navegação e locomoção das máquinas.

Em meados do século XX, a teoria de controle passou a incorporar componentes elétricos e eletrônicos em suas formulações matemáticas. A partir de então, surgiu um novo campo de pesquisa bastante influente para a robótica: a cibernética. Talvez não por acaso, sua origem remonta ao desenvolvimento de sistemas de artilharia antiaérea na Segunda Guerra Mundial e aos estudos sobre controle por retroalimentação (“feedback”) do filósofo e matemático americano Norbert Wiener.

A cibernética foi definida por Wiener (1948) como a ciência do controle e da comunicação no animal e na máquina. Ela consiste na aplicação da teoria de controle a

---

<sup>10</sup> Cada função de uma máquina que se deseja controlar possui um sistema de controle, ou seja, um dispositivo ou um grupo de dispositivos que gerenciam o comportamento do todo.

<sup>11</sup> Um sistema dinâmico consiste em um sistema físico cujo estado varia ao longo do tempo.

sistemas biológicos complexos<sup>12</sup> a partir da combinação de conceitos oriundos da engenharia, da biologia, e da neurociência. O campo busca compreender como ocorre a comunicação entre diferentes partes de uma máquina, ser vivo, grupo social, ou suas combinações. Apesar de a cibernética ser um campo de pesquisa considerado ultrapassado, sua importância na história da ciência é indiscutível, uma vez que pavimentou o caminho para a criação da robótica baseada em inteligência artificial.

O campo da inteligência artificial (*"artificial intelligence"* ou AI) nasceu oficialmente em 1956, em uma conferência realizada na Universidade de Dartmouth, nos Estados Unidos. Ainda que a origem do campo remonte também ao trabalho de expoentes da ciência da computação, tais como Warren McCulloch<sup>13</sup>, Walter Pitts<sup>14</sup> e Alan Turing, o encontro não apenas estimulou a criação dos centros de pesquisa em inteligência artificial de algumas das mais importantes universidades do mundo (Stanford e MIT), como também fomentou o desenvolvimento da linguagem de programação em AI predominante por mais de cinquenta anos (LISP) (FRANKLIN, 2014).

O evento reuniu pesquisadores como Marvin Minsky<sup>15</sup>, John McCarthy<sup>16</sup>, Allan Newell<sup>17</sup> e Herbert Simon<sup>18</sup> a fim de discutir a possibilidade de simular a inteligência humana em máquinas (MCCARTHY *et al.*, 1955). Durante dois meses, os cientistas discutiram temas como redes neurais, automação, linguística, criatividade, entre outros, chegando a conclusão de que a produção de um raciocínio complexo é fundamental para uma máquina ser considerada inteligente (MATARIC, 2014, p. 33). Os pioneiros do

---

<sup>12</sup> Um sistema complexo é composto por diferentes elementos interligados cujos vínculos criam informação adicional não visível a priori por um observador. A interação dos elementos cria novas propriedades que não são explicáveis pela ação dos elementos isolados.

<sup>13</sup> Warren McCulloch (1898-1962) foi um neurofisiologista americano, conhecido por seu trabalho sobre redes cerebrais e por contribuições para a cibernética.

<sup>14</sup> Walter Pitts (1923-1969) foi um lógico americano. Seu trabalho propôs formulações teóricas sobre a atividade neural e processos generativos que influenciaram diversos campos, tais como as ciências cognitivas, a psicologia, as ciências da computação, a cibernética e a inteligência artificial.

<sup>15</sup> Marvin Minsky (1927) foi responsável pela construção do primeiro computador baseado em redes neurais. Foi um dos fundadores do laboratório de inteligência artificial do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

<sup>16</sup> John McCarthy (1927-2011) foi um cientista da computação estadunidense. Cunhou o termo "inteligência artificial" e criou a linguagem de programação LISP.

<sup>17</sup> Allan Newell (1927-1992) foi um cientista da computação estadunidense. Foi o responsável pelo desenvolvimento de dois dos primeiros programas de AI: o "*Logic Theory Machine*" (1956) e o "*General Problem Solver*" (1957).

<sup>18</sup> Herbert Simon (1916-2001) foi um cientista da computação, cientista político e economista americano. Simon foi co-autor do "*Logic Theory Machine*" e do "*General Problem Solver*".

campo definiram, assim, os dois principais objetos de estudo da inteligência artificial: a cognição e a capacidade das máquinas de planejar e raciocinar.

Ao longo do tempo, avanços nestes três campos de pesquisa originaram os fundamentos da robótica moderna, baseada em AI, e estabeleceram os modelos mentais que permitiram a compreensão do funcionamento de robôs. Estes modelos são comumente chamados de paradigmas da robótica, e podem ser classificados a partir da forma pela qual dados sensoriais são processados e distribuídos pelo sistema, bem como pelo local em que decisões são tomadas.

De maneira geral, os paradigmas estão baseados na ideia de que máquinas inteligentes devem ser programadas para atuar a partir de um ciclo contínuo de coleta e processamento de informação. Este ciclo está sintetizado na capacidade de o robô "sentir, planejar e agir". A capacidade de o robô "sentir, planejar e agir" configura as premissas fundamentais para uma definição primitiva de robô. "Sentir" diz respeito à capacidade de o robô coletar informações do ambiente através de seus sensores. "Planejar" é a capacidade de o robô antecipar os resultados possíveis de suas ações e procurar a sequência ótima de ações que o permitirá atingir a meta desejada. Finalmente, "agir" corresponde à capacidade de o robô modificar seu ambiente para atingir a meta.

A partir destas premissas, podemos definir um robô como uma máquina capaz de sentir o ambiente em seu entorno e extrair informação; tomar decisões com base em um objetivo pré-determinado e no ambiente que o circunda; e realizar o objetivo, interagindo com o ambiente.<sup>19</sup>

As formas com as quais estas premissas se relacionam entre si definem a arquitetura de controle do robô. Uma arquitetura "fornece princípios norteadores e limitações para organizar o sistema de controle de um robô" (MATARIC, 2014, p. 178). Em outras palavras, uma arquitetura garante que a programação do robô produzirá o sinal de saída desejado. Atualmente, roboticistas trabalham principalmente com quatro

---

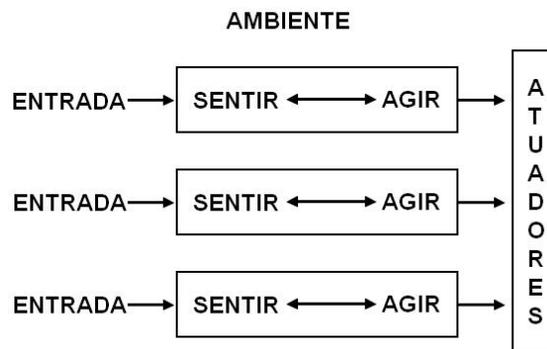
<sup>19</sup> Mais recentemente, sugeriu-se que fosse adicionada uma quarta capacidade ao ciclo: "comunicar". Para Siegel (2001; 2003), o desenvolvimento de robôs móveis traz consigo a necessidade de que a informação coletada seja distribuída de maneira eficaz tanto entre robôs quanto entre robôs e seres humanos. Segundo o autor, esta necessidade contribui ainda para o desenvolvimento de sensores e monitores ("*displays*") cada vez mais sofisticados. Além de "comunicar", "aprender" também é considerada uma quarta capacidade por alguns cientistas.

tipos diferentes de arquitetura: controle reativo; controle deliberativo; controle híbrido; e controle baseado em comportamento.

### 3.2.1 Controle Reativo

Sistemas de controle reativo (Figura 4) utilizam mapeamento direto entre sensores e efetadores, além de informações mínimas (se houver) sobre o estado<sup>20</sup> do robô. Em geral, sistemas puramente reativos não utilizam representações internas do ambiente, tampouco antevêm os possíveis resultados de suas ações, mas operam em uma curta escala temporal e reagem à informação sensorial imediata. Estes sistemas operam a partir em um conjunto de situações (estímulos, também chamados condições) e um conjunto de ações (respostas, também chamadas comportamentos).

Figura 4 - Controle Reativo



Fonte: elaborado pelo autor com base em Mataric (2014, p. 204).

### 3.2.2 Controle Deliberativo

Sistemas de controle deliberativo (Figura 5) utilizam representações (modelos de mundo) para planejar suas ações. Isso significa que o robô analisará (buscará) todos os caminhos possíveis na representação antes de tomar uma decisão que o leve ao estado-objetivo. Às vezes, é necessário encontrar o caminho ótimo, o que pode requerer bastante tempo, dependendo do tamanho da representação. O tamanho da representação, por sua vez, também pode ser influenciado pelo número de sensores do

<sup>20</sup> O estado é uma representação do sistema em determinado momento de tempo.

robô, resultando em um espaço de estados grande em que a busca será ainda mais lenta. Além disso, representar e manipular o espaço de estados do robô pode demandar uma grande capacidade de armazenamento de dados, ou seja, uma grande memória. Dentre as desvantagens de sistemas de controle deliberativo, destaca-se a suposição de que a representação do espaço de estados é precisa e atualizada, o que nem sempre é possível dado que o ambiente de atuação do robô pode eventualmente ser alterado ao longo do tempo.

**Figura 5 - Controle Deliberativo**



**Fonte:** elaborado pelo autor com base em Mataric (2014, p. 197).

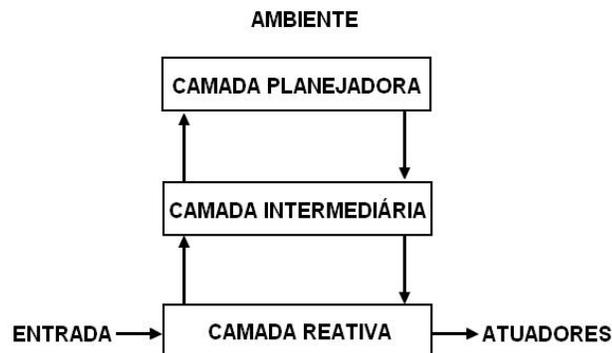
### 3.2.3 Controle Híbrido

Uma arquitetura de controle híbrido (Figura 6) envolve a combinação dos controles reativo e deliberativo em um único sistema de controle do robô. Isso significa que “os controladores, as escalas de tempo (curta para o reativo, longa para o deliberativo) e as representações (nenhuma para o reativo, modelos de mundo explícitos e elaborados para o deliberativo), fundamentalmente diferentes entre si, devem ser construídos para trabalhar juntos de forma eficaz” (MATARIC, 2014, p. 221). Para tanto, sistemas de controle híbrido são construídos em camadas: uma camada reativa, uma camada planejadora, e uma camada intermediária. A camada intermediária é responsável por compensar as limitações das camadas reativa e planejadora, conciliando suas escalas de tempo, representações, e quaisquer comandos contraditórios que possam ser enviados ao robô. A prevalência entre os comandos oriundos de cada camada vai depender do tipo de ambiente, da tarefa, do sensoriamento, do tempo, das exigências de reação, etc. Alguns sistemas híbridos utilizam uma estrutura hierárquica na qual uma das camadas está sempre no comando.

Em geral, em sistemas mais eficazes a interação entre ação e pensamento está integrada, permitindo que cada camada possa informar e interromper a outra. Além disso, a camada intermediária geralmente é capaz de armazenar alguns planos para que não seja necessário gerá-los novamente no futuro. Naturalmente, cada plano é específico para um estado inicial e um estado-objetivo em particular, mas se for provável que estes estados voltem a ocorrer, o armazenamento torna a ação do robô mais eficiente.

Conceber e implementar uma camada intermediária é um desafio complexo, já que ela tende a ser desenvolvida para uma tarefa específica de um robô específico. Por isso ela precisa ser reinventada para cada nova tarefa e para cada novo robô. Além disso, um sistema híbrido pode degenerar, resultando em uma camada planejadora que deixa a camada reativa lenta, e/ou em uma camada reativa que ignora totalmente a camada planejadora, minimizando a eficácia de ambos.

**Figura 6 - Controle Híbrido**



**Fonte:** elaborado pelo autor com base em Mataric (2014, p. 222).

### 3.2.4 Controle Baseado em Comportamento

Finalmente, o controle baseado em comportamento (Figura 7) busca superar algumas das desvantagens das arquiteturas mencionadas anteriormente, tais como a lentidão dos sistemas deliberativos, a inflexibilidade dos sistemas reativos, e a complexidade dos sistemas híbridos, a partir do uso de “comportamentos” como módulos de controle. Diferentemente de ações (por exemplo, “parar” ou “virar para esquerda”), cujo escopo temporal é limitado, comportamentos atingem ou mantêm

objetivos específicos ao longo do tempo (por exemplo, “encontrar objeto”, “desviar objeto”, “recarregar baterias”, etc.). Eles podem ter sinais de entrada oriundos de sensores e/ou de outros comportamentos, e podem enviar sinais de saída para efetadores e/ou outros comportamentos. Isso significa que sistemas baseados em comportamento são capazes de criar redes de comportamentos que se comunicam uns com os outros. Esta característica confere ao robô a capacidade de armazenar estados, construir modelos de mundo, e antecipar o futuro.

O controle baseado em comportamento é estruturado a partir de um conjunto de comportamentos internos que, ao agir sobre o ambiente, produz um conjunto de comportamentos externos, ou observáveis. Os conjuntos de comportamentos internos e externos não são necessariamente os mesmos. Comportamentos podem ser projetados com diferentes níveis de abstração, ou seja, com mais ou menos detalhes. Além disso, podem demandar mais ou menos tempo e capacidade de processamento computacional, dependendo do objetivo do robô. Esta flexibilidade é uma das principais vantagens do controle baseado em comportamento.

**Figura 7 - Controle Baseado em Comportamento**



**Fonte:** elaborado pelo autor com base em Mataric (2014, p. 234).

Levando em conta tudo o que foi colocado até agora, o quadro a seguir apresenta a definição de robô utilizada ao longo deste trabalho, formulada principalmente a partir de Mataric (2014, p. 19), de Murphy (2000, p. 03) e de Singer (2009, p. 67).

**Robô:** sistema relativamente autônomo, inteligente e mecânico, capaz de sentir e de extrair informação do ambiente que o circunda e de interagir com ele para alcançar determinado objetivo.

De acordo com esta definição, um robô é um sistema relativamente autônomo. Naturalmente, robôs diferentes possuem graus de autonomia diferentes. Em robótica, autonomia diz respeito à capacidade que máquinas têm de atuar sem a supervisão humana. Isso envolve a captura e o processamento contínuo de informações a partir do ambiente complexo que as circunda, bem como a tomada de decisões sobre agir ou não agir em resposta a um determinado sinal de entrada. O grau de autonomia de um robô está relacionado à capacidade que seus controladores têm de processar informação. Nesse sentido, os controladores desempenham o papel tanto do cérebro quanto de sistema nervoso de um robô. Em geral, um robô possui mais de um controlador, a fim de que cada sensor possa funcionar individualmente.

Os sensores são dispositivos que monitoram o ambiente e permitem que o robô extraia informações sobre si e sobre o seu entorno. Por um lado, o que um robô precisa sentir depende do objetivo que ele deve cumprir. Por outro, o que um robô pode sentir depende do tipo de sensor que ele tem. Sensores diferentes obtêm informações diferentes a partir de dados sobre temperatura, pressão, umidade, vibração, luz, som, etc. Por isso, pode-se dizer que os sensores são para os robôs o mesmo que os olhos, ouvidos, nariz, língua, pele, etc. são para os animais. O conjunto de sensores de um robô cria o que se chama de espaço sensorial.

Em teoria, um robô totalmente autônomo seria capaz de tomar decisões por conta própria. Contudo, a ciência ainda não chegou a este ponto. Ainda assim, o debate sobre autonomia é importante, pois se relaciona ao desenvolvimento da robótica, tanto civil quanto militar, no futuro. Isso porque o grau de autonomia de um robô reflete, em grande medida, o seu grau de inteligência. Em robótica inteligência significa que o robô é capaz de realizar tarefas que exigem algum nível de raciocínio. A próxima seção aprofundará o debate sobre autonomia no contexto dos sistemas robóticos militares.

Além de ser um sistema autônomo e inteligente, um robô necessariamente possui um corpo material mecânico. Em outras palavras, um robô não possui

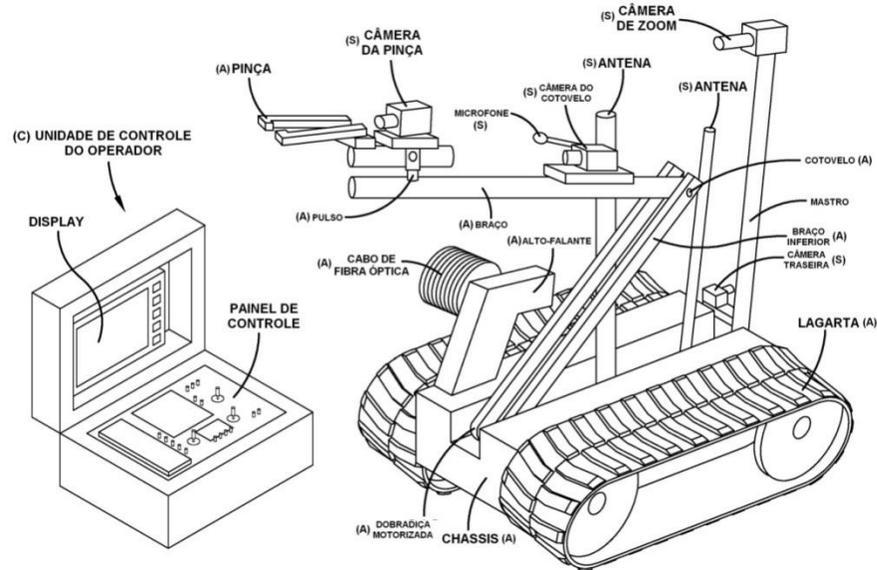
componentes biológicos em sua estrutura. A corporeidade de um robô o torna diferente, por exemplo, de códigos computacionais que também executam trabalho de maneira autônoma ou pré-programada. Assim, um computador não é um robô, mas um robô pode ter um computador como um de seus componentes.

Finalmente, a ação de um robô deve ser direcionada para determinado objetivo, seja ele qual for. Para alcançar sua meta, o robô deve atuar sobre o ambiente, adaptando-se quando necessário a partir da informação coletada. Para tanto, um robô necessita também, além de sensores, de atuadores, efetadores ou outros tipos de dispositivos capazes de interagir o seu entorno.

### 3.3 SISTEMAS ROBÓTICOS MILITARES

Um robô militar é muito parecido com um robô civil no que diz respeito ao seu funcionamento. Assim como robôs civis, robôs militares também são compostos por atuadores, controladores, efetadores e sensores. Alguns robôs podem, inclusive, possuir os mesmos componentes. O robô doméstico “Roomba” e o robô militar “PackBot”, por exemplo, são produzidos pela mesma iRobot, dos Estados Unidos, e compartilham alguns componentes entre si. Robôs militares, contudo, tendem a serem projetados para realizar tarefas bastante diferentes daquelas executadas por suas contrapartes civis. A figura a seguir (Figura 8) apresenta o robô militar “TALON 300”, da empresa americana Foster-Miller/QinetiQ, relacionando seus componentes com o papel que desempenham no sistema.

**Figura 2 - TALON 300 (Foster-Miller/QinetiQ)**



**Fonte:** adaptado de Reger (2010).

**Nota:** (A) Atuadores (C) Controladores (E) Efetadores (S) Sensores.

Este trabalho define tipos de robôs militares a partir de seus domínios de emprego. Desta forma, trata de robôs que operam na terra, na água e no ar, ou, respectivamente, sistemas robóticos terrestres, sistemas robóticos navais, e sistemas robóticos aéreos. É importante salientar que, apesar do jargão norte-americano muitas vezes se referir a “veículos não tripulados” (“unmanned vehicles”), o trabalho optou por substituir o termo “vehicle” pelos termos “sistema”, a fim de salientar o fato de que robôs militares dependem de linhas de comunicação e de apoio complexas para funcionar, não sendo restritos, portanto, ao veículo em si (VICENTE, 2013; DUARTE, 2012, p. 43). Além disso, o trabalho optou também, no caso dos sistemas que operam n'água, por substituir os termos mais corriqueiros em inglês, “underwater” ou “submarine”, pelo termo “naval”, a fim de não limitar a abrangência do conceito a sistemas que atuam abaixo da superfície. Ademais, também se optou por utilizar os termos “não tripulado” e “robótico” indiscriminadamente. Finalmente, optou-se, ainda, pela manutenção das siglas de acordo com a notação anglo-saxã.

Sistemas robóticos terrestres (“*unmanned ground vehicles*” ou UGV) têm sido utilizados principalmente em missões de inteligência, monitoramento e reconhecimento

(“*intelligence, surveillance and reconnaissance*”, ou ISR); de transporte e logística; de engenharia; e de desativação e neutralização de artefatos biológicos, explosivos, químicos e radioativos (“*chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive*”, ou CBRNe).

Apesar do desenvolvimento de UGV remeter ao início do século XX, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos passou a investir sistematicamente em novos projetos somente a partir dos anos 1990, com o lançamento do “*Joint Ground Robotics Enterprise*” (JGRE). O JGRE serve como guarda-chuva para todos os projetos relacionados a sistemas robóticos terrestres do Departamento de Defesa, assegurando a coordenação entre diferentes iniciativas e o compartilhamento de informações entre os serviços militares a fim de eliminar possíveis redundâncias. O JGRE é coordenado pelo “*Robotics Systems Joint Project Office*” (RS JPO), uma organização subordinada ao “*Program Executive Office for Ground Combat Systems*” (PEO GCS) e ao “*Marine Corps Systems Command*” (MARCORSYSCOM). O JGRE é responsável pelo desenho, integração, aquisição, teste, implementação e sustentação de sistemas robóticos para todas as forças dos Estados Unidos.

Atualmente, dois documentos servem de base para o desenvolvimento de sistemas robóticos terrestres pelas forças armadas norte-americanas: o “*Unmanned Ground Systems Roadmap*” (2011) e o “*Unmanned Systems Integrated Roadmap*” (2013). Ambos os documentos chamam a atenção para necessidade de promover a modernização e a interoperabilidade dos sistemas robóticos em operação. Por modernização, neste caso, entende-se a atualização e a implementação de tecnologias que aumentem a funcionalidade e a confiabilidade dos sistemas. Por interoperabilidade, entende-se que sistemas atuais e futuros deverão ser capazes de comunicar-se entre si e com outros sistemas de armas sem sofrer interferências do campo de batalha. Dentre os vetores de modernização e interoperabilidade apontados pelo “*Unmanned Ground Systems Roadmap*” (2011) destacam-se arquitetura, sensoriamento (visão), manipulação, fontes de energia, carga, comunicações, mobilidade, navegação autônoma e interface soldado-máquina.

Sistemas não tripulados navais (“*unmanned underwater vehicles*” ou UUV) têm sido utilizados principalmente em missões de ISR, de oceanografia, anti-submarinos, e

de desativação e neutralização de minas. O “*Unmanned Systems Integrated Roadmap*” (2013) define duas categorias de UUV: sistemas não tripulados de superfície (“*unmanned surface systems*” ou USS) e sistemas não tripulados submarinos (“*unmanned underwater systems*” ou UUS). Apesar da Marinha dos Estados Unidos manter planos para o desenvolvimento sistemático de UUV desde os anos 1990 (“*Navy UUV Program Plan [N87]*” [1994]; “*UUV Master Plan [ASN/RDA]*” [2000]; “*Small UUV Strategic Plan [PEO MUW]*” [2002]), o “*Unmanned Maritime Systems Program Office (PMS 406)*” foi estabelecido somente em 2010, com o objetivo de coordenar o desenvolvimento, aquisição, teste e implementação de novos sistemas.

A despeito de avanços recentes no desenvolvimento de UUV, estes sistemas ainda são bastante rudimentares se comparados às suas contrapartes terrestres e aéreas. Isto porque o ambiente em que atuam demanda o desenvolvimento de sensores, fontes de energia e linhas de comunicação resistentes à água.

Sistemas robóticos aéreos (“*unmanned aerial systems*” ou UAS) são notadamente os robôs militares mais populares no mundo inteiro (RAZA, 2012). Atualmente, cerca de setenta países empregam cinquenta e seis tipos diferentes de UAS em operações militares, sobretudo de ISR, segundo relatório do “*Government Accountability Office*” (GAO) estadunidense (GAO, 2012) e dados do “*International Institute for Strategic Studies*” (IISS, 2014, 2015). Naturalmente, nem todos os países possuem sistemas armados. Contudo, não é novidade que drones já têm sido usados como vetores de emprego da força. A legalidade e moralidade de assassinatos seletivos perpetrados pelos Estados Unidos em lugares como o Afeganistão, o Iêmen e a Somália como parte da Guerra ao Terror, por exemplo, têm ganhado destaque recorrente na mídia e, recentemente, em organizações internacionais.<sup>21</sup>

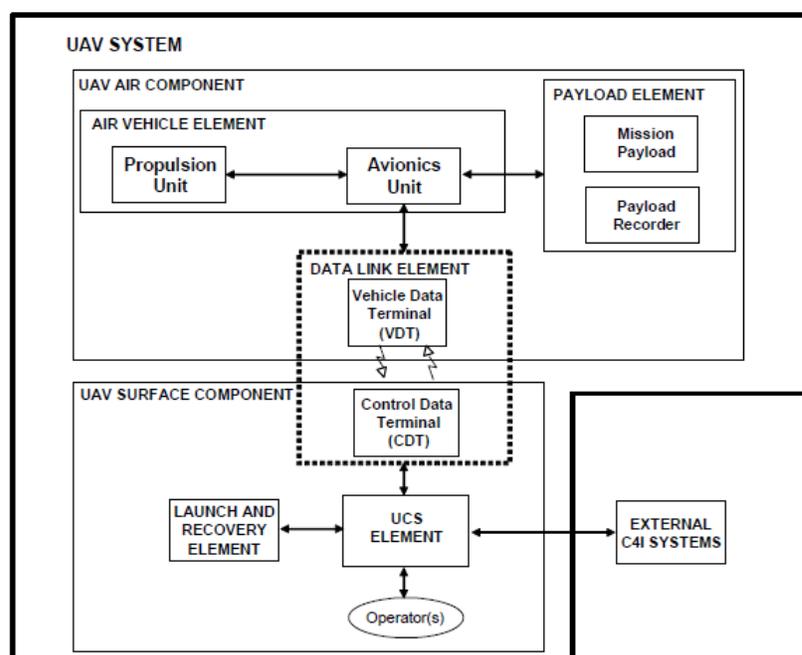
Para fins analíticos, um UAS pode ser dividido em cinco elementos distintos. O (1) veículo aéreo é composto pelo airframe, propulsores e aviônica necessária para

---

<sup>21</sup> Recentemente, o debate entrou inclusive na agenda da Organização das Nações Unidas (ONU). No início de 2013, o Relator Especial para Execuções Extrajudiciais, Christof Heyns, defendeu a suspensão do desenvolvimento e do emprego do que chamou de robôs autônomos letais (“*lethal autonomous robots*” ou LAR) perante o Conselho de Direitos Humanos (CUMMING-BRUCE, 2013; ONU, 2013a; ONU, 2013b; UN, 2013a). Apesar da ONU já ter autorizado o uso de UAS (não letais) em missões de paz – em janeiro de 2013, o Conselho de Segurança aprovou o uso de UAS em suporte à Missão da ONU para Estabilização na República Democrática do Congo (MONUSCO) (UN, 2013b) –, o pedido do Relator Especial ampliou ainda mais o debate sobre o emprego de UAS e seu impacto sobre a prática da guerra na Era Digital.

navegação e comunicação. A (2) carga útil (“payload”), composta de pacotes de sensores, sistemas de armas, etc. O (3) enlace de comunicações é composto pelo terminal veicular de dados (“vehicle data terminal”, VDT), e pelo terminal de controle de dados (“control data terminal”, CDT), geralmente localizado na superfície ou em outras plataformas aéreas ou navais. O veículo é controlado por um (4) sistema de controle (“UAV control system”, UAC) responsável pelo enlace de dados e pela comunicação com (5) sistemas externos de C4I. A Figura 9, a seguir ilustra a ideia.

**Figura 3 - Componentes de UAS**



**Fonte:** NATO (2012).

Ao longo do texto, os três tipos de sistemas serão tratados de forma indiscriminada, exceto quando necessário. É preciso reconhecer, contudo, que sistemas aéreos não tripulados têm impulsionado boa parte do debate geral sobre a robotização das forças armadas. Por um lado, esta proeminência no debate está relacionada aos constrangimentos atrelados ao próprio processo de desenvolvimento tecnológico, que por muito tempo habilitou apenas a criação de UAS. De acordo com um relatório recente publicado pelo “*The Boston Consulting Group*”, investimentos em robôs devem pular da casa de USD 7 bilhões em 2000 para USD 67 bilhões em 2025. Ainda hoje, contudo, o desenvolvimento de UAS recebe mais investimento bruto,

governamental e privado, do que sistemas terrestres e aquáticos (SANDER; WOLFGANG, 2014). Isso porque o emprego de UAS já se mostrou eficaz também no provimento de serviços e no desempenho de funções que fogem do escopo militar. Hoje em dia, drones são utilizados para entregas domiciliares, para o monitoramento de áreas de proteção ambiental, para recreação, para filmagens cinematográficas, para agricultura, etc. Naturalmente, esse tipo de UAS é bastante rudimentar se comparado a sistemas militares, mas a indústria de drones civis tem crescido rapidamente nos últimos anos.

Por outro lado, o destaque de UAS também se relaciona à maturidade com que os sistemas aéreos são empregados hoje em dia, ao seu sucesso operacional, à sua inclusão nos processos internos de pesquisa e desenvolvimento das forças armadas, às evoluções doutrinárias, etc. Além disso, é importante perceber que, por ora, UAS não apenas têm recebido mais atenção da indústria, mas também maior atenção da academia, da imprensa, dos políticos e dos próprios militares. Não é de surpreender, portanto, que tenham se tornado o principal vetor de desenvolvimento de robôs militares da atualidade.

Os próximos parágrafos tratam de alguns tópicos relevantes para o debate corrente sobre sistemas robóticos. São eles: autonomia, robótica de enxame, e relacionamento homem-robô. De modo geral, cada um dos temas abordados a seguir pode ser pensado como um fator relevante para geração e manutenção de capacidades militares. Nesse sentido, apesar de contemporâneos, os temas podem ser pensados também a partir de uma visão de longo prazo que busca não apenas gerar capacidades necessárias para o momento atual, mas também capacidades que serão essenciais no futuro. Em outras palavras, considerar cada tópico um objetivo a ser alcançado pode garantir hoje que a força será capaz de cumprir suas funções amanhã. Como veremos mais adiante, contudo, esse processo exige a aplicação de uma metodologia capaz de identificar os efeitos da robotização sobre o planejamento militar para geração de um diferencial de capacidades.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Duas tendências adicionais, não exploradas aqui, são “cloud robotics” (“robótica em nuvem”) e “deep learning” (“aprendizagem profunda”). Segundo autores como Gill Pratt (2015), ex-funcionário da DARPA, essas duas tecnologias têm potencial para gerar uma “explosão cambriana” na robótica, semelhante àquela que permitiu a diversificação dos organismos vivos no planeta Terra há cerca de 530 milhões de

### 3.3.1 Autonomia

Apesar de já termos mencionado autonomia brevemente neste capítulo, vale a pena retomar o conceito em virtude de sua centralidade no debate sobre robótica. De modo geral, “Autonomy is the ability of a machine to perform a task without human input. Thus an ‘autonomous system’ is a machine, whether hardware or software, that, once activated, performs some task or function on its own” (SCHARRE, 2015a). Apesar de sua importância, o conceito permanece sendo controverso. Isso porque o termo “autonomia” é aplicado de formas diferentes, dependendo da fonte. De modo geral, tanto um “Roomba” quanto um “Predator” podem ser considerados autômatos em algum grau. Naturalmente, existem muitas diferenças entre cada um dos sistemas e entre o que eles podem fazer. Por isso, o mesmo Paul Scharre (2015a) sugere o emprego de três eixos para o entendimento do conceito: a relação de controle entre homem e máquina; a complexidade da máquina; e o tipo de decisão automatizada.

O primeiro eixo, relação de controle entre homem e máquina, reflete três ideias distintas. Primeiro, a noção de sistemas do tipo “human in the loop”. Nesse sentido, faz referência a robôs capazes de realizar determinada função por determinado período de tempo, mas que dependem de um “input” humano para continuar operando uma vez que seu objetivo inicial foi cumprido. Já sistemas do tipo “human on the loop” são constantemente monitoradas por um operador capaz de interferir em seu funcionamento caso necessário. Finalmente, há também sistemas do tipo “human out of the loop”. Nesse caso, os robôs desempenham tarefas de maneira totalmente autônoma e seres humanos não são capazes de interferir em seu funcionamento.

---

anos. Nas palavras do pesquisador: “in cloud robotics – a term coined by James Kuffner (2010) – every robot learns from the experiences of all robots, which leads to rapid growth of robot competence, particularly as the number of robots grows. Deep Learning algorithms are a method for robots to learn and generalize their associations based on very large (and often cloud-based) ‘training sets’ that typically include millions of examples. Interestingly, Li (2014) noted that one of the robotic capabilities recently enabled by these combined technologies is vision – the same capability that may have played a leading role in the Cambrian Explosion” (“na robótica em nuvem – um termo cunhado por James Kuffner (2010) – cada robô aprende a partir da experiência de todos os demais, o que leva a um rápido crescimento da competência robótica, particularmente na medida em que o número de robôs cresce. Algoritmos de aprendizagem profunda são um método para os robôs aprenderem e generalizarem suas associações com base em extensos ‘conjuntos de treinamento’ (geralmente baseados em nuvem) que tipicamente incluem milhões de exemplos. Interessantemente, Li (2004) notou que uma das capacidades robóticas recentemente possibilitada por essas tecnologias combinadas é a visão – a mesma capacidade que pode ter desempenhado um papel de destaque na explosão cambriana”) (PRATT, 2015, p. 51).

No que diz respeito ao segundo eixo, a complexidade da máquina, o termo autonomia, em geral, diz respeito ao que comumente entendemos como o nível de inteligência do sistema. Isso nos permite, por exemplo, diferenciar uma torradeira de um computador a partir de um espectro semântico que inclui palavras como “automático”, “automatizado” e “autônomo”. Enquanto o primeiro diz respeito a respostas mecânicas que dependem de um input bastante simples do ambiente – como, por exemplo, tostar uma fatia de pão –, o segundo faz referência a sistemas um pouco mais complexos. Por exemplo, carros que detectam a relação entre a velocidade e a rotação do motor do veículo para decidir pela troca automática da marcha. Finalmente, a palavra “autônomo” muitas vezes é reservada para sistemas capazes de aprender ou desenvolver comportamentos emergentes a partir de sua própria experiência, como alguns supercomputadores. Alguns autores mais conservadores utilizam o termo apenas para referenciar entidades que, no limite, teriam inteligência e livre-arbítrio. Nas palavras do próprio Paul Scharre (2015a), “What is particularly challenging is that there are no clear boundaries between these degrees of complexity, from ‘automatic’ to ‘automated’ to ‘autonomous’ to ‘intelligent’, and different people may disagree on what to call any given system”.<sup>23</sup>

Por fim, o terceiro eixo, tipo de decisão automatizada, faz alusão à complexidade e ao risco envolvido na automatização de uma dada tarefa. Ademais, um mesmo sistema pode ter determinadas tarefas automatizadas e outras não. Por exemplo, a maioria dos sistemas aéreos armados é capaz de levantar voo e pousar autonomamente, mas eles dependem de um controle humano para engajar contra um alvo. Autonomia somente existe, portanto, em relação a determinadas funções.

Importante notar que cada um desses eixos é independente um do outro. Uma máquina mais inteligente não tem, necessariamente, mais tarefas automatizadas. A partir desse entendimento, a noção de “autonomia total” ou “autonomia completa”, muitas vezes mencionada na mídia ou pelos desenvolvedores de sistemas, perde o sentido. Mais importante do que desenvolver sistemas inteligentes é desenvolver

---

<sup>23</sup> “O que é particularmente desafiador é que não há limites claros entre esses graus de complexidade, de ‘automático’ para ‘automatizado’ para ‘autônomo’ e para ‘inteligente’. Além disso, pessoas diferentes podem discordar sobre como chamar determinado sistema” (SCHARRE, 2015a).

sistemas inteligentemente. Em outras palavras, o objetivo almejado deve ser a criação de sistemas capazes de desempenhar funções relevantes no contexto de determinadas operações, ou o que Scharre (2015a) chama de “*operationally-relevant autonomy*” (“autonomia operacionalmente relevante”):

Depending on the mission, the environment, and communications, which functions are required to achieve operationally-relevant autonomy could look very different in different scenarios. In the air domain, operationally-relevant autonomy might mean the ability for the aircraft to takeoff, land, and fly point-to-point on its own in response to human taskings, with a human overseeing operations and making mission-level decisions, but not physically piloting by stick and rudder. In that case, for highly automated aircraft like the Global Hawk or MQ-1C Gray Eagle, operationally-relevant autonomy is here today. In communications-denied environments, autonomy is sufficient today for an aircraft to perform surveillance missions, jamming, or striking pre-programmed fixed targets, although striking targets of opportunity would require a human in the loop. For ground vehicles, operationally-relevant autonomy might similarly mean the ability for the vehicle to drive itself in response to human taskings without a human operator physically driving the vehicle. Operationally-relevant autonomy for ground vehicles is here today for leader-follower convoy operations or human-supervised operations, but not quite yet for communications-denied navigation in cluttered environments with potential obstacles or people. In the undersea environment where communications are challenging but there are fewer obstacles, operationally-relevant autonomy is already here today, as uninhabited undersea vehicles can already perform missions without direct human supervision.<sup>24</sup>

Além disso, é necessário frisar, ainda, que a robotização não levará, necessariamente, à adoção de sistemas autônomos mesmo que esses passem a

---

<sup>24</sup> “As funções necessárias para atingir a chamada autonomia operacionalmente relevante podem parecer muito diferentes em virtude do cenário em questão, da missão, do ambiente e das comunicações. No domínio aéreo, a autonomia operacionalmente relevante pode significar a capacidade de a aeronave decolar, aterrisar e voar de um ponto a outro por conta própria em resposta a uma tarefa designada por um sujeito, com operações supervisionadas por humanos e humanos responsáveis pela tomada de decisão no nível de missão, mas não pilotando fisicamente a aeronave por leme e manche. Nesse caso, para aeronaves altamente automatizadas como o Global Hawk ou o MQ-1C Grey Eagle, a autonomia operacional relevante já existe hoje. Em ambientes de negação de comunicações, a autonomia de hoje é suficiente para que uma aeronave realize missões de vigilância, bloqueio ou ataque pré-programado a alvos fixos, embora alvos de oportunidade ainda exijam a existência de um humano no ciclo de tomada de decisões. Para os veículos terrestres, a autonomia operacionalmente relevante pode significar, de forma semelhante, a capacidade de o veículo se dirigir em resposta a tarefas designadas por um sujeito sem que um operador humano conduza fisicamente o veículo. A autonomia operacional relevante para veículos terrestres já está disponível hoje para operações de comboio do tipo ‘seguir o líder’ ou operações supervisionadas por humanos, mas ainda não para a navegação em ambientes de negação de comunicações desordenados com potenciais obstáculos ou pessoas. No ambiente submarino, onde as comunicações são desafiadoras, mas há menos obstáculos, a autonomia operacionalmente relevante também já existe, uma vez que veículos submarinos não-tripulados já conseguem realizar missões sem supervisão humana direta” (SCHARRE, 2015a).

existir. Em outras palavras, a transformação das forças armadas não implica na retirada absoluta do ser humano do processo de tomada de decisões, ou na aplicação radical da ideia de “*human out of the loop*”. Tomando as palavras de Didier Danet e Jean-Paul Hanon (2013, p. XXI), “the history of military robots is not that of an increasing exclusion of the man from the decision-making loop. Weapons development does not follow a linear progression leading from the tool manipulated by man through the remotely controlled machine to the independent robot driven by artificial intelligence”.<sup>25</sup> Pelo contrário: segundo os autores, autonomia total é antes tolerada pelos militares do que almejada. Ademais, revelaria, em determinadas situações, justamente a incapacidade de aplicar o conceito de “*operationally-relevant autonomy*”:

The missions assigned to the first drones were therefore totally automated due to the lack of sufficiently powerful telecommunication tools to allow those controlling them the possibility of modifying the flight plan as the mission progressed. In the case of a totally automated UAV, the machine cannot overfly a sector whose interest has not been anticipated or, conversely, cut short a mission which proves to be of less interest than was foreseen. Here, progress has consisted precisely in reintroducing the human being into the decision-making loop as soon as the available technology so allowed, thereby reducing the contribution of the artificial intelligence to the running of the mission. The same applies for ground robots, with the robot becoming autonomous when transmission between operator and machine becomes impossible, on account of physical obstacles for example (DANET; HANON, 2013, p. XXII).<sup>26</sup>

Por isso, mesmo que sistemas autônomos venham a ser incorporados pelas forças armadas no futuro, esses dificilmente serão capazes de desempenhar absolutamente todas as funções necessárias para o funcionamento da instituição e para consagração dos objetivos de um país em situações de conflito. Mesmo que isso

---

<sup>25</sup> “A história dos robôs militares não é a de uma crescente exclusão do homem do ciclo de tomada de decisão. O desenvolvimento de armas não segue uma progressão linear que leva de uma ferramenta manipulada pelo homem para uma máquina controlada remotamente para, finalmente, um robô independente, impulsionado pela inteligência artificial” (DANET; HANON, 2013, p. XXI).

<sup>26</sup> “As missões atribuídas aos primeiros drones foram, portanto, totalmente automatizadas devido à falta de ferramentas de telecomunicações suficientemente poderosas para permitir àqueles que os controlavam a possibilidade de modificar o plano de vôo à medida que a missão progredia. No caso de um UAV totalmente automatizado, a máquina não pode sobrevoar um setor cujo interesse não tenha sido antecipado ou, ao contrário, interromper uma missão que seja menos interessante do que o previsto. Aqui, o progresso consistiu precisamente em reintroduzir o ser humano no ciclo de tomada de decisão assim que a tecnologia disponível o permitiu, reduzindo assim a contribuição da inteligência artificial para o desempenho da missão. O mesmo se aplica aos robôs terrestres, com o robô tornando-se autônomo quando a transmissão entre o operador e a máquina se torna impossível, por exemplo, em virtude de obstáculos físicos” (DANET; HANON, 2013, p. XXII).

venha a acontecer, seres humanos serão sempre responsáveis pelo desenho e pela atribuição das funções desempenhadas por robôs, a menos, é claro, que os primeiros sejam completamente extintos.<sup>27</sup> Em outras palavras, enquanto a guerra for um ato político, humanos serão um elemento-chave para a ocorrência do fenômeno, pelo menos no nível estratégico das operações.

### 3.3.2 Robótica de Enxame

Aliado ao debate sobre autonomia está o conceito de robótica de enxame – ou “swarming”. A ideia consiste na coordenação de sistemas compostos por um grande número de unidades fisicamente simples, e tem ganhado cada vez mais destaque entre acadêmicos, militares e roboticistas. A robótica de enxame se inspira no comportamento emergente observado<sup>28</sup> em alguns animais sociais, tais como aves, insetos e peixes. De acordo com o “*Self-Organizing Systems Research Group*”, um grupo de pesquisadores focado no desenvolvimento de “[...] bio-inspired robots and algorithms for collective intelligence” (“robôs inspirados biologicamente e algoritmos para inteligência coletiva”), da Harvard University,

In nature, vast groups of individual elements can cooperate and assemble to create highly complex global behavior through local interactions -- from multicellular organisms to complex animal structures such as army ants bivouacs and flocks of birds. In the field of robotics, researchers use inspiration from collective intelligence in nature to create artificial systems with capabilities observed in natural swarms. Researchers have designed tiny robots, inspired by ants, bees, and cells, envisioned to work together in large swarms or as programmable materials. Nevertheless, there still exists a substantial gap between the conceptual designs and the realized systems (SSR, 2008).<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> Um debate atual diz respeito à atribuição de responsabilidade sobre as ações de sistemas robóticos. O tema foi explorado em Borne (2014).

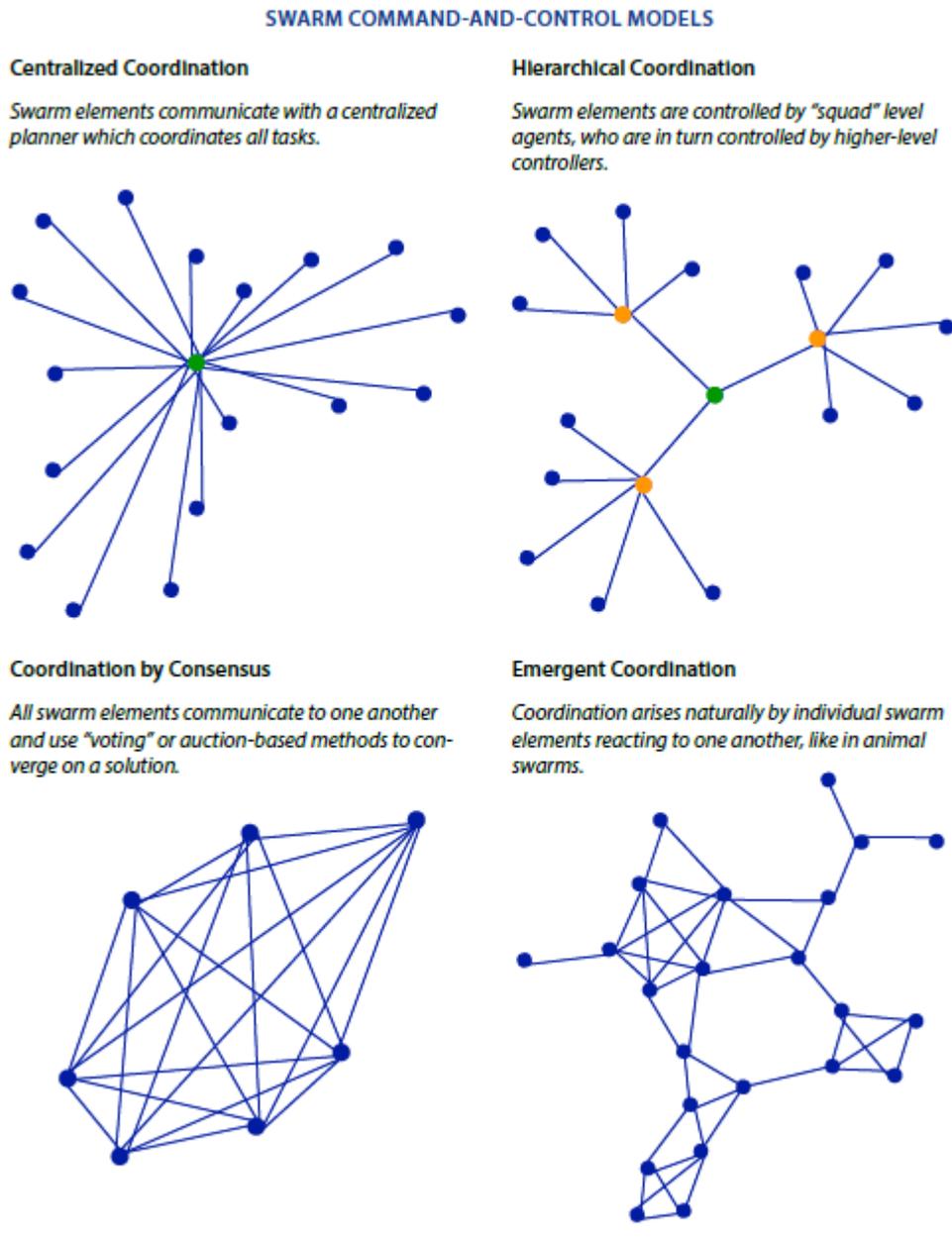
<sup>28</sup> Fenômeno ou processo de formação de padrões complexos a partir de uma multiplicidade de interações simples entre indivíduos.

<sup>29</sup> “Na natureza, grandes grupos de elementos individuais podem cooperar e reunir-se para criar um comportamento global altamente complexo através de interações locais - desde organismos multicelulares até estruturas animais complexas, como bivaques de formigas e bandos de aves. No campo da robótica, os pesquisadores usam inspiração da inteligência coletiva da natureza para criar sistemas artificiais com capacidades observadas em enxames naturais. Os pesquisadores projetaram pequenos robôs, inspirados em formigas, abelhas e células, concebidos para trabalhar em grandes enxames ou como materiais programáveis. No entanto, ainda existe um fosso substancial entre os projetos conceituais e os sistemas desenvolvidos” (SSR, 2008).

Apesar de haver certo consenso sobre a utilidade futura da abordagem de enxame para a coordenação de sistemas robóticos, ainda não está claro exatamente em que contextos, tanto civis quanto militares, a sua aplicação seria recomendada. Em 2017, por exemplo, um enxame de drones foi utilizado durante o intervalo do “Super Bowl”, o evento esportivo mais importante dos Estados Unidos. Na ocasião centenas de veículos aéreos voaram de forma coordenada sobre o estádio que hospedava o evento, formando, dentre outras imagens, a bandeira estadunidense. Apesar de visualmente impressionante, o espetáculo teve de ser gravado previamente em virtude de restrições impostas pela Administração Federal de Aviação (“*Federal Aviation Administration*” ou FAA) para operação de UAS sobre o local. Ademais, a abordagem ainda enfrenta alguns desafios técnicos que precisam ser superados para que enxames possam ser colocados em operação, sobretudo no contexto militar. O maior deles diz respeito à estrutura de comando do enxame, à relação entre as unidades, e à relação do operador com o enxame.

Para que um grande número de unidades robóticas seja capaz de alcançar um objetivo de forma cooperativa, é necessário que haja coordenação entre elas. Nesse sentido, o comando do enxame pode variar de acordo com o grau de centralização das unidades. A Figura 10, abaixo, reproduz alguns dos modelos de comando para enxames atualmente em estudo.

Figura 10 - Modelo de Comando para Robótica de Enxame



Fonte: Scharre (2015g).

Naturalmente, cada modelo tem suas próprias vantagens e desvantagens, e pode ser utilizado dependendo dos objetivos colocados para o sistema. Enquanto enxames completamente descentralizados tendem a ser mais eficazes, a convergência entre as unidades, em geral, depende de muitas interações, e, portanto, demanda mais tempo. A maneira como formigas interagem, por exemplo, ao procurar o caminho mais

curto entre a colônia e fontes de alimento, ilustra bem esse tipo de modelo. Por outro lado, enxames centralizados tendem a ser mais eficientes no cumprimento de seu objetivo, mas dependem de uma capacidade de transmissão de dados maior para garantir a comunicação entre as unidades.

Além disso, a eficácia e a eficiência de cada modelo também dependem da estratégia utilizada para o emprego do enxame.<sup>30</sup> Por isso, de acordo com Paul Scharre (2015g), “choices about command and control models for swarms may therefore depend upon the balance of competing desired attributes, such as speed of reaction, optimality, predictability, robustness to disruption, and communications vulnerability”.<sup>31</sup> O melhor modelo de controle, nesse sentido, pode requerer a combinação de paradigmas distintos, que permitam que o sistema se adapte de acordo com as condições que lhe são oferecidas.

O mesmo é válido no que diz respeito à relação do operador com o enxame, já que o primeiro pode ser inserido em diferentes camadas da cadeia de controle. Por exemplo, “tactical coordination could be performed through emergent coordination, centralized agents could perform operational-level coordination, and human controllers could make higher-level strategic decisions” (SCHARRE 2015g).<sup>32</sup> Como veremos mais adiante, a otimização do emprego de enxames dependerá da capacidade dos operadores identificarem comportamentos emergentes e interferirem na ação dos robôs quando necessário.

---

<sup>30</sup> Paolo Gaudiano *et al.* (2003), por exemplo, realizaram um estudo no qual simularam modelos de controle de enxames para um sistema de UAV em duas situações: “a search or area-coverage mission, in which targets are stationary and randomly distributed throughout the target area; a suppression mission, in which the UAVs have to strike targets that are moving at random speed in random direction” (“uma missão de busca ou de cobertura de área, na qual os alvos são fixos e aleatoriamente distribuídos pelo terreno; uma missão de supressão, na qual UAVs têm de atacar alvos que se movem em velocidades e direções aleatórias”) (GAUDIANO *et al.*, 2003, p. 03). Para cada situação foram atribuídas diferentes estratégias de comunicação e interação entre as unidades. Dentre as conclusões do grupo, destaca-se, por exemplo, as relações traçadas entre a área, o número de alvos e o tempo e número de UAV necessário para abatê-los.

<sup>31</sup> “As escolhas sobre modelos de comando e controle para enxames podem, portanto, depender do equilíbrio de atributos desejados concorrentes, como velocidade de reação, otimização, previsibilidade, robustez a perturbações e vulnerabilidade de comunicações” (SCHARRE, 2015g).

<sup>32</sup> “A coordenação tática pode ser realizada através da coordenação emergente. Agentes centralizados podem realizar coordenação de nível operacional e controladores humanos podem tomar decisões estratégicas de nível superior” (SCHARRE, 2015g).

### 3.3.3 Relacionamento Homem-Robô

Tanto o debate sobre autonomia quanto o debate sobre enxames tratam, ainda que muitas vezes apenas marginalmente, sobre o relacionamento entre homem e robôs. Conforme mencionado anteriormente, os militares têm abordado a questão com cautela. A USAF, especialmente, salienta o papel do operador no sistema robótico ao utilizar o termo “remotamente pilotado” (“remotely piloted aircraft”) – ao invés de “unmanned aircraft” – para se referir aos seus Global Hawks, Predators e Reapers. A opção, apesar de parecer trivial à primeira vista, revela uma pergunta fundamental: afinal, pilotar é apenas um ato físico, baseado no controle dos aparelhos de navegação da aeronave, ou vai além disso, e diz respeito ao comando da aeronave e à responsabilidade sobre a missão? Historicamente, a resposta é ambos. Mas a robotização tem mudado isso. Atualmente, uma pessoa não precisa mais estar fisicamente a bordo de uma aeronave para ser considerado um piloto. Tampouco precisa controlar direta e fisicamente os aparelhos. Ademais, se a robótica de enxame se mostrar de fato uma opção viável, muito em breve um piloto poderá comandar uma multiplicidade de aeronaves ao mesmo tempo, a menos que a “cultural presumption that a person can only command one aircraft at a time” continue “stalling implementation of multi-aircraft control” (SCHARRE, 2015f).<sup>33</sup>

O mesmo é válido em relação a outras atividades militares. A robotização inevitavelmente afetará a forma com a qual certas atividades são realizadas e pode vir a eliminar algumas funções inteiramente. Além disso, algumas características dos próprios soldados terão de ser revistas, uma vez que vigor físico, por exemplo, pode deixar de ser um atributo tão importante em uma força amplamente automatizada. Essas mudanças poderão ser mais marcantes em alguns países do que em outros, assim como também podem variar de ramo para ramo, dependendo da relutância de cada um em adotar sistemas robóticos e/ou do receio de que robôs venham a substituir humanos. Como já colocado, contudo, essas apreensões são infundadas, visto que robôs não substituirão completamente a força de trabalho humana, assim como outras

---

<sup>33</sup> “Presunção cultural de que uma pessoa só pode controlar uma aeronave por vez” continue “barrando a implementação do controle de várias aeronaves” (SCHARRE, 2015f).

tecnologias do passado tampouco o fizeram. Inovações do passado, contudo, alteraram a prática guerra, como já se viu. Nas palavras de Scharre (2015f):

Today's infantryman, sailors, and cavalymen no longer fight with edged weapons, work the sails and rigging of ships, or ride horses, but the ethos embodied in their job specialties lives on, even as the specific ways in which warfighters carry out those duties have changed. Similarly, the duties of tomorrow's 'pilots', 'tank drivers', and 'snipers' will look far different from today, but the ethos embodied in these job specialties will not change (SCHARRE, 2015f).<sup>34</sup>

Por isso, pode-se dizer que o elemento humano sempre estará presente na guerra. Apesar do termo “unmanned” sugerir o contrário, implicando que seres humanos não estão presentes na cadeia de comando de alguns sistemas robóticos, o primeiro passará a ocupar cada vez mais papéis do topo da cadeia. Dificilmente robôs serão capazes de executar absolutamente todas as tarefas militares. Robôs serão utilizados, sobretudo, em situações que demandam precisão e rapidez, ou para o cumprimento de funções repetitivas em ambientes mais ou menos controlados. Apesar de robôs terem a capacidade de processar dados muito rapidamente, excedendo a cognição humana em termos de velocidade, a inteligência artificial ainda é frágil, inflexível e, portanto, incapaz de se adaptar a um espectro amplo de situações. Por isso, apesar de computadores conseguirem bater seres humanos em algumas tarefas específicas, como jogos de xadrez, em geral, quando colocados em situações que vão além de seus parâmetros de programação, eles falham. A inteligência humana, por outro lado, é bastante resiliente a mudanças, sendo capaz de se adaptar e lidar com ambiguidades. O resultado disso é que decisões que necessitem de criatividade ou juízo são inapropriadas para sistemas robóticos. Nesse contexto, a melhor opção para o futuro reside na associação entre o poder de cognição da AI e o poder de cognição dos seres humanos.

---

<sup>34</sup> “O soldado de infantaria, os marinheiros e os cavaleiros de hoje não lutam mais com as armas afiadas, trabalham as velas e o equipamento dos navios, ou cavalgam cavalos, mas o ethos incorporado em suas especialidades de trabalho continua vivo, mesmo que as formas específicas pelas quais os combatentes realizam essas tarefas tenha mudado. Da mesma forma, os deveres dos ‘pilotos’, dos ‘tanquistas’ e dos ‘atiradores de elite’ de amanhã parecerão muito diferentes do que os de hoje, mas o ethos incorporado nessas especialidades de trabalho não mudará” (SCHARRE, 2015f).

Essa abordagem tem sido chamada, sobretudo no âmbito da “third offset”, de “centauro”, fazendo alusão à criatura mitológica, parte homem, parte cavalo. Na realidade, a ideia não é completamente original. Ela deriva da tentativa de negar duas hipóteses bastante comuns, e contraditórias, sobre o futuro da tecnologia: ou a inteligência humana prevalece sobre as máquinas ou a inteligência artificial prevalece sobre os humanos. Segundo essa hipótese, não existe espaço para coexistência entre ambas as formas. Uma hipótese alternativa, contudo, é que é possível extrair o melhor dos dois mundos a partir de uma abordagem combinada. É justamente essa a concepção do “centauro”, cuja origem remonta à famosa disputa entre o enxadrista Gary Kasparov e o computador da IBM “Deep Blue”. Após perder para a máquina em duas ocasiões, em 1996 e 1997, Kasparov teve uma ideia:

What would happen if, instead of competing against one another, humans and computers collaborated? What if they played on teams together – one computer and a human facing off against another human and a computer? That way, he theorized, each might benefit from the other’s peculiar powers. The computer would bring the lightning-fast – if uncreative – ability to analyze zillions of moves, while the human would bring intuition and insight, the ability to read opponents and psych them out. Together, they would form what chess players later called a centaur: a hybrid beast endowed with the strengths of each (THOMPSON, 2017a).<sup>35</sup>

Assim nasceu a modalidade conhecida como “xadrez avançado”, na qual “human players play in cooperation with a computer chess program, with human players able to use the program to evaluate possible moves and try out alternative sequences. The result is a superior game of chess, more sophisticated than would be possible with simply humans or machines playing alone” (SCHARRE, 2015f).<sup>36</sup> O mesmo conceito pode ser aplicado às forças armadas. Segundo Robert Work, Secretário de Defesa

---

<sup>35</sup> “O que aconteceria se, ao invés vez de competir uns contra os outros, humanos e computadores colaborassem? E se eles jogassem juntos em equipes: um computador e um humano contra outro humano e um computador? Dessa forma, ele pensou, cada um poderia se beneficiar dos poderes peculiares do outro. O computador traria a capacidade incrível, ainda que não criativa, de analisar zilhões de movimentos, enquanto o humano traria intuição e percepção, a capacidade de ler os oponentes e afirmar-se. Juntos, eles formariam o que os jogadores de xadrez mais tarde chamavam de centauro: um animal híbrido dotado dos pontos fortes de cada um” (THOMPSON, 2017a).

<sup>36</sup> “Os jogadores humanos atuam em cooperação com um programa de xadrez de computador, com jogadores humanos capazes de usar o programa para avaliar possíveis movimentos e experimentar seqüências alternativas. O resultado é um jogo superior de xadrez, mais sofisticado do que seria possível com seres humanos ou máquinas jogando sozinhos” (SCHARRE, 2015f). Mais detalhes sobre a modalidade podem ser encontrados nas reportagens de Mike Cassidy (2014) e de Chris Baraniuk (2015).

Adjunto dos Estados Unidos, o melhor exemplo de aplicação do “centauro” atualmente em serviço é o “F-35 Joint Strike Fighter”:

The F-35 is not a fighter plane [...] It is a flying sensor/computer that sucks in an enormous amount of data, correlates it, analyzes it, and displays to the pilot on his helmet....We are absolutely confident that F-35 will be a war-winner. That is because it is using the machine to make the human make better decisions (FREEDBERG JUNIOR, 2015).<sup>37</sup>

Em outras palavras, enquanto o piloto do F-35 é a parte humana do centauro, a aeronave é o cavalo. No futuro, a metáfora pode tornar-se ainda mais complexa com a adição de (enxames de) UAV subordinados ao avião, tornando o sistema ainda mais complexo. A ideia foi reiterada pela Gen. Ellen Pawlikowski, chefe do “Air Force Materiel Command”, o órgão responsável pela avaliação de novas tecnologias na USAF. Em entrevista ao sítio “*Breaking Defense*”, ela afirmou que “can see a scenario where you’ve got an F-35 orchestrating an attack with 20 RPAs [remotely-piloted aircraft] that are weapons-equipped and that F-35, with all its sensors and communications, is essentially an orchestrator” (CLARK, 2014).<sup>38</sup> De fato, os helicópteros “AH-64D Apache” já vêm equipados com capacidade de controlar drones “MQ-1C Grey Eagle”, um derivativo do “MQ-1 Predator” igualmente armado com mísseis ar-terra “Hellfire” (WHITTLE, 2015).

Evidentemente, a associação de humanos e robôs suscita novos desafios, e as forças armadas deverão ser capazes de encontrar o equilíbrio entre cognição artificial e não-artificial. O modelo “centauro” não é aplicável a qualquer situação. Algumas tarefas

---

<sup>37</sup> “O F-35 não é um caça [...] É um sensor/computador voador que se alimenta de, correlaciona e analisa enormes quantidades de dados, e apresenta tudo para o piloto, em seu capacete... Estamos absolutamente confiantes de que o F-35 será um vencedor de guerras. Isso porque ele utiliza uma máquina para ajudar o ser humano a tomar decisões melhores” (FREEDBERG JUNIOR, 2015). O F-35 é um caça de quinta geração, ou seja, uma aeronave com capacidades “stealth” e de networking avançadas. Segundo Carl Prine (2017), o F-35 foi “designed to sneak past enemy radar to use its highly advanced sensors to detect and destroy everything from anti-aircraft defenses to warships” (“desenvolvido para esgueiar-se além do radar inimigo e usar seus sensors altamente desenvolvidos para detectar e destruir tudo, desde baterias antiaéreas até navios de guerra”). Contudo, “its stealthiness, raw computing power and communications system also could turn it into a much deadlier weapon” (“sua furtividade, capacidade de computação avançada e sistemas de comunicações também poderiam torná-lo uma arma muito letal”).

<sup>38</sup> “pode ver um cenário no qual um F-35 orchestra um ataque com 20 aeronaves não-tripuladas armadas, e que o F-35, com todos os seus sensores e capacidade de comunicação, é essencialmente um orquestrador” (CLARK, 2014).

terão de ser completamente automatizadas. Robert Work novamente esclarece que “against a cyber attack or an electronic warfare attack, or attacks against your space architecture, or missiles that are coming screaming in at you at Mach 6, you’re going to have to have a learning machine that helps you solve that problem right away... At the speed of light” (FREEDBERG JUNIOR, 2015).<sup>39</sup> Nesses casos, não há tempo hábil para intervenção humana. Em outras situações, contudo, o modelo deverá ser aplicado: “computers will fly the missiles, aim the lasers, jam the signals, read the sensors, and pull all the data together over a network, putting it into an intuitive interface humans can read, understand, and use to command the mission” (FREEDBERG JUNIOR, 2015).<sup>40</sup>

Determinar quais tarefas serão atribuídas a máquinas e quais não serão é um ponto importante a se considerar, sobretudo em um contexto no qual os robôs continuam a aprofundar suas capacidades cognitivas. Além disso, as forças armadas terão de desenvolver interfaces adequadas para regular o relacionamento entre homens e robôs, bem como adequar o treinamento dos operadores. Na medida em que seres humanos passam a desempenhar novas funções, e na medida em que têm de controlar sistemas cada vez mais complexos, mudarão também os requerimentos de seleção, treinamento e de educação da força. A forma pela qual as forças armadas vão incorporar essas tecnologias, portanto, será moldada tanto por questões estratégicas, quanto pela disponibilidade tecnológica, mas também pela burocracia e cultura militares. Por isso, é importante abordar esses desafios de forma estruturada. É justamente essa a contribuição do desenho de força.

### 3.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

Este capítulo mostrou que o desenvolvimento da robótica teve início na virada do século XIX para o século XX, e que os avanços no campo estiveram estreitamente relacionados com a evolução da computação digital, da inteligência artificial e com o

---

<sup>39</sup> “Contra um ataque cibernético ou um ataque de guerra eletrônica, ou ataques contra sua arquitetura espacial, ou mísseis que estão chegando a você em Mach 6, você terá que ter uma máquina de aprendizado que o ajude a resolver esse problema imediatamente... Na velocidade da luz” (FREEDBERG JUNIOR, 2015).

<sup>40</sup> “Os computadores irão pilotar os mísseis, apontar os lasers, bloquear os sinais, ler os sensores e juntar todos os dados por meio de uma rede, colocando-os em uma interface intuitiva, que humanos podem ler, entender e usar para comandar a missão” (FREEDBERG JUNIOR, 2015).

desenvolvimento de outras TIC. A criação de sistemas robóticos militares, por sua vez, também esteve bastante sujeita a condicionais políticas ao longo do tempo. Ainda hoje há entraves burocráticos para adoção destas tecnologias junto aos militares. Nesse sentido, o caso dos Estados Unidos é emblemático, pois ilustra a conurbação de diferentes fatores que fomentaram e ainda fomentam o processo de robotização das forças armadas: mudanças no ordenamento do sistema internacional no pós-Guerra Fria, processos de terceirização, e o próprio aprofundamento da Era Digital.

Ademais, a identificação de temas emergentes no campo da robótica indica algumas tendências interessantes relativas ao desenvolvimento de capacidades militares no futuro. Os temas abordados no capítulo, autonomia, robótica de enxame e relacionamento homem-robô, são centrais para o entendimento de algumas práticas atualmente em curso em diversos países. Conforme veremos mais adiante, esses temas estão estreitamente relacionados ao estabelecimento de uma força militar capaz de atender aos objetivos de segurança e defesa antevistos por muitas nações. Além disso, apesar de os temas parecerem, à primeira vista, eminentemente técnicos, é possível apreciá-los a partir de um prisma voltado às ciências sociais e/ou à política. Nesse sentido, é interessante perceber a relação quase dialética existente entre política e tecnologia, na qual constrangimentos políticos determinam a adoção de certas tecnologias e a existência de um determinado “pool” tecnológico implica na adoção de certas condutas políticas, tudo isso em um processo permanentemente circular. Finalmente, vale ainda sublinhar a importância do componente humano nessa equação, partir da manutenção de um enfoque antropocêntrico no desenvolvimento da robótica, não obstante as questões relativas ao papel do ser humano à luz de graus de autonomia mais elevados, por exemplo.

Hoje, a centralidade crescente de sistemas robóticos e, de maneira mais ampla, de TIC nas forças armadas, estimulada ainda pela maturidade tecnológica dos próprios sistemas, por forças de mercado e pelo avanço da digitalização – especialmente em sua forma mais recente, a “third offset strategy” estadunidense –, gera a necessidade de investigar como ocorre a incorporação dessas tecnologias pelos militares. O processo pode ser visto a partir de diferentes eixos, que englobam questões relativas desde ao estabelecimento de uma visão até ao cumprimento de regras de engajamento

internacionais, passando por elementos aparentemente tão desconexos como educação, doutrina, operações, etc. Perceber de que modo a tecnologia modifica cada um desses elementos, isolada e coletivamente, não é uma tarefa trivial. Para tanto, é necessário aplicar um modelo que permita identificar as conexões entre cada um deles para que, enfim, seja possível pensar na geração de capacidades militares relevantes no curto, médio e longo prazos.

Em outras palavras, atualmente, geração de capacidade militar passa pelo reconhecimento da importância de sistemas robóticos. O próximo capítulo aplica criticamente o modelo desenho de força para avaliar as práticas correntes nos Estados Unidos relativas à robotização. Nesse sentido, o trabalho reconhece a priori a validade do modelo, mas busca testar sua resiliência frente à evidência empírica disponível.

## 4 SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA

O presente capítulo (re)apresenta o conceito de desenho de força por meio de uma breve revisão da literatura. Nesse sentido, o texto insere o modelo em um contexto mais amplo, relacionado às tentativas de estabelecimento de métodos para avaliação de capacidade estatal. A partir de então, o objetivo do capítulo é responder a pergunta de pesquisa da tese pelo cruzamento dos elementos do “Construto de Defesa” com exemplos empíricos oriundos da experiência de diferentes países, particularmente dos Estados Unidos. Dessa forma, o trabalho coloca o desenho de força à prova, avaliando a capacidade de o modelo explicar a realidade e oferecer um entendimento mais amplo do processo de robotização das forças armadas

### 4.1 CAPACIDADES MILITARES

O debate sobre capacidades militares é uma constante nos Estudos Estratégicos. Na verdade, ele pode ser considerado parte de uma agenda maior da Ciência Política e das Relações Internacionais relacionada à capacidade estatal ou, ainda, ao que alguns autores chamam de poder nacional.<sup>1</sup> Em ambos os casos, os conceitos estão vinculados à capacidade de um Estado lidar com as demandas emergentes de sua sociedade e do sistema internacional por meio do desenvolvimento de mecanismos de negociação e do provimento de bens e serviços públicos. Nesse sentido, o conceito de capacidade estatal muitas vezes adquire um caráter (neo)institucionalista, na medida em que reconhece o papel do Estado para o desenvolvimento e manutenção de instituições voltadas para o avanço econômico, humano, político, e social; para a consolidação da democracia; para a obtenção de segurança, etc.

Apesar da vasta literatura a respeito do tema (TILLY, 1996, 2007; GOMIDE; PIRES, 2014), capacidade estatal permanece sendo objeto de debate acadêmico. Nas

---

<sup>1</sup> O tema também está diretamente relacionado à reemergência do Estado como objeto de estudo da Ciência Política, notadamente entre os anos 1970 e 1980, quando da substituição da visão predominante até então focada no Estado com produto de interações sociais internas. Outros nomes correntes na literatura para “capacidade estatal” são “força estatal”, “capacidade institucional”, “capacidade política”, “qualidade do governo”, etc.

palavras de Cullen Hendrix (2010, p. 273), “[...] state capacity is a quality conspicuous both in its absence and presence but difficult to define”.<sup>2</sup> Segundo o autor, não obstante a importância do conceito, pesquisadores continuam “in search of precise definition and measurement”.<sup>3</sup> De fato, da falta de clareza definicional e da dificuldade de operacionalização de seus componentes emergem outros problemas. Jonathan Hanson e Rachel Sigman (2013), por exemplo, chamam atenção para um dos mais recorrentes: a dificuldade de selecionar medidas capazes de representar a instância de capacidade estatal que se deseja abordar.

É interessante perceber, por outro lado, que a existência desse problema revela aquela que é possivelmente a única característica comum a todas as abordagens sobre capacidade estatal: a multidimensionalidade do conceito. Nesse sentido, mais uma vez, não obstante diferentes entendimentos sobre seus componentes, o fato é que existe certo consenso de que capacidade estatal está relacionada a uma vasta gama de fatores. Hendrix (2010), por exemplo, menciona “capacidades militares”, “capacidades administrativas e burocráticas” e “coerência e qualidade político-institucional”. Já Hanson e Sigman (2013) falam sobre “capacidade coercitiva”, “capacidade administrativa” e “capacidade extrativa”. Conforme colocado anteriormente, a lista de autores que tratam sobre capacidade estatal é extensa. Contudo, chama atenção o fato de que muitos deles fazem referência a algum tipo de componente de força.

Naturalmente, as taxonomias deixam claro que componentes de força estão intimamente ligados a outros fatores de poder nacional: aspectos econômicos e políticos, por exemplo, também importam na avaliação geral de capacidades de um Estado. Por isso, Theda Skocpol (1985) prefere utilizar o conceito no plural, referindo-se, portanto, a “capacidades”. A escolha revela que isolar cada um dos componentes de capacidade estatal é difícil, uma vez que eles se manifestam de maneira simbiótica, equalizando-se de diferentes maneiras ao longo do tempo, de acordo com condições conjunturais e históricas.

A despeito de todos os desafios, a operacionalização de capacidades continua sendo uma atividade recorrente entre acadêmicos, pesquisadores, políticos, etc.

---

<sup>2</sup> “Capacidade estatal é uma qualidade conspícua tanto em sua ausência quanto em sua presença, mas difícil de definir” (HENDRIX, 2010, p. 273).

<sup>3</sup> “Em busca de uma definição e mensuração precisas” (HENDRIX, 2010, p. 273).

Sobretudo para os últimos, mensurações são importantes por sua capacidade de orientar o debate público e, por conseguinte, a alocação de recursos, normalmente escassos. No que tange a defesa, essa necessidade se torna ainda mais premente, visto que, em geral, processos de aquisição, de reforma, ou de estabelecimento de diretrizes de defesa dependem da concertação de muitas esferas de governo.

A necessidade de adquirir e desenvolver meios de coerção deriva dos próprios constrangimentos do sistema internacional – anarquia, competição, insegurança – que incentivam os países a obterem capacidades para sua segurança e defesa interna e externa. Na palavras de Peter Paret (1989, p. 240), o qual chama “capacidade militar” de “poder militar”, “[...] military power expresses and implements the power of the state in a variety of ways within and beyond the state borders, and is also one of the instruments with which political power is originally created and made permanent”.<sup>4</sup> No limite, portanto, um Estado “poderoso” seria capaz de utilizar seus recursos militares de maneira extensiva no sistema internacional, atuando de forma pragmática para avançar seus interesses perante seus pares. A definição de Paret (1989) é tanto consistente com a visão weberiana de Estado como detentor do monopólio do uso legítimo da força, quanto com uma visão mais realista das Relações Internacionais que reconhece no Estado o principal ator do sistema.

A questão que surge a partir da decomposição do conceito de capacidade estatal em diferentes componentes está relacionada à sua compreensão de forma isolada e de suas relações. Nesse sentido, os desafios atrelados à mensuração de cada um deles espelham os mesmos desafios que decorrem de tentativas de tratar capacidade de maneira agregada. No que diz respeito a capacidades militares, mais especificamente, alguns pontos devem ser mantidos em mente. Por exemplo, a noção de que:

Whether a force is in fact capable of overwhelming these adversaries requires a detailed analysis of the balance of power, the circumstances under which the engagement occurs, and the relevant constraints and objectives that condition the overall interaction between the two sides (TELLIS *et al.*, 2000, p. 133).<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> “O poder militar expressa e implementa o poder do Estado de diversas maneiras dentro e fora de suas fronteiras e também é um dos instrumentos com os quais o poder político é originalmente criado e tornado permanente” (PARET, 1989, p. 240).

<sup>5</sup> “Definir se uma força é de fato capaz de superar esses adversários requer uma análise detalhada do equilíbrio de poder, as circunstâncias em que o engajamento ocorre e as restrições e objetivos relevantes que condicionam a interação global entre os dois lados” (TELLIS *et al.*, 2000, p. 133).

Ou seja, vale notar, portanto, que capacidade militar é um conceito relacional. Em outras palavras, um Estado só detém capacidade em relação a outro Estado ou em relação a determinado objetivo de defesa e/ou segurança.

Mais uma vez, a literatura apresenta diferentes formas de operacionalizar o conceito. Dentre as proxies mais comuns estão gastos militares e o número de pessoal na ativa, obtidas por meio de bases de dado que congregam amostras amplas, como o “*Correlates of War*” e o “*Stockholm International Peace Research Institute*” (SIPRI). A correlação entre essas variáveis, contudo, nem sempre é direta. Por exemplo, “States that have the capacity to maintain order might have effective military and/or security forces, although there are countries that maintain order with little or no military. A large military force, moreover, may be a sign of war or insecurity, both of which could deplete state capacity” (HANSON; SIGMAN, 2013).<sup>6</sup> Outras proxies, mais tradicionais no campo dos Estudos Estratégicos, utilizam inventários para determinar o poder militar de cada país.<sup>7</sup>

Nesse sentido, boa parte das tentativas de medir a capacidade militar de determinada nação simplesmente leva em consideração o número de soldados ou de sistemas de armas – blindados, navios, aeronaves – que ela possui. Especialmente durante a Guerra Fria, por exemplo, análises sobre as capacidades dos Estados Unidos e da União Soviética eram focadas estritamente nos sistemas de armas que cada país detinha. Mais tarde, durante os anos 1980, o mesmo critério passou a ser utilizado para mensuração das capacidades de outros países.

Foi somente na década de 1990 que essa situação começou a mudar, graças, mais uma vez, aos impactos da Guerra do Golfo. Nas palavras de Roger Cliff:

Before the war, estimates, based primarily on comparisons of weapon systems and numbers of soldiers each side had, were that U.S. coalition would suffer as many as sixteen thousand casualties in expelling the ‘battle hardened’ Iraqi

---

<sup>6</sup> “Os Estados que têm a capacidade de manter a ordem podem ter forças militares e/ou de segurança efetivas, embora existam países que mantenham a ordem com pouca ou nenhuma força militar. Uma grande força militar, além disso, pode indicar guerra ou insegurança, o que pode diminuir a capacidade do Estado” (HANSON; SIGMAN, 2013).

<sup>7</sup> Estudos geopolíticos tradicionais relacionam ainda aspectos mais amplos, como PIB, população, território, e recursos naturais à capacidade estatal.

army from Kuwait. As it turned out, however, these estimates were more than an order of magnitude too high (CLIFF, 2015, p. 05).<sup>8</sup>

Conforme colocado anteriormente, os Estados Unidos foram capazes de vencer as tropas iraquianas com grande facilidade, invalidando, assim, qualquer previsão. O próprio Roger Cliff (2015) chama atenção para uma série de outros exemplos empíricos nos quais análises meramente quantitativas foram incapazes de prever o resultado de uma batalha ou de conflitos em geral.

De fato, muitos autores passaram a reconhecer a importância de fatores imateriais para predição do resultado de conflitos (BIDDLE; HINKLE; FISHERKELLER, 1999; BIDDLE, 2004). Ainda assim, mesmo hoje muitas análises continuam se pautando na utilização de estimativas numéricas sobre a qualidade de determinado sistema multiplicadas pelo número total de unidades desse sistema que o país possui. Até porque, mais uma vez, medir fatores imateriais é uma tarefa complexa. Mesmo em países como os Estados Unidos, no qual o discurso oficial em geral reconhece a importância de fatores subjetivos para construção de capacidades militares, estes raramente estão conceitualizados em documentos oficiais.<sup>9</sup>

O esforço deste capítulo não é tratar de capacidade estatal de maneira integrada, mas abordar apenas o seu componente militar. Não obstante, a digressão sobre capacidade estatal é importante, pois ajuda a contextualizar o problema em questão frente às agendas de pesquisa mais amplas que o compreendem. Uma vez estabelecido o entendimento sobre capacidade estatal e seu componente militar, podemos mudar o nível de análise e tratar sobre a influência do processo de robotização sobre os elementos de capacidade militar. Para tanto, utilizaremos um modelo específico intitulado “desenho de força”.

---

<sup>8</sup> “Antes da guerra, as estimativas, baseadas principalmente em comparações entre sistemas de armas e números de soldados de cada lado, indicavam que a coalizão dos Estados Unidos sofreria até dezesseis mil vítimas na expulsão do experiente exército iraquiano do Kuwait. No entanto, como se verificou, essas estimativas eram muito exageradas” (CLIFF, 2015, p. 05).

<sup>9</sup> No país, estes elementos são sintetizados pelo acrônimo DOTMLPF: “doctrine, organization, training, materiel, leadership and education, personnel and facilities” (“doutrina, organização, treinamento, material, liderança e educação, pessoal e instalações”) (CLIFF, 2015).

## 4.2 DESENHO DE FORÇA

O conceito de desenho de força é recente e faz parte de um projeto ainda em andamento. Ele vem sendo desenvolvido aproximadamente desde o final dos anos 1990, sobretudo a partir dos trabalhos do Prof. Dr. Salvador Raza em uma série de cursos, palestras e publicações.<sup>10</sup> O sistema foi originalmente chamado de “projeto de força”, mas optamos por utilizar o termo “desenho” em virtude do nome que o modelo recebe em inglês e em espanhol – “design” e “diseño”, respectivamente. Ademais, a escolha foi realizada ainda a fim de evitar qualquer confusão com o conceito de “force planning”.<sup>11</sup>

De modo geral, o desenho de força consiste em um sistema “de concepção e de justificação racional e lógica da força” que reflete “os enquadramentos dos esforços bélicos requeridos para obtenção de um estado de segurança desejado” (RAZA, 2000, p. 46). Nesse sentido, o sistema foi criado para assegurar que capacidades militares sejam identificadas, desenvolvidas, organizadas, e administradas de maneira adequada, visando a consagração das aspirações de segurança e defesa nacionais e internacionais de um país.<sup>12</sup> O trabalho parte da premissa de que a maior parte das proposições conceituais para planejamento de defesa foram criados no início da Guerra Fria e, portanto, são ou obsoletas ou inadequadas para lidar com os desafios de defesa do século XXI.

O sistema é composto por um arcabouço conceitual-metodológico cuja meta é avaliar mudanças na relação entre capacidades e demandas de defesa, assim como

---

<sup>10</sup> Esta seção não pretende substituir a leitura das obras originais. Pelo contrário: seu objetivo é apenas revisar alguns conceitos desenvolvidos nos últimos vinte anos. Portanto, alguns detalhes do modelo foram deliberadamente deixados de fora do texto. Para uma apreciação mais aprofundada do desenho de força, recomenda-se a leitura dos seguintes artigos: Raza (2000; 2002a; 2002b; 2004; 2011).

<sup>11</sup> Nas palavras do próprio autor, a proposta inicial do modelo “era substituir a tradução do termo em inglês “force planning” – planejamento de forças – pois já se percebia a inadequação dessa tradução para representar a complexidade de processos articulados necessários à concepção dos meios de força que os Estados empregam para o atendimento de suas demandas de defesa” (RAZA, 2000, p. 37).

<sup>12</sup> Optou-se por apresentar, em notas de rodapé, algumas passagens dos textos originais que contribuem para o entendimento do ponto em questão. “Ensure that the proper assembly of future effective and efficient military capabilities is economically identified, developed, organized, fielded, and supported to be instrumental in policy alternatives backed by strategic possibilities” (“assegurar que a montagem correta de capacidades militares futuras eficientes e eficazes seja economicamente identificada, desenvolvida, organizada, instalada, e apoiada como instrumental para alternativas políticas amparadas por possibilidades estratégicas”) (RAZA, 2004, p. 03).

identificar estratégias concorrentes que possam levar a resultados distintos.<sup>13</sup> O sistema oferece, portanto, as fundações para um projeto integrado de defesa por meio da conceitualização, desenvolvimento e avaliação de capacidades militares adequadas para atender os requisitos de defesa em resposta a demandas de segurança, assegurando assim maior eficiência e efetividade às forças armadas.

Enquanto a base conceitual do sistema é derivada da teoria clausewitziana – reconhecendo, portanto, o uso da força como uma alternativa política válida e muitas vezes funcional –, seu arcabouço metodológico é construído sobre um conjunto de blocos lógicos cujo objetivo é especificar escala e escopo de capacidades militares, transformando-os em requerimentos de força alternativos associados às suas próprias possibilidades de emprego.<sup>14</sup>

Por **capacidade**, o sistema se refere à aptitude de determinado Estado executar tarefas de defesa essenciais para a sua própria sobrevivência no sistema internacional. Nesse sentido, segundo o modelo, capacidades não têm valor intrínseco: elas não podem ser contabilizadas em termos monetários ou em termos meramente quantitativos, como a quantidade de blindados ou de pessoal, por exemplo. Pelo contrário, a avaliação de capacidades militares depende do entendimento das relações entre uma série de elementos e subelementos imateriais que compõem o que o autor chama de “Constructo de Capacidades”.

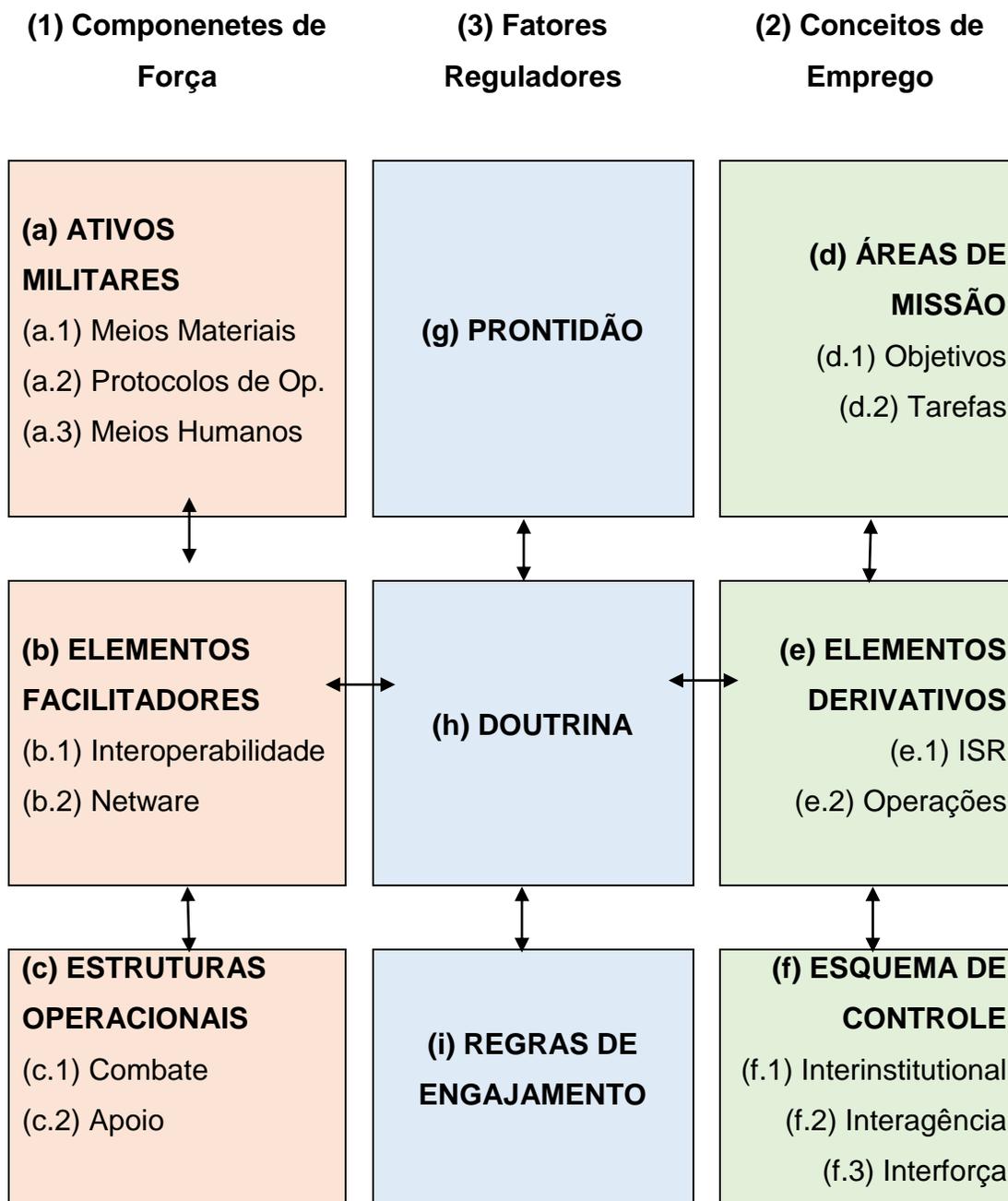
O “Constructo de Capacidades”, ilustrado a seguir (Figura 11), é, portanto, um modelo ideal – uma simplificação da realidade – que identifica os componentes de capacidade militar e suas interações. Nesse sentido, parte da ideia de que capacidade é produto da interação entre as partes e da estabilidade das relações estabelecidas entre “componentes de força” (originalmente “arranjos de meio”), “fatores reguladores” (originalmente “arranjos reguladores”) e “conceitos de emprego” (originalmente “arranjos estruturantes”). Uma breve descrição de cada componente segue a Figura.

---

<sup>13</sup> “Assessing the changing relationship between capabilities requirements and defense demands” bem como “specifying capabilities [...] that might lead to different choices under three concurring perspectives – adaptation, modernization and transformation” (RAZA, 2006, p. 03).

<sup>14</sup> “Translating them into force alternative requirements in association with the condition for its intended use” (“traduzi-las em requerimentos alternativos de força em associação com as condições para o seu emprego possível”) (RAZA, 2006, p. 04).

Figura 11 - Constructo de Capacidades



Fonte: adaptado de Raza (2011).

(1) *Componentes de Força* emergem da articulação entre (a) ativos militares, (c) estruturas operacionais e seus (b) elementos facilitadores. O primeiro conjunto provê a força de (a.1) meios materiais (blindados, navios, aeronaves, etc.), (a.2) protocolos de operação (instruções sobre como operar esses meios materiais, individual ou coletivamente) e (a.3) meios humanos capazes de operar os primeiros a partir dos

segundos. O segundo conjunto, (c) estruturas operacionais, define a habilidade das forças armadas desempenharem tarefas de (c.1) combate e de (c.2) apoio necessárias para concretização de determinadas (d.2) tarefas e, conseqüentemente, (d.1) objetivos. O terceiro conjunto, (b) elementos facilitadores, refere-se tanto a uma ideia – (b.1) interoperabilidade – quanto a tecnologias – (b.2) netware – que permitem que os ativos militares operem de forma conjunta.

Os (2) *Conceitos de Emprego* definem (d) áreas de missão que permitem o subsequente estabelecimento de (d.1) objetivos e (d.2) tarefas. Enquanto o primeiro componente se refere a possibilidades previstas de emprego da força, o segundo diz respeito às ações necessárias para alcançá-los. Os (e) elementos derivativos – (e.1) inteligência, monitoramento e reconhecimento (ISR) e (e.2) operações – mediam o processo, oferecendo elementos que definem os princípios para tomada de decisão a respeito do uso da força. Assim, (e.1) ISR assegura que ameaças serão detectadas com antecedência e que respostas adequadas serão fornecidas. Por sua vez, (e.2) operações são ações estabelecidas doutrinariamente tomadas para consecução de tarefas de defesa.

Segundo Raza (2011, p. 25-26), ISR e operações atendem a quatro objetivos básicos:

To collect authoritative information about the security and defense context; to provide criteria to identify required tasks to be performed; to orient representational abstractions for those tasks and the development of appropriated metrics; [and] to define interactions and relations among objectives and tasks to ensure that constraints and boundary conditions imposed by context are accommodated, identify data to be collected and appropriately addresses and control the flow of information that allow the derivation of tasks be stopped or restarted, assuring that the scope and scale are represented with discernible detail (RAZA, 2011, p. 25-26).<sup>15</sup>

O componente (f) esquema de controle diz respeito aos arranjos institucionais necessários para implementação do projeto de força. Nesse sentido, ele se relaciona à

---

<sup>15</sup> “Coletar informações oficiais sobre o contexto de segurança e defesa; fornecer critérios para identificar as tarefas necessárias a serem realizadas; orientar abstrações representacionais para essas tarefas e o desenvolvimento de métricas apropriadas; [e] definir interações e relações entre objetivos e tarefas para garantir que as restrições e as condições de contorno impostas pelo contexto sejam acomodadas, identificar os dados a serem coletados e adequadamente abordar e controlar o fluxo de informações que permitem que a derivação das tarefas seja interrompida ou reiniciada, assegurando que o escopo ea escala são representados com detalhes discerníveis” (RAZA, 2011, p. 25-26).

criação de uma estrutura orgânica institucional, responsável pelo estabelecimento de arranjos políticos organizacionais para coordenação de fluxos informacionais, orçamentários, de pessoal, etc. em três níveis: (f.1) interinstitucional, (f.2) interagência e (f.3) interforça. O esquema de controle surge a partir do momento em que o projeto de força se torna política, oferecendo estabilidade e segurança institucional para consecução dos objetivos de segurança e defesa.

Finalmente, (3) *Fatores Reguladores* são instruções normativas e elementos subjetivos que vinculam (1) *Componentes de Força* com (2) *Conceitos de Emprego*. Eles incluem (g) prontidão, (h) doutrina, e (i) regras de engajamento. A (g) prontidão diz respeito ao grau de preparação dos (a) ativos militares para responder à iminência do uso da força. Por sua vez, (h) doutrina é a expressão formal do conhecimento militar, ou a experiência acumulada que instrui o modo pelo qual os (a) ativos militares são articulados com as (c) estruturas operacionais de combate e de apoio. Finalmente, as (i) regras de engajamento definem as circunstâncias sob as quais o emprego da força inicia, prossegue e termina, de acordo com o direito internacional e limitações impostas pelo ordenamento político-jurídico doméstico.

O objetivo principal do “Constructo de Capacidades” é indicar alternativas de defesa possíveis em face de um ambiente securitário variável. O construto modela capacidades em um sistema aberto, assumindo “a flow of information from and to the surrounding environment, implying that its variety assumes different values over time, as well as varying relationships between its components that are dynamically reconfigured while keeping the system in a uniform state” (RAZA, 2011, p. 16).<sup>16</sup>

O “ambiente securitário variável” mencionado anteriormente é então avaliado por meio de três blocos lógicos que buscam identificar alternativas para construção de capacidades a partir do reconhecimento da existência de uma combinação praticamente ilimitada de alternativas de defesa. O modelo abarca esse conjunto complexo de possibilidades com o auxílio de um ciclo que emula os processos tradicionais de formulação de políticas públicas, composto por diagnóstico, monitoramento e avaliação.

---

<sup>16</sup> “Um fluxo de informações de e para o ambiente circundante, implicando que sua variedade assuma valores diferentes ao longo do tempo, bem como relações variáveis entre seus componentes que são reconfigurados dinamicamente, mantendo o sistema em um estado uniforme” (RAZA, 2011, p. 16).

O primeiro bloco, *cogitare*, reflete a necessidade de definir objetivos de defesa claros e capazes de traduzir objetivos nacionais abstratos em política. Nesse sentido, o bloco considera o estado atual das forças armadas e os meios concretamente disponíveis para promover reformas. É importante perceber que o estado atual das forças armadas não diz respeito apenas a capacidades materiais, mas também à sua adequação à ideia de que a guerra é um fenômeno eminentemente político. Por isso, capacidades materiais também devem estar vinculadas a objetivos políticos. Uma vez que esses objetivos mudam ao longo do tempo, o processo de reforma é visto como uma atividade permanente.

O segundo bloco, *prospicere*, ajuda a avaliar e validar as assunções definidas por meio do bloco *cogitare*, assim como antecipar algumas capacidades que serão necessárias para consecução dos objetivos de defesa no futuro por meio da provisão de cenários de referência. Em outras palavras, a principal função desse bloco é “to serve as the mechanism by which objectives are transformed into detailed capability requirements for anticipated mission areas” (RAZA, 2006, p. 05).<sup>17</sup> O bloco resulta na formulação do que o autor chama de “Diagrama de Futuros”. O diagrama é fruto da combinação de uma descrição abstrata do estado de segurança pretendido no futuro – visão – com cenários possíveis. A visão, portanto, “oferece um quadro comum de referência que permite o detalhamento dos cenários de projeto, possibilitando o levantamento das capacidades demandadas pelos arranjos de capacidade, e a determinação das prioridades relativas para a aquisição de meios” (RAZA, 2000, p. 150). Já os cenários estão agrupados em três categorias gerais (“cenários projetivos”, “cenários prospectivos” e “cenários proficcionais”)<sup>18</sup> e cinco categorias específicas (ou em uma seleção de “expected attributes of the future”): guerra, crise, modelagem de

---

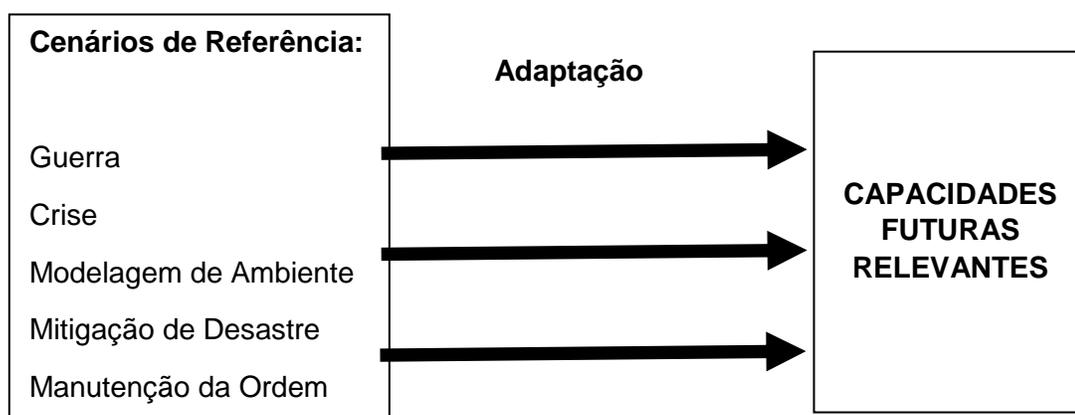
<sup>17</sup> “Servir como o mecanismo pelo qual os objetivos são transformados em requisitos detalhados de capacidade para áreas de missão antecipadas” (RAZA, 2006, p. 05).

<sup>18</sup> Segundo Raza (2000, p. 119-120), “a proficção é uma concepção original” que “descreve as cadeias de eventos que estabelecem ligações indutivas, voltadas para um horizonte de tempo onde as relações causais projetivas e prospectivas não podem ser asseguradas”. Desta forma, ela “demarca uma ação criativa voltada para a compreensão e formulação de alternativas para problemas complexos no futuro, por meio do emprego de um plano de conceitos aceito no presente para formular um cenário que permita pensar em várias categorias diferentes de conceitos e seus arranjos possíveis”. Assim, “a proficção considera um universo onde tudo se relaciona, tudo está interligado, com o que cria alternativas de futuros sob a pressuposição da possibilidade de bifurcações temporais (histórias alternativas), todas lógicas e coerentes. Seu único limite é o da plausibilidade das alternativas, o que é um limite marcadamente subjetivo”.

ambiente, mitigação de desastres, e manutenção da ordem. Diferentes cenários levam à adoção de diferentes padrões de desenvolvimento de capacidades.

O cruzamento da visão com os cenários é habilitado por dois processos simultâneos que provêm tanto estabilidade quanto dinamismo ao processo de reforma. Enquanto estabilidade é um fator importante para o planejamento, dinamismo é um elemento essencial para contabilizar as mudanças contínuas no ambiente geral de desenho de força. O primeiro processo, *adaptação*, explora interoperabilidade, “jointness”, e C4ISR para integrar ativos militares e estruturas operacionais. O segundo processo, *modernização*, “replaces aging weapon systems and changes the dimensional characteristics of force structure components, creating other possibilities for rearrangement of military capabilities that would not otherwise exist” (RAZA, 2006, p. 05).<sup>19</sup> Finalmente, o terceiro e último processo, *transformação*, busca criar ou aumentar um diferencial de capacidades em relação a forças competidoras, tornando seus esforços nulos. O processo diz respeito tanto à incorporação de novas tecnologias, quanto à mudança de processos decisórios para alcançar melhores níveis de eficiência dentro das organizações militares.

**Figura 12 - Propicere: Cenários e Processos**



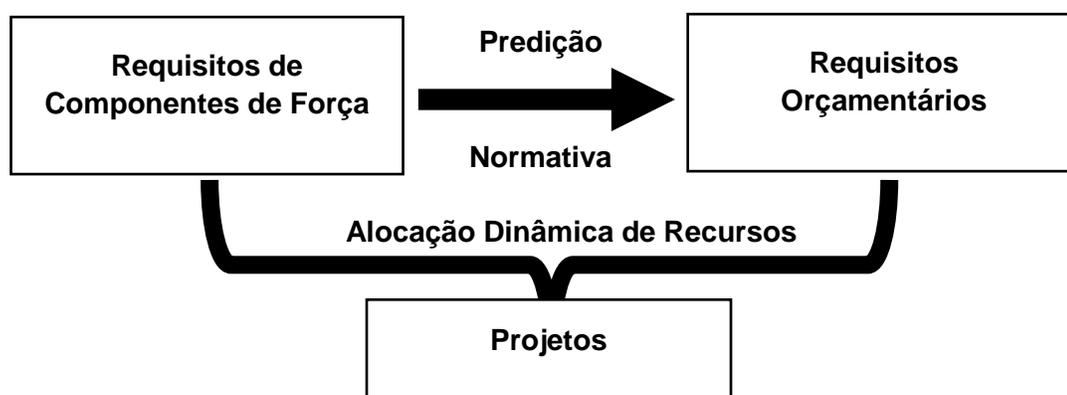
**Fonte:** Raza (2011).

<sup>19</sup> “substitui os sistemas de armas envelhecidos e altera as características dimensionais dos componentes da estrutura da força, criando outras possibilidades de rearranjo de capacidades militares que de outra forma não existiriam” (RAZA, 2006, p. 05).

O terceiro bloco, *renovatio*, implica reflexões sobre o significado de capacidades de defesa presentes e futuras, assim como sobre os meios necessários para alcançar as últimas. O bloco, portanto, facilita a alocação, coordenação e utilização dos recursos, identificando as tendências que levaram às capacidades atuais e os requisitos tecnológicos necessários para operar no futuro. Nesse sentido, o bloco permite ao projetista estabelecer as capacidades necessárias (isto é, para suportar as tarefas requeridas pela força) e traduzi-las em demandas de programas e necessidades orçamentárias. Este processo é executado através de dois conjuntos de tarefas: “normative forecasting” e “dynamic resource allocation”.

O primeiro conjunto, “normative forecasting”, ou “predição normativa”, busca conectar projetos com possibilidades orçamentárias a fim de estabelecer projetos viáveis. Estes, por sua vez, “implement initiatives for modification, enhancement, or development in order to meet program requirements and interfaces” (RAZA, 2009, p. 09). O segundo conjunto, “dynamic resource allocation”, ou “alocação dinâmica de recursos”, parte da premissa de que estabelecer um equilíbrio entre esses fatores depende de raciocínio político e negociação. Ele cruza recursos presentes e expectativas futuras com riscos e incertezas a fim de otimizar a alocação de recursos humanos, materiais, fiscais, organizacionais e informacionais. A figura abaixo ilustra o bloco *renovatio* e seus processos:

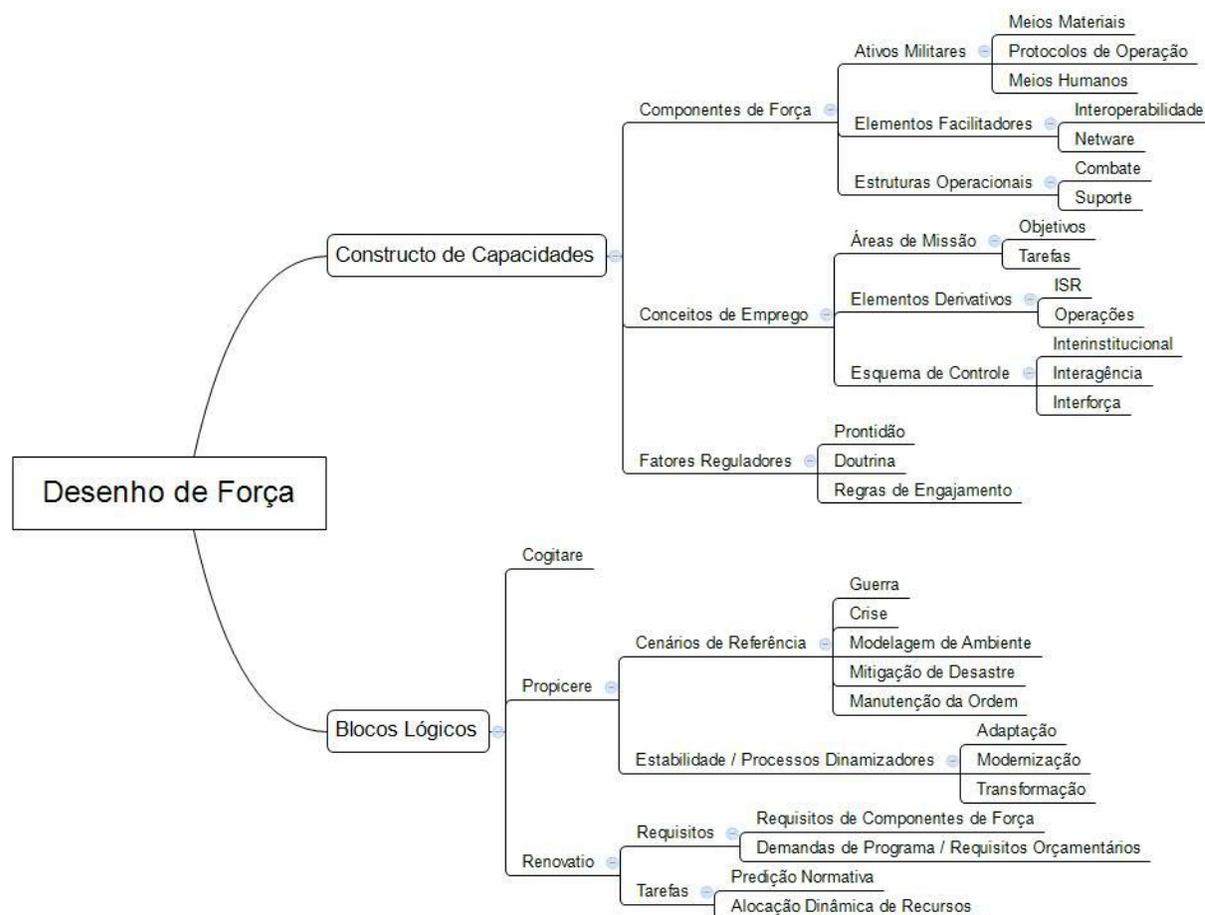
**Figura 13 - Renovatio: Predição Normativa e Alocação Dinâmica de Recursos**



**Fonte:** Raza (2011).

Manter tantos níveis de análise diferentes em mente não é uma tarefa trivial. Por isso, o mapa conceitual a seguir foi desenvolvido a fim de resumir e ilustrar as conexões entre cada componente do sistema.

**Figura 4 - Mapa Conceitual: Desenho de Força**



**Fonte:** elaborado pelo autor a partir de Raza (2011).

Uma vez que o desenho de força foi apresentado, as próximas subseções, agrupadas sob o título de “Robotização e Desenho de Força”, buscam descrever e analisar algumas práticas e políticas militares contemporâneas à luz do modelo. Nesse sentido, a ideia é utilizar o desenho de força, mais especificamente, o “Constructo de Capacidades”, para avaliar a influência do processo de robotização sobre as forças armadas. Para tanto, o texto busca amparo empírico principalmente nos Estados Unidos, sem, contudo, limitar-se apenas ao caso norte-americano. As subseções a

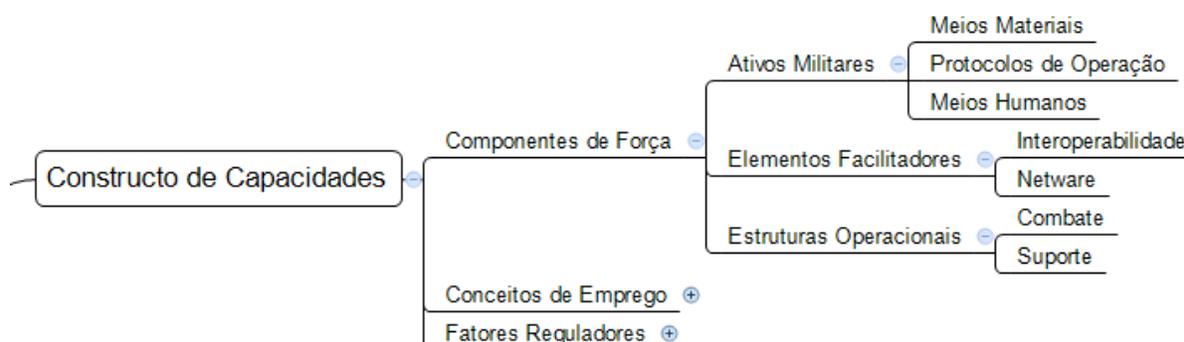
seguir estão organizadas de acordo com os três principais vetores do constructo: “componentes de força”, “fatores reguladores” e “conceitos de emprego”.

### 4.3 ROBOTIZAÇÃO E DESENHO DE FORÇA

A fim de situar o leitor em relação ao Mapa Conceitual apresentado anteriormente, as próximas subseções serão precedidas de um pequeno recorte do mapa, destacando os elementos analisados ao longo do texto.

#### 4.3.1 Robotização x Componentes de Força

Figura 15 - Recorte do Constructo de Capacidades A: Componentes de Força



Fonte: elaborado pelo autor a partir de Raza (2011).

Em termos de *ativos militares*, mais especificamente, (componentes de força → ativos militares →) **meios materiais**, a quantidade de robôs mantida pelas forças armadas dos Estados Unidos aumentou significativamente desde 1991.<sup>20</sup> Apesar de ser difícil encontrar dados agregados para todos os tipos de sistema, o aumento registrado no número de UAS ao longo dos anos 2000 indica a tendência geral das últimas três décadas. Entre 2002 e 2010, o número de sistemas robóticos aéreos aumentou de

<sup>20</sup> Tomamos o ano de 1991 como base, pois ele marca o início do emprego de Pioneers pelos Estados Unidos na Guerra do Golfo. Segundo Callam (2010), “Iraqi soldiers grew to fear the ominous buzzing of the Pioneer and in one widely reported incident, a group of Republican guards became the first humans to surrender to a drone. The success of the Pioneer in Desert Storm led to the Department of Defense spending over \$3 billion on UAV programs during the 1990s” (“os soldados iraquianos passaram a temer o zumbido ameaçador do Pioneer e, em um incidente amplamente divulgado, um grupo de guardas republicanos tornou-se o primeiro grupo de homens a se render a um drone. O sucesso do Pioneer na Tempestade no Deserto levou o Departamento de Defesa a gastar mais de \$ 3 bilhões em programas de UAV durante a década de 1990”).

pouco mais de 160 para aproximadamente 7500 unidades nos países (GERTLER 2012). No mesmo período, o número de nações que possuem e que empregam drones armados também aumentou.

Segundo dados levantados para “*New American Foundation*”, em 2002, apenas um país, os Estados Unidos, possuía drones armados.<sup>21</sup> Em 2010, a lista passou a incluir Israel, Irã, e Reino Unido. Em 2016, somaram-se ao grupo Azerbaijão, Cazaquistão, China, Egito, Espanha, França, Geórgia, Grécia, Índia, Itália, Nigéria, Paquistão, Turcomenistão, e Ucrânia, totalizando dezoito países. No que diz respeito ao emprego desses sistemas, em 2002 a prática era recorrente apenas entre as forças armadas norte-americanas. Em 2010, Israel e Reino Unido também entraram no grupo. Já em 2016, nove países detinham sistemas robóticos aéreos armados em operação: além dos já citados, Azerbaijão, Irã, Iraque, Nigéria, Paquistão e Turquia (BERGEN *et al.*, 2016).

**Quadro 1 - Detenção, Emprego e Desenvolvimento de UAS Armados**

| País           | 2002  |         | 2010  |         | 2016  |         |
|----------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
|                | Detém | Emprega | Detém | Emprega | Detém | Emprega |
| Azerbaijão     |       |         |       |         | X     | X       |
| Cazaquistão    |       |         |       |         | X     |         |
| China          |       |         |       |         | X     |         |
| Egito          |       |         |       |         | X     |         |
| Espanha        |       |         |       |         | X     |         |
| Estados Unidos | X     | X       | X     |         | X     | X       |
| França         |       |         |       |         | X     |         |
| Geórgia        |       |         |       |         | X     |         |
| Grécia         |       |         |       |         | X     |         |
| Índia          |       |         |       |         | X     |         |
| Irã            |       |         | X     |         | X     | X       |
| Israel         |       |         | X     | X       | X     | X       |
| Itália         |       |         |       |         | X     |         |
| Nigéria        |       |         |       |         | X     | X       |
| Paquistão      |       |         |       |         | X     | X       |
| Reino Unido    |       |         | X     | X       | X     | X       |
| Turcomenistão  |       |         |       |         | X     |         |
| Turquia        |       |         |       |         | X     | X       |
| Ucrânia        |       |         |       |         | X     |         |
| Iraque         |       |         |       |         | X     | X       |

**Fonte:** adaptado de Michel e Gettinger (2016).

<sup>21</sup> Os dados estão disponíveis no dossiê online intitulado “*World of Drones*” (BERGEN *et al.*, 2016). Alguns comentários adicionais ao dossiê podem ser vistos em Dillow (2016a).

Nem todos os países que possuem drones armados, contudo, são capazes de produzi-los. Nesse sentido, “many countries seeking armed drone capability without the capacity to develop UCAVs [unmanned combat air vehicles] domestically have turned to China” (BERGEN *et al.*, 2016).<sup>22</sup> Os clientes da China incluem Arábia Saudita, os Emirados Árabes Unidos, Egito, Iraque, Paquistão e Nigéria (RAWNSLEY, 2016).<sup>23</sup> Dentre os países atualmente capazes de efetivamente produzir drones armados, destacam-se ainda Índia, Irã e Paquistão. Países como Rússia, Taiwan, e Turquia também já iniciaram seus esforços de pesquisa e desenvolvimento, mas seus respectivos programas ainda estão em etapas de maturidade diferentes.<sup>24</sup>

No que diz respeito à variedade de sistemas, os últimos anos registraram um aumento significativo no inventário de robôs operantes. Segundo dados coletados pelo “*Center for the Study of the Drone*”, desde 2009, as forças armadas norte-americanas estiveram envolvidas com o desenvolvimento e operação de 36 sistemas diferentes. Se em 2009 o país possuía nove sistemas ativos, em 2016 já eram catorze. A Figura 16 e o Quadro 2, a seguir, sintetizam o estado atual da robótica militar nos Estados Unidos, apontando os principais modelos em desenvolvimento e operação, bem como os respectivos domínios e países de origem. Interessante perceber que da totalidade dos sistemas operantes no país, apenas cinco são desenvolvidos fora do território norte-americano (MICHEL; GETTINGER, 2016, p. 03).<sup>25</sup> Naturalmente, a lista representa apenas uma parcela dos sistemas em desenvolvimento e em operação ao redor do mundo.

---

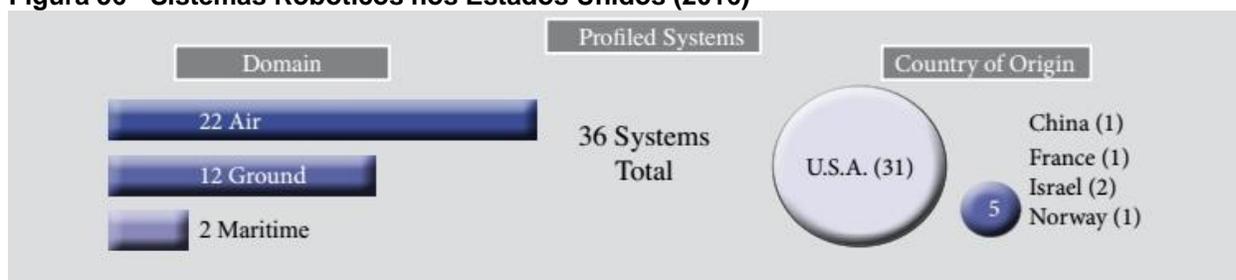
<sup>22</sup> “Muitos países que procuram obter capacidades de drones armados sem a capacidade de desenvolver UCAVs [veículos aéreos de combate não tripulados] domesticamente se voltaram para a China” (BERGEN *et al.*, 2016).

<sup>23</sup> Mais detalhes sobre o mercado de drones chineses disponíveis em Dillow (2016b) e Cruickshank (2016).

<sup>24</sup> Segundo fontes jornalísticas disponíveis em Bipindra (2015), Rawnsley (2014), *The New York Times* (PAKISTAN DRONES... 2015), Bendett (2016), Cole (2015), e *Daily Sabah* (DOMESTIC... 2016).

<sup>25</sup> O Black Hornet é um sistema norueguês (THOMPSON, 2015); o CH-4 é de origem chinesa; o AAI RQ-7 eo IAI RQ-5 Shadow Hunter são israelenses; e o nEUROn é desenvolvido por um consórcio europeu encabeçado pela Dassault francesa.

**Figura 56 - Sistemas Robóticos nos Estados Unidos (2016)**



Fonte: Michel e Gettinger (2016, p. 02).

**Quadro 2 - Status dos Sistemas 2009/2016**

| Sistema                        | Domínio | 2009                  | 2016            |
|--------------------------------|---------|-----------------------|-----------------|
| AAI RQ-7 Shadow                | Ar      | Ativo                 | Ativo           |
| Aerostar                       | Ar      | Ativo                 | Inativo         |
| ARSS                           | Ar      | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| BigDog/LS3                     | Terra   | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| Black Hornet                   | Ar      | Desenvolvimento       | Ativo           |
| Boeing SolarEagle (Vulture II) | Ar      | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| CH-4 Rainbow                   | Ar      | n/d                   | Ativo           |
| C-RAM                          | Terra   | Ativo                 | Ativo           |
| Crusher                        | Terra   | Finalizado            | Inativo         |
| Dassault nEUOn                 | Ar      | n/d                   | Desenvolvimento |
| Eagle Eye                      | Ar      | Suspenso              | Cancelado       |
| Global Hawk                    | Ar      | Desenvolvimento       | Ativo           |
| Global Observer                | Ar      | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| GTMMax                         | Ar      | Desenvolvimento       | Ativo           |
| High Altitude Airship          | Ar      | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| IAI RQ-5 Shadow Hunter         | Ar      | Ativo                 | Descomissionado |
| Knifefish                      | Água    | n/d                   | Desenvolvimento |
| LDUUV                          | Água    | n/d                   | Desenvolvimento |
| MQ-8 Fire Scout                | Ar      | Ativo                 | Ativo           |
| MULE                           | Terra   | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| PackBot                        | Terra   | Ativo                 | Ativo           |
| Predator B/Reaper              | Ar      | Ativo                 | Ativo           |
| Raven                          | Ar      | Ativo                 | Ativo           |
| RHex                           | Terra   | Desenvolvimento       | Inativo         |
| Samarai                        | Ar      | Desenvolvimento       | Cancelado       |
| Stickybot                      | Terra   | Desenvolvimento       | Inativo         |
| SWORDS                         | Terra   | Desenvolvimento/Ativo | Substituído     |
| TALON                          | Terra   | Ativo                 | Ativo           |
| TERN                           | Ar      | n/d                   | Desenvolvimento |
| TerraMax                       | Terra   | Desenvolvimento       | Desenvolvimento |
| ThrowBot                       | Terra   | Desenvolvimento       | Ativo           |
| X-37 Orbital Test Vehicle      | Ar      | Desenvolvimento       | Ativo           |
| X-41 Common Aero Vehicle       | Ar      | Desenvolvimento       | Desenvolvimento |
| X-47                           | Ar      | Desenvolvimento       | Substituído     |
| XM1216 Small UGV               | Terra   | Desenvolvimento       | Ativo           |

Fonte: adaptado de Michel e Gettinger (2016, p. 05).

Neste contexto de proliferação de sistemas, os (componentes de força → ativos militares →) **protocolos de operação** também tiveram de ser atualizados para manter sua relevância frente ao próprio avanço tecnológico dos sistemas e sua decorrente incorporação de novas capacidades. Na medida em que os sistemas adquirem novas funcionalidades, a revisão de procedimentos obsoletos e/ou a adoção de novas diretrizes se fazem necessárias. Um bom exemplo sobre a necessidade de atualização de protocolos de operação deriva da utilização de sistemas aéreos para condução de assassinatos extrajudiciais, por exemplo.

A prática de assassinatos extrajudiciais é conduzida em conjunto pela Força Aérea e pela Agência Central de Inteligência (CIA). As operações estão divididas em duas modalidades: assassinatos seletivos, ou “targeted killings”, geralmente conduzidos pela USAF, e assassinatos por sinais, ou “signature killings”, conduzidos pela CIA. Ambos os tipos de operação são altamente sigilosos e administrados somente após a conclusão de um processo de autorização extensivo, que inclui a aprovação de juntas militares e do presidente. A cadeia de comando responsável pelo processo foi divulgada apenas em 2015, graças a informações liberadas pela agência investigativa “*The Intercept*” (CURRIER, 2015).<sup>26</sup>

As informações são oriundas de um estudo elaborado pelo “Pentagon’s Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance Task Force” em 2013. Segundo o documento, no caso de assassinatos seletivos, o processo tem início junto ao Comando Conjunto de Forças Especiais (“Joint Special Operations Command”, JSOC), que determina o perfil do alvo a ser eliminado e, em seguida, envia as informações – agrupadas em CONOPS<sup>27</sup> – para a Junta de Chefes do Estado Maior (“Joint Chiefs of Staff”). Os nomes seguem então para a aprovação do Secretário de Defesa e dos Conselheiros da Presidência (“Principals Comiteee”) e, finalmente, para a autorização do presidente. Em geral, os ataques ainda dependem da aprovação do Comando

---

<sup>26</sup> O “*The Intercept*” publicou em 2015 uma série de documentos oficiais que detalham o funcionamento da política de drones norte-americana.

<sup>27</sup> O acrônimo se refere a “concept of operations”, ou conceito de operações. CONOPS geralmente descrevem os objetivos e como eles serão alcançados com o auxílio dos meios disponíveis. Segundo a notação do dicionário de termos militares do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, um CONOPS é “a verbal or graphic statement that clearly and concisely expresses what the joint force commander intends to accomplish and how it will be done using available resources” (“uma declaração verbal ou gráfica que expressa de forma clara e concisa o que o comandante da força conjunta pretende realizar e como será feito usando os recursos disponíveis”) (USA, 2017).

Combatente Geográfico (“Geographic Combatant Command”), bem como do embaixador norte-americano e do chefe da CIA no país onde o alvo foi localizado. Algumas vezes, o processo também depende da aprovação de alguma autoridade local. Ainda segundo as fontes levantadas pelo “*The Intercept*”, o processo para assassinatos por sinais, especificamente no Iêmen e no Paquistão, teria sido flexibilizado pelo ex-presidente Barack Obama em 2012. Nesses casos, caberia ao operador do sistema o reconhecimento do alvo como potencialmente perigoso para dar início à operação, desde que houvesse “near certainty that the terrorist target is present” e “near certainty that non-combatants will not be injured or killed” (CURRIER, 2015).<sup>28</sup>

Naturalmente, novos sistemas e protocolos de operação demandam novas abordagens para os (componentes de força → ativos militares →) **meios humanos**. Enquanto o número de soldados ativos nas forças armadas dos Estados Unidos vem diminuindo desde o final da Guerra Fria, sistemas robóticos vêm sendo adotados em ritmo crescente. Como resultado, algumas fontes (RT NEWS, 2016) sugerem que o número de robôs ultrapassará o número de pessoas na ativa tão logo quanto 2025. Mesmo que essa previsão pareça um pouco exagerada, conforme o número de robôs aumenta, complexificam-se também as relações entre combatentes e máquinas.

Julie Carpenter (2016), por exemplo, entrevistou uma série de operadores de UGS que trabalham com a remoção de explosivos tentando determinar como se desenvolve o relacionamento entre eles. Sua pesquisa revelou que sistemas robóticos às vezes são tratados como mascotes pelos operadores. Nesse sentido, muitos soldados acabam desenvolvendo algum tipo de apego afetivo e interação com seus robôs da mesma forma que interagiriam com seres orgânicos. Em outros casos, os sistemas são considerados uma extensão ou uma representação (avatar) do operador. A classificação depende das características do próprio robô ou das funções que ele desempenha. Qualquer que seja a forma de relacionamento entre o operador e o robô, o processo de tomada de decisão dos primeiros está sujeito a interferências causadas pelo componente afetivo que esse desenvolve com o último.

---

<sup>28</sup> “Quase certeza de que o alvo terrorista está presente” e “certeza de que não-combatentes não serão feridos ou mortos” (CURRIER, 2015).

Não obstante, no que diz respeito a interações homem-robô, é preciso também considerar as habilidades que um soldado deve desenvolver para operar tais sistemas. Sydney Freedberg Junior. (2015) afirma, por exemplo, que um dos principais aspectos da “third offset strategy” é a sua dependência por jovens com elevado grau de conhecimento tecnológico. Nesse sentido, ele afirma que “the idea is not machines replacing humans. It’s not even about machines working autonomously alongside humans. It’s about machines and humans being joined at the hip in a symbiotic relationship where each brings what it does best”.<sup>29</sup> Portanto, a robotização não é apenas sobre tecnologia, mas também sobre mudanças no sistema de educação militar e no perfil geral da força de trabalho. Apesar de o Departamento de Defesa dos Estados Unidos ainda ter dificuldades em “get the technologically best and brightest to work with” (FREEDBERG JUNIOR, 2016), parece claro que alguns paradigmas organizacionais antigos das forças armadas terão de ser revisados a fim de se ajustar ao estilo de vida e valores das próximas gerações.<sup>30</sup>

Neste contexto de modificação do caráter da força de trabalho, algumas modificações já estão em curso nas forças armadas norte-americanas. Cada vez mais, por exemplo, vídeo-games – um termo guarda-chuva para simulações e realidade aumentada – têm sido utilizados para o treinamento de novos soldados.<sup>31</sup> De acordo com Corey Mead (2013, p. 03-04),

---

<sup>29</sup> “A idéia não é a máquina substitui humanos. Não é nem mesmo sobre máquinas funcionando de forma autônoma ao lado de humanos. Trata-se de máquinas e seres humanos se juntarem em uma relação simbiótica onde cada um traz o que faz melhor” (FREEDBERG JUNIOR, 2015).

<sup>30</sup> “Pegar os mais brilhantes e tecnologicamente aptos para trabalhar” (FREEDBERG JUNIOR, 2016). Um debate atualmente em curso nos Estados Unidos, por exemplo, diz respeito ao consumo de drogas leves como a maconha por servidores públicos, especialmente membros dos serviços de inteligência e das forças armadas (CALABRESI; MILLER, 2014).

<sup>31</sup> A utilização de vídeo-games, nesse contexto, serve tanto para atrair a atenção de novos recrutas quanto para manter e qualificar parte da força de trabalho atual. De fato, vídeo-games têm sido considerados uma ferramenta importante para educação, mesmo fora das instituições militares. Na tentativa de aproximar os alunos dos conteúdos programáticos e engajá-los nas atividades de aprendizagem, muitos educadores vêm apostando em “gamification” ou, em português, em “gameficação”. Dentre as vantagens atribuídas ao modelo, destaca-se, por exemplo, a criação de ambientes que estimulam a experimentação e a tomada de decisão em um contexto nos qual o processo de aprendizagem é mais importante do que a obtenção de um resultado ótimo. Além disso, a gameficação também é capaz de fornecer ao estudante “feedback” em tempo real, narrativas que contextualizam problemas abstratos a partir de casos concretos, e a possibilidade de o aluno e de o educador acompanharem o progresso do primeiro a partir do alcance de determinados objetivos predeterminados (STOTT; NEUSTAEDTER, 2013).

The military's desire to harness game technologies stems in part from the realization that its traditional approach to learning, and to the role of soldiers, often no longer applies. Standardization and functionality, the longstanding military paradigms for instruction, don't always fit the problems of America's new hybrid wars (MEAD, 2013, p. 03-04).<sup>32</sup>

Na visão do autor, esta tendência ocorre desde a Segunda Guerra, quando soldados passaram a ser avaliados de acordo com a sua aptidão tecnológica. Naturalmente, o processo se intensificou a partir do advento da era digital, ao passo que, segundo Mead (2013, p. 04), o soldado é hoje “a form of information technology, responsible for a far broader range of roles, decisions, and systems-based interactions than in any previous conflict”.<sup>33</sup> Competência tecnológica tornou-se, nesse contexto, uma pré-condição para o ingresso nas forças armadas, e não mais uma especialização restrita apenas a uma parcela dos combatentes.

Essa mudança no caráter do combatente vem sendo gradualmente reconhecida também em outros países além dos Estados Unidos, como Austrália e Inglaterra. Em um artigo recente, Mick Ryan (2017) chama atenção para o fato de que a força de trabalho nesses países jamais foi tão diversificada. Como resultado, suas forças armadas devem atuar hoje com:

A broader body of officers and soldiers with a wider variety of views, experiences and capabilities to offer the profession. But this evolution also demands military professionals who can work in an organization that has ethnic, gender, religious, and intellectual diversity and exploit its benefits (RYAN, 2017).<sup>34</sup>

Ademais, ainda segundo Ryan (2017), o militar deve estar apto a atuar para além do seu ramo e/ou especialização, tendo em vista o caráter coletivo das operações na atualidade e a crescente horizontalização das aptitudes de alistados e oficiais: “over the

---

<sup>32</sup> “O desejo das forças armadas de aproveitar as tecnologias de vídeo-games deriva, em parte, da percepção de que sua abordagem tradicional para o aprendizado e para o papel dos soldados muitas vezes não se aplica mais. Padronização e funcionalidade, os paradigmas de longa data para a instrução militar, nem sempre se encaixam nos problemas das novas guerras híbridas dos Estados Unidos” (MEAD, 2013, p. 03-04).

<sup>33</sup> “Uma espécie de tecnologia da informação responsável por um leque muito mais amplo de papéis, decisões, e de interações sistemáticas do que em qualquer conflito passado” (MEAD, 2013, p. 04).

<sup>34</sup> “Um corpo mais amplo de oficiais e soldados, com uma maior variedade de pontos de vista, experiências e capacidades para oferecer para a profissão. Mas essa evolução também exige profissionais militares que possam trabalhar em uma organização que tenha diversidade étnica, de gênero, religiosa e intelectual e que aproveite os seus benefícios” (RYAN, 2017).

past two decades, technical demands have led to a professionalization of the enlisted personnel of most military organizations far beyond what previously occurred”.<sup>35</sup> Conforme se demonstrou nos capítulos anteriores, sistemas robóticos militares são tecnologias extremamente complexas, cuja existência depende da articulação de áreas do conhecimento distintas. Ademais, por tratar-se de uma tecnologia emergente, a sua relação com a prática da guerra ainda está sob escrutínio. Nesse sentido, torna-se necessário também educar o militar sobre as consequências políticas, jurídicas e sociais mais amplas advindas do processo de robotização. Em outras palavras, o emprego acrítico de sistemas robóticos apenas reforça a necessidade de que militares passem a considerar a relação homem-robô para além de contextos estritamente militares.

A complexidade dos sistemas mencionada anteriormente fica ainda mais explícita quando esses são entendidos não apenas como plataformas para operações, mas como *elementos facilitadores* para atividade militar como um todo. Segundo Raza (2011, p. 20), o espectro de possibilidades providas por ativos militares depende de dois fatores: a (componentes de força → elementos facilitadores →) **interoperabilidade** de seus componentes e o seu papel como elemento de (componentes de força → elementos facilitadores →) **netware** que proporciona comando, controle, comunicações, computação e informação (C4I). Nesse sentido, ambos os fatores têm sido centrais para o desenvolvimento de novos sistemas, protocolos de operação e práticas militares em geral.

É importante perceber, nesse contexto, que interoperabilidade é “primariamente uma função da tecnologia” (RAZA, 2011) que corresponde a diferentes níveis de compatibilidade entre componentes de força: compatibilidade entre sistemas<sup>36</sup>, compatibilidade entre os ramos de uma determinada força armada, e compatibilidade

---

<sup>35</sup> “Ao longo das últimas duas décadas, as demandas técnicas levaram a uma profissionalização do pessoal alistado da maioria das organizações militares muito além do que ocorreu anteriormente” (RYAN, 2017). O autor reconhece, contudo, que “while both enlisted and officers must be highly professional in their duties, there remains a difference in their competencies. Officership remains about leadership, change, and big picture issues. Warrant officers and Non-commissioned officers still retain the functions of management, stability, and stewardship” (“enquanto ambos alistados e oficiais devem ser altamente profissionalizados em suas tarefas, diferenças continuam existindo em relação a suas competências. A tarefa do oficial continua sendo sobre liderança, mudança, e grandes questões. Os demais mantêm funções de as funções de gestão, estabilidade e administração”) (RYAN, 2017).

<sup>36</sup> Para mais informações sobre compatibilidade entre sistemas, ver Litwiller e Talicuran (2015).

entre forças armadas de diferentes países. Mário Marques (2015) resume bem o conceito em sua reflexão sobre robótica militar:

Interoperability can be defined as the ability of robots to operate in synergy to the execution of assigned missions and the capability of diverse systems and organizations to work together, sharing data, intelligence and resources. The use of interoperability standards implies a secondary advantage. It also facilitates the compatibility with existing or future platforms and Command, Control and Intelligence (C2I) systems from other providers. Interoperability standards provide a common framework, working as the “glue” for unmanned systems (MARQUES, 2015, p. 03).<sup>37</sup>

Ademais, interoperabilidade minimiza “[...] the integration time and development costs by avoiding custom” visto que “[...] a common interface helps to easily integrate new technologies with minor or no modifications to the existing systems, and to expand existing systems with new sensors or capabilities” (MARQUES, 2015, p. 03-04).<sup>38</sup> No nível doméstico dos Estados Unidos, esse tipo de economia é importante também, pois sinaliza o comprometimento das forças armadas com a alocação dos recursos públicos. Em outras palavras, traduz “[...] the military’s way of meeting the Defense Department’s Better Buying Power 2.0 policy, which calls for smart acquisition policies and procedures to save money” (TADJDEH, 2013).<sup>39</sup>

Interoperabilidade é especialmente importante no contexto das relações entre Estados Unidos e OTAN. De fato, a última possui uma série de acordos que regulam o desenvolvimento de políticas e procedimentos comuns no âmbito da organização. A “Military Agency for Standardization” (MAS) foi criada em 1951, justamente como instância responsável pela padronização dessas atividades. Atualmente, a

---

<sup>37</sup> “Interoperabilidade pode ser definida como a capacidade dos robôs operarem em sinergia para executar missões atribuídas e a capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem juntos, compartilhando dados, inteligência e recursos. O uso de padrões de interoperabilidade implica uma vantagem secundária. Também facilita a compatibilidade com plataformas existentes ou futuras e sistemas de Comando, Controle e Inteligência (C2I) de outros provedores. Os padrões de interoperabilidade fornecem uma estrutura comum, funcionando como a ‘cola’ para sistemas não tripulados” (MARQUES, 2015, p. 03).

<sup>38</sup> “O tempo de integração e os custos de desenvolvimento evitando os costumes” visto que “uma interface comum ajuda a integrar facilmente novas tecnologias com pequenas ou nenhuma modificação aos sistemas existentes e a expandir sistemas existentes com novos sensores ou capacidades” (MARQUES, 2015, p. 03-04).

<sup>39</sup> “A maneira dos militares assumirem a política Better Buying Power 2.0 do Departamento de Defesa, que exige políticas e procedimentos de aquisição inteligentes para economizar dinheiro” (TADJDEH, 2013).

responsabilidade de coordenar os esforços de uniformização da OTAN é da chamada “NATO Standardization Agency” (NSA). A NSA é responsável por publicar os “Standardization Agreements” (STANAG), documentos que define “processes, procedures, terms, and conditions for common procedures or equipment between the member countries of the alliance. STANAGs also form the basis for technical interoperability between a wide variety of communication and information systems (CIS)” (MARQUES, 2015, p. 04).<sup>40</sup>

O STANAG 4586 é o documento que busca promover interoperabilidade entre UAS no contexto da OTAN. O acordo começou a ser desenvolvido em 1998, mas sua primeira versão foi ratificada pelos membros apenas em 2004. Desde então, duas novas versões já foram publicadas, em 2007 e 2012, respectivamente. O STANAG 4586 é composto por duas partes. O Anexo A é um glossário dos termos e definições utilizadas no acordo. O Anexo B é o próprio acordo, que detalha as medidas necessárias para “achieve UAV Systems Interoperability through standardizing the interfaces between the Core UCS (CUCS) and the air vehicle, and the CUCS and the external C4I Systems”. Além disso, ele também “specifies the Human Computer Interface (HCI) requirements that the CUCS shall provide to the UAV system operator” (NATO, 2012).<sup>41</sup> Dessa forma, o acordo busca instituir determinados níveis de interoperabilidade não somente entre sistemas atualmente disponíveis, mas também visando a adoção de novas tecnologias no futuro. Na verdade, o STAGNAG 4586 define cinco níveis de interoperabilidade, que variam de acordo com as especificidades de cada CONOP e teatro de operações, e abrangem desde os protocolos de comunicação utilizados pelos sistemas até a interface de comando e controle dos operadores.

O STAGNAG 4586 revela que, uma vez interoperáveis, robôs podem servir de pontes de comunicação importantes, facilitando o entendimento do campo de batalhas, e contribuindo, assim, para o aumento da consciência situacional e para melhores

---

<sup>40</sup> “Processos, procedimentos, termos e condições para procedimentos ou equipamentos comuns entre os países membros da aliança. Os STANAGs também constituem a base para a interoperabilidade técnica entre uma grande variedade de sistemas de comunicação e informação (CIS)” (MARQUES, 2015, p. 04).

<sup>41</sup> “Alcançar a interoperabilidade dos sistemas UAV por meio da padronização das interfaces entre o Core UCS (CUCS) e o veículo aéreo, e o CUCS e os sistemas de C4I externos”. Além disso, ele também “especifica os requisitos da Interface Computador-Humano (HCI) que o CUCS deve fornecer ao operador do sistema UAV” (NATO, 2012).

níveis de comando e controle. Naturalmente, interoperabilidade não depende apenas de acordos militares, mas da concertação entre as necessidades operacionais e o estoque tecnológico disponível em cada país, bem como da articulação entre as forças armadas e os provedores de tecnologias. Por ora, contudo, muitos sistemas continuam sendo gargalos, ou “stovepipes”, que utilizam ligações (“data links”), protocolos de comunicação e de formatação de mensagem exclusivos entre os componentes do próprio sistema e entre as redes de C4I (NATO, 2012, p. 33).

Finalmente, vantagens de interoperabilidade e netware derivadas de sistemas robóticos também impactam as *estruturas operacionais* da força. Ainda de acordo com Raza (2011, p. 19), as estruturas operacionais criam “[...] the ability of military assets to perform operations in support of required tasks”.<sup>42</sup> Sistemas robóticos favorecem a expansão do número de tarefas possíveis que ativos militares podem desempenhar na medida em que substituem trabalho humano e desempenham tarefas que, na maioria das vezes, são demasiadamente maçantes, sujas, ou perigosas – ou “dull, dirty and dangerous”, no jargão norte-americano –, para os soldados. O exemplo mais tradicional, nesse caso, são operações para remoção de artefatos explosivos, para as quais UGS tornaram-se estruturas de (componentes de força → estruturas operacionais →) **combate** fundamentais. A próxima seção tratará mais especificamente dessas e de outras operações.

Além disso, cada vez mais sistemas robóticos têm sido pensados também como estruturas de (componentes de força → estruturas operacionais →) **suporte**. Nas palavras de Michael Horowitz, em entrevista ao jornal “*San Diego Union Tribune*”, “the U.S. military is very likely to pursue forms of automation that reduce ‘back-office’ costs over time, as well as remove soldiers from non-combat deployments where they might face risk from adversaries on fluid battlefields, such as in transportation” (PRINE, 2017).<sup>43</sup> Nesse sentido, é possível que em breve muitas funções logísticas sejam atribuídas a robôs, incluindo a manutenção de inventários e transporte. De fato, o

---

<sup>42</sup> “A capacidade dos ativos militares realizarem operações em apoio às tarefas necessárias” (RAZA, 2011, p. 19).

<sup>43</sup> “É muito provável que os militares dos Estados Unidos busquem formas de automação que reduzam os custos de ‘back-office’ ao longo do tempo, além de remover os soldados de tarefas que não sejam de combate nas quais possam enfrentar riscos impostos por adversários em campos de batalha fluidos, como tarefas de transporte” (PRINE, 2017).

exército dos Estados Unidos vem realizando testes com caminhões autônomos desde 2016 (LILLEY, 2016). Ademais, os militares também já estudam a possibilidade de utilizar robôs para a manutenção de outros sistemas. Com os avanços nas tecnologias de impressão 3D, novos sistemas têm sido desenvolvidos com o objetivo de produzir *in loco* peças de reposição para ativos danificados (DUNCAN, 2016).

#### 4.3.2 Robotização x Conceitos de Emprego<sup>44</sup>

Figura 67 - Recorte do Constructo de Capacidades B: Conceitos de Emprego



Fonte: elaborado pelo autor a partir de Raza (2011).

No que diz respeito aos conceitos de emprego, o processo de robotização afeta diretamente *áreas de missão*. Nos Estados Unidos, isso fica claro pela presença do eixo “robótica” na “third offset strategy”. Nesse sentido, sistemas robóticos atuariam como vetores para projeção de todas as forças singulares norte-americanas. Exatamente quais capacidades são necessárias e como desenvolvê-las, ou os (conceitos de emprego → áreas de missão →) **objetivos e tarefas** necessárias para sua consecução, contudo, ainda estão em discussão.

Paul Scharre (2015e), por exemplo, advoga pelo desenvolvimento e emprego em massa de sistemas miniaturizados. Segundo o autor, o número crescente de países capazes de lançar ataques de precisão aos sistemas de defesa americanos – cada vez mais enxutos em virtude de elevados custos de produção – faz com que seja necessário apostar em quantidade para que o país seja capaz de suportar maiores

<sup>44</sup> O componente *esquemas de controle* foi propositalmente excluído da análise uma vez que exigiria um estudo aprofundada das instituições responsáveis pela implementação do projeto de força em cada país.

níveis de atrito. Mesmo que os sistemas norte-americanos sejam qualitativamente superiores do que os demais, o autor afirma que:

Salvos of enemy missiles threaten to overwhelm the defenses of U.S. ships and air bases. Even if missile defenses can, in principle, intercept incoming missiles, the cost-exchange ratio of attacking missiles to defending interceptors favors the attacker, meaning U.S. adversaries need only purchase more missiles to saturate U.S. defenses (SCHARRE, 2015e).<sup>45</sup>

Nesse contexto, sistemas robóticos miniaturizados ofereceriam um modelo alternativo com o potencial de desagregar sistemas maiores e mais caros em uma série de módulos menores e mais baratos. Grandes enxames de robôs contribuem para o grau de dispersão da força, anulando a deficiência apontada anteriormente, uma vez que oferecem mais alvos potenciais para os inimigos – que, ademais, são obrigados a utilizar mais recursos para neutralizar um grande número de sistemas. A ideia, aqui, é aumentar os custos de operação dos inimigos.

Além disso, enxames substituem o conceito de “grau de sobrevivência da plataforma” pelo conceito de “resiliência do enxame”. Nesse sentido, plataformas individuais não precisam sobreviver, desde que haja um número grande o suficiente delas para garantir que o todo é resiliente a um ataque. Isso está diretamente relacionado a ideia de que segundo esse paradigma nenhuma perda é grande o suficiente para degradar definitivamente a capacidade de combate da força. Em oposição, uma abordagem centrada na plataforma sofreria um grande baque com a perda de um porta-aviões, por exemplo. Finalmente, enxames também permitem saturar as defesas inimigas, visto que, em geral, essas só conseguem atender um número limitado de ameaças em determinada janela de tempo.

Essas vantagens, ainda segundo Scharre (2015e), poderiam ser traduzidas em abordagens originais para o emprego de sistemas robóticos. Por exemplo, o autor chama a atenção para a possibilidade de converter alguns sistemas terrestres já existentes – como HMMWVs e M113s que, segundo ele, não poderão ser utilizados no

---

<sup>45</sup> “Salvos de mísseis inimigos ameaçam esmagar as defesas de navios e bases aéreas estadunidenses. Mesmo que defesas anti-míssil possam, em princípio, interceptar mísseis atacantes, a relação custo-troca entre mísseis atacantes e interceptadores favorece o atacante, o que significa que os adversários dos Estados Unidos precisam apenas comprar mais mísseis para saturar as defesas do país” (SCHARRE, 2015e).

futuro, pois não possuem blindagem suficiente para garantir a segurança dos tripulantes – em robôs por meio do uso de “apliques robóticos”.<sup>46</sup> Isso garantiria às forças armadas uma frota de sistemas terrestres de baixo custo que poderiam ser empregados em diferentes tipos de missões:

Uninhabited ground vehicles could be the vanguard of an advance, allowing robots to be the “contact” part of a “movement to contact.” Robotic vehicles could be used to flush out the enemy, flank or surround them, or launch feinting maneuvers. Uninhabited vehicles could be air-dropped behind enemy lines on suicide missions. Scouting for targets, they could be used by human controllers for direct engagements or could send back coordinates for indirect fire or aerial attacks (SCHARRE, 2015e).<sup>47</sup>

Outra possibilidade levantada pelo autor inclui o uso de UAS e UVV simultaneamente:

Future uninhabited air vehicles, launched from aircraft, ships or submarines, could saturate enemy territory with overwhelming numbers of low-cost, expendable systems. Like D-Day’s “little groups of paratroopers” dropped behind enemy lines, they could sow confusion and wreak havoc on an enemy. Loitering electronic attack weapons could create an electronic storm of jamming, decoys and high-powered microwaves. Small air vehicles could autonomously fly down roads searching for mobile missiles and, once found, relay their coordinates back to human controllers for attack. Such aircraft would be small and would require a means of getting to the fight. This could include submarines parked off an enemy’s coast, uninhabited missile boats that race to the enemy’s coastline before launching their payloads into the air, large bomber or cargo aircraft, or even uninhabited undersea pods (SCHARRE, 2015).<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Mais informações estão disponíveis no sítio da desenvolvedora.

<sup>47</sup> “Os veículos terrestres não tripulados poderiam ser a vanguarda de um avanço, permitindo que os robôs fossem a parte de ‘contato’ de um ‘movimento para entrar em contato’. Os veículos robóticos poderiam ser usados para expulsar o inimigo, flanqueá-lo ou envolvê-lo ou lançar manobras de fante. Os veículos não tripulados poderiam ser lançados além das linhas inimigas em missões suicidas. Localizando alvos, eles poderiam ser usados por controladores humanos para engajamentos diretos ou poderiam enviar coordenadas para ataques indiretos ou aéreos” (SCHARRE, 2015e).

<sup>48</sup> “Futuros veículos aéreos não tripulados, lançados a partir de aeronaves, navios ou submarinos, poderiam saturar o território inimigo com uma quantidade gigantesca de sistemas descartáveis de baixo custo. Assim como os ‘pequenos grupos de pára-quedistas’ do Dia D pousaram além das linhas inimigas, [drones] poderiam semear confusão e causar estragos ao inimigo”.

“Armas de ataque eletrônico poderiam criar uma tempestade eletrônica de interferências, chamarizes e microondas de alta potência. Pequenos veículos aéreos poderiam voar de forma autônoma ao longo de estradas buscando mísseis móveis e, uma vez encontrados, retransmitir suas coordenadas de volta aos controladores humanos para o ataque”.

“Essas aeronaves seriam pequenas e exigiriam um meio de chegar à luta. Isso poderia incluir submarinos estacionados na costa do inimigo, embarcações não tripuladas que correm para o litoral do inimigo antes de lançar suas cargas úteis ao ar, grande bombardeiros ou aviões de carga, ou até mesmo pods submarinos não tripulados” (SCHARRE, 2015e).

A variedade de sistemas atualmente disponíveis permite que os militares disponham de robôs capazes de desempenhar uma larga gama de funções. Especialmente no contexto da “third offset strategy”, a utilidade de sistemas robóticos em cenários de negação de acesso/área (A2/AD) é particularmente notável. Segundo Alexandra Sander (2015) “capabilities like sensor proliferation and unmanned payload delivery allow the U.S. military to both monitor and respond to adversaries’ activities from standoff distances. In this sense, counter-A2AD becomes less about guaranteeing U.S. access to territory and more about denying an adversary the ability to control their own space”.<sup>49</sup> Nesse caso, por exemplo, operações no Pacífico, mais especificamente, contra a China, tornam-se factíveis em função de capacidades proporcionadas por sistemas robóticos. Em outras palavras, a tecnologia, aqui, determina a viabilidade de uma área de missão.

Naturalmente, esses são apenas alguns dos empregos possíveis e alguns dos resultados prováveis oriundos do uso de enxames de robôs. Na medida em que esses cenários forem testados e/ou implementados, seja por meio de simulações, seja por meio de experimentação em campo de batalha, novas abordagens serão descobertas. O segredo, aqui, é casar dois conceitos aparentemente desconexos: massa e tecnologia. Para tanto, contudo, é interessante perceber, mais uma vez, a necessidade de integrar diferentes sistemas para que robôs possam ser considerados, de fato, multiplicadores de força.

Além disso, o debate sobre áreas de missão também permite expandir o universo de análise para inclusão de cenários mais futuristas. Nesse sentido, um cenário do tipo “*Exterminador do Futuro*”, no qual os níveis de autonomia dos sistemas são tão sofisticados que eles passaram a ser uma ameaça para os seres humanos, poderia resultar na necessidade de revisar a própria *raison d’être* do Estado para que esse possa lidar com os desafios colocados por máquinas altamente inteligentes. Por ora, contudo, objetivos e tarefas mais tradicionais, relacionadas à sobrevivência estatal vis-à-vis seus pares, ainda oferece uma melhor fotografia da realidade.

---

<sup>49</sup> “Capacidades como a proliferação de sensores e a entrega de carga útil não tripulada permitem que os militares dos Estados Unidos monitorem e respondam as atividades dos adversários a partir de distâncias seguras. Nesse sentido, o contra-A2AD torna-se menos sobre garantir o acesso dos Estados Unidos ao território e mais sobre negar a um adversário a capacidade de controlar seu próprio espaço” (SANDER, 2015).

De modo geral, *elementos derivativos* oferecem “the criteria for developing guidelines for making decisions about the employment of the force components”, bem como entendimento sobre as necessidades de segurança e defesa de um país (RAZA, 2011, p. 24).<sup>50</sup> O primeiro componente, (conceitos de emprego → elementos derivativos →) **ISR**, é notadamente um dos elementos mais afetados pela robotização, uma vez que os sistemas oferecem uma nova maneira para coleta de dados.

Conforme já colocado, muitos sistemas robóticos, especialmente UAS, foram originalmente desenvolvidos para desempenhar funções de ISR. Atualmente, essa ainda é a sua principal função. O mesmo é válido tanto para sistemas terrestres quanto para sistemas navais. A centralidade da informação para a condução da guerra no século XXI justifica, nesse sentido, a sua proliferação. Além disso, o emprego de robôs ainda está vinculado a uma tendência mais geral, de revisão de antigas práticas de inteligência humana (HUMINT) – baseada na ação de agentes, espões, etc. – em favor da inteligência baseada em sinais (SIGINT).<sup>51</sup> Segundo dados veiculados pelo “*The Intercept*” em 2015, cerca de dois terços dos alvos considerados de “alto valor” (“high value individual”, HVI) no Iêmen e na Somália são identificados com o auxílio de sinais.<sup>52</sup> Robert Martinage (2014) exemplifica o emprego de sistemas aéreos para coleta de inteligência em algumas regiões de interesse para grande estratégia dos Estados Unidos:

In most areas of the world, persistent ISR presence could be generated with non-stealthy Air Force RQ-4 Global Hawk HALE UAVs, Navy MQ-4 Triton broad-area maritime surveillance UAVs, and MQ-9 Reaper MALE UAVs as opposed to somewhat more costly ‘stealthy’ versions of those aircraft, which would be required in mid-to-high threat areas concentrated in Eastern Europe (Russia), the Middle East/Levant (Syria and Iran), and the Western Pacific (China, Russia and North Korea) (MARTINAGE, 2014, p. 40).<sup>53</sup>

---

<sup>50</sup> “Os critérios para o desenvolvimento de diretrizes para tomar decisões sobre o emprego dos componentes da força” (RAZA, 2011, p. 24).

<sup>51</sup> Outro indicativo dessa tendência é a ciberespionagem.

<sup>52</sup> Dados disponíveis no sítio do “*The Intercept*” (2015).

<sup>53</sup> “Na maior parte do mundo, a presença permanente de ISR poderia ser gerada com os RQ-4 Global Hawk HALE da Força Aérea, com o MQ-4 Triton da Marinha e com o MQ-9 Reaper MALE tradicionais, ao invés de versões mais dispendiosas e ‘invisíveis’ dessas aeronaves, que seriam necessárias em áreas de média e alta ameaça concentradas na Europa Oriental (Rússia), no Oriente Médio/Levante (Síria e Irã) e no Pacífico Ocidental (China, Rússia e Coreia do Norte)” (MARTINAGE, 2014, p. 40). Além disso, vale notar que a área de atuação de drones estadunidenses têm se expandido para além de zonas diretamente envolvidas em conflitos. Para mais detalhes, ver Whitlock (2013).

O processo de revisão das práticas de inteligência mencionado anteriormente, contudo, traz consigo algumas dificuldades. Uma delas diz respeito à necessidade de armazenar e processar quantidades cada vez maiores e mais diversificadas de dados. Segundo o “*The New York Times*” (DREW, 2010), a USAF produziu, apenas em 2009, mais de 210 mil horas (ou cerca de 24 anos) de vídeo a partir de UAS atuando sobre o Afeganistão e o Iraque. Isso significa que os serviços militares e de inteligência devem não apenas ser capazes de estocar informação, mas também de analisá-la e de garantir a sua segurança. O processo, naturalmente, vem acompanhado de custos. Não obstante o emprego de técnicas de mineração de dados, o processamento de dados brutos muitas vezes requer que sejam mantidos agentes humanos capazes de separar informação relevante de informação irrelevante. Nas palavras do Lt. Col. Brendan Harris, da USAF, em entrevista para o mesmo “*The New York Times*” (DREW, 2010), “you need somebody who's trained and is accountable in recognizing that that is a woman, that is a child, and that is someone who's carrying a weapon”.<sup>54</sup>

A fim de superar essas dificuldades, as forças armadas dos Estados Unidos têm buscado formas para prevenir um cenário no qual excesso de informação gera paralisia nos processos decisórios (SHANKER; RICHTELL, 2011). Dentre elas está o estabelecimento de parcerias com grandes empresas de comunicação e de TI para o provimento de soluções de processamento de imagens e de dados. A USAF, por exemplo, voltou-se para a indústria de televisão “to learn how to quickly share video clips and display a mix of data in ways that make analysis faster and easier” (DREW, 2010).<sup>55</sup> O Departamento de Defesa, por sua vez, tem trabalhado com empresas como a IBM a fim de adquirir a tecnologia necessária para implementar processos de big data, Segundo Jon Schwarz (2015), os documentos revelam “a rare, peculiar cultural artifact that opens a window into the deep guts of the military-industrial complex, where

---

<sup>54</sup> “Você precisa de alguém treinado e responsável para reconhecer que aquilo é uma mulher, que aquilo é uma criança, e que aquilo é alguém que está carregando uma arma” (DREW, 2010).

<sup>55</sup> “Para aprender a compartilhar rapidamente vídeos e exibir uma amálgama de dados de forma que a análise se torne mais rápida e fácil” (DREW, 2010).

the technologies of assassination and corporate sales converge, all described in language as dead as the target of an ISR platform kinetic engagement”.<sup>56</sup>

Conforme mencionado na seção anterior, sistemas robóticos vêm sendo utilizados para realização de diferentes tipos de (conceitos de emprego → elementos derivativos →) **operações**. Na ocorrência de um evento tão adverso aos seres humanos como a guerra, o emprego de robôs não apenas pode salvar vidas, mas também dar origem a novos conceitos de emprego, muitos dos quais seriam impraticáveis caso soldados estivessem em risco. Alguns dos melhores exemplos disso vêm da Guerra do Iraque, e envolvem o uso de todos os tipos de robôs.

O emprego de UGS para a remoção de artefatos explosivos improvisados (“improvised explosive device”, ou IED) ilustra bem a forma como sistemas robóticos contribuem para a realização de operações militares consideradas “maçantes, sujas, ou perigosas”. O uso de bombas de fabricação caseira é uma prática comum entre grupos insurgentes em cenários de guerra irregular complexa. Além de matar e incapacitar soldados e equipamentos, explosivos improvisados, assim como minas terrestres, também limitam e/ou retardam a ação das tropas em solo. Dependendo da quantidade de explosivos contida em uma bomba, o raio da explosão pode chegar a 45 metros. Muitas vezes, a pressão gerada e os fragmentos do artefato podem ser sentidos até 1,5 quilômetros de distância. Segundo dados de Peter Singer (2009), entre 2003 e 2006, cerca de 2500 ataques com IEDs foram registrados por mês no Iraque. Somente no primeiro ano de conflito foram 5607 ocorrências. Nesse contexto, IEDs tornaram-se a maior causa de baixas entre as tropas de coalizão norte-americanas: dos pouco mais de três mil homens mortos em combate no Iraque no período em questão, quase dois mil, ou 63%, foram vítimas de IEDs (MORE ATTACKS..., 2007). Além disso, artefatos improvisados também foram responsáveis pela morte de inúmeros civis iraquianos. Em virtude disso, as equipes de remoção de explosivos tornaram-se um dos ativos mais importantes no país. Nas palavras de Singer (2009), “in a typical tour in Iraq, each EOD team would go on more than 600 calls, defusing or safely exploding about two devices a

---

<sup>56</sup> “Um artefato cultural raro e peculiar que abre uma janela para as entranhas profundas do complexo militar-industrial, onde as tecnologias de assassinato e as vendas corporativas convergem, descritas em linguagem tão fria quanto o alvo de um envolvimento cinético de plataforma ISR” (SCHWARZ, 2015).

day”.<sup>57</sup> Também por isso, sistemas terrestres foram os primeiros robôs a entrar em operação no Iraque.

O já citado Packbot foi um dos primeiros UGS a operar no Oriente Médio. Antes de ser posto à prova no Iraque, o sistema foi utilizado para avaliar os impactos dos atentados no World Trade Center em 2001. Mais tarde, o mesmo sistema foi utilizado para avaliação dos reatores nucleares de Fukushima, depois que um maremoto destruiu as instalações em 2011 (DRELL, 2011). Além do Packbot, outros sistemas terrestres, como o TALON e o SWORDS, também debutaram no Iraque.<sup>58</sup> Estima-se que ao final de 2012 cerca de dez mil UGS estavam em operação no país (SINGER, 2012).

Em 2010, o ex-Vice Almirante e então responsável pelas operações da iRobot, a empresa responsável pela produção do Packbot, Joseph Dyer, em entrevista para “*Scientific American*”, resumiu bem a maneira como UGS são utilizados para operações de remoção de IEDs:

Normally, troops will be told about an explosive device or actually find an IED. These soldiers will then call in the threat to specialists who investigate and possibly engage the IED with the aid of a robot, which can be used to send video of the device to an EOD team standing out of the device's range and/or to dispose of the device. In both Iraq and Afghanistan, because of the proliferation of IEDs and the fact that you don't have enough EOD troops to be everywhere they're needed, there's also a strong desire for non-EOD teams to use robots for what's known as route clearance, where the robots will help identify and possibly clear roadside IEDs. During the next phase of use, robots will not just be focused on IEDs or road clearance but rather on becoming a real player in the infantry (GREENEMEIER, 2010).<sup>59</sup>

<sup>57</sup> “Em uma excursão típica no Iraque, cada equipe do EOD atenderia mais de 600 chamadas, desarmando ou explodindo com segurança cerca de dois dispositivos por dia” (SINGER, 2009).

<sup>58</sup> O caso do SWORDS é controverso. O sistema foi o primeiro UGS armado a ser colocado em operação. O SWORDS (“Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System”) é uma versão modificada do TALON, um sistema originalmente desenvolvido para remoção de artefatos explosivos. Mais especificamente, três unidades equipadas com metralhadoras M249 de 5.56mm foram alocadas no Iraque em junho de 2007. Pouco tempo depois, os robôs foram recolhidos. Segundo relatos, eles teriam disparado contra seres humanos – mais especificamente, contra soldados americanos – sem autorização. O caso é controverso pois foi oficialmente desmentido tanto pela empresa responsável pelo sistema – a britânica Foster Miller/Qinetiq – quanto por oficiais estadunidenses (PAGE, 2008; POPULAR MECHANICS, 2009).

<sup>59</sup> “Normalmente, as tropas serão informadas sobre um dispositivo explosivo ou encontrarão um IED. Esses soldados levarão a ameaça para especialistas que investigam e possivelmente engajam o IED com o auxílio de um robô, que pode ser usado para enviar o vídeo do dispositivo para uma equipe de EOD além do alcance do dispositivo e/ou do descarte do dispositivo. Tanto no Iraque como no Afeganistão, por causa da proliferação de IEDs e dado fato de que você não tem suficientes tropas de EOD para estar em todos os lugares que são necessários, há também um forte desejo de que equipes não-EOD usem robôs

A vantagem imediata do emprego de UGS neste tipo de operação é evidente: menos baixas humanas. Segundo relato de Brian Castner, ex-oficial para remoção de bombas do Exército dos Estados Unidos, “every blown up robot meant that somebody lived” (ANDERSON; LA MAR, 2015).<sup>60</sup> Contudo, o Packbot é uma plataforma versátil, capaz de desempenhar uma série outras funções. Graças à já mencionada possibilidade de equipar sistemas robóticos com “pacotes”, uma série de projetos tem estudado a possibilidade de transformar o Packbot em um sistema para detecção de radiação, para remoção e transporte de feridos, entre outros. Há, inclusive, projetos que buscam equipá-los com um “sistema de mobilidade aérea”, transformando-o em um híbrido entre um UGS e um UAS (YAMAUCHI, 2004).

As primeiras experiências de emprego com sucesso de UUS também vêm da Guerra do Iraque, especialmente das primeiras fases da Operação “Iraqi Freedom”. Assim como a sua contraparte terrestre, o REMUS (“Remote Environmental Monitoring Unit S”)<sup>61</sup> foi igualmente utilizado “in mine hunting operations where humans and marine mammals could not operate effectively, i.e., in strong currents and extreme low visibility. Navy experts estimated that the use of UUVs expedited the clearance of the waterway by almost a week” (BOYNE, 2003, p. 136).<sup>62</sup> Além disso, o sistema também foi empregado para mapear determinadas regiões e identificar locais seguros para ação de mergulhadores no Golfo Pérsico.

Nenhum tipo de operação, contudo, foi tão impactada pela robotização quanto àquelas que envolvem a aquisição de dados de inteligência e o monitoramento de pessoas e regiões. O maior responsável pela popularização dos UAS, nesse contexto, foi o Predator. Richard Whittle, em entrevista concedida para Daniel Terdiman (2014), chama atenção para a importância histórica do Predator afirmando que antes dele:

---

para o que é conhecido como limpeza de rota, onde os robôs ajudarão a identificar e, possivelmente, limpar os IED da estrada. Durante a próxima fase de uso, os robôs não serão apenas focados em IEDs ou limpeza de estradas, mas se tornarão um jogador real na infantaria” (GREENEMEIER, 2010).

<sup>60</sup> “Cada robô explodido significou que alguém sobreviveu” (ANDERSON; LA MAR, 2015).

<sup>61</sup> O REMUS foi originalmente desenvolvido como um sistema para monitoramento costeiro. Diferentemente do Packbot, ele não é capaz de desarmar artefatos explosivos, mas pode identificá-los, facilitando o processo de varredura de minas aquáticas.

<sup>62</sup> “Em operações de limpeza de minas, nas quais tanto seres humanos, quanto mamíferos marinhos não poderiam operar eficientemente devido a correntes muito fortes e visibilidade extremamente baixa. Os especialistas da Marinha estimaram que o uso de UUVs acelerou a limpeza da via navegável em quase uma semana” (BOYNE, 2013, p. 136).

Drones were at best a niche technology, unreliable and largely unconnected to anyone other than their operators. The new capabilities the Predator offered changed the way military people thought about unmanned aircraft, resulting in a drone revolution that has changed the way we wage war, altered the military, altered the CIA, reshaped the defense and aviation industries and is spreading in the civilian world faster than the Federal Aviation Administration can govern it (TERDIMAN, 2014).<sup>63</sup>

O sistema começou a ser produzido em 1996 e foi originalmente batizado de Predator RQ-1. Fred Kaplan (2016) explica que o “R” em “RQ-1” significava “reconhecimento”, já que até aquele momento “this drone was purely an intelligence tool, transmitting video footage back to base”. Em 2001, o sistema tornou-se “the first weapon in history whose operators could use it to stalk and kill a single individual on the other side of the planet” (TERDIMAN, 2014).<sup>64</sup>

Atualmente, cada unidade do Predator, cujos estágios iniciais de desenvolvimento se deram em uma garagem nos subúrbios de Los Angeles (WHITTLE, 2013), custa entre US\$ 4,5 e US\$ 20 milhões – uma bagatela se comparado ao custo mínimo de US\$ 137 milhões de um F-22 Raptor (AXE, 2011; USAF, 2015). O baixo custo e a ausência de piloto permitem que o Predator seja empregado em operações nas quais há grande risco de que a aeronave seja abatida, como, por exemplo, missões de reconhecimento em baixas altitudes e velocidades.

Peter Singer (2009, p. 34) descreve como se dava o emprego do Predator no início das operações do Iraque:

A typical reconnaissance operation in Iraq involves the Predator circling over a city like Baghdad from five miles up. The pilots communicate with commanders, flight coordinators, intelligence teams (who might be located in the region or back in the States), and even troops on the ground via e-mail or radio. [...] If the enemy is spotted, the Predator can orchestrate the attack, pointing its laser at

---

<sup>63</sup> “Os drones eram, na melhor das hipóteses, uma tecnologia de nicho, não confiável e em grande parte desconectada de qualquer pessoa que não fosse seus operadores. As novas capacidades oferecidas pelo Predator mudaram a forma como os militares pensavam as aeronaves não tripuladas, resultando em uma revolução que mudou a forma como travamos a guerra, alterou as forças armadas, alterou a CIA, reformulou as indústrias de defesa e aviação e está se espalhando no mundo civil mais rápido do que a Administração Federal de Aviação pode lidar” (TERDIMAN, 2014).

<sup>64</sup> “Este drone era puramente uma ferramenta de inteligênci transmitindo sequências de vídeo de volta à base”. Em 2001, o sistema tornou-se “a primeira arma na história cujos operadores poderiam utilizar para perseguir e matar um indivíduo do outro lado do planeta” (TERDIMAN, 2014).

targets and even warning the troops if there are any ‘squirters,’ bad guys running away (SINGER, 2009, p. 34).<sup>65</sup>

O relato revela uma característica importante dos sistemas robóticos, já mencionada anteriormente: a possibilidade de adaptá-los a novos conceitos de emprego. O Predator não era um sistema originalmente armado. A necessidade de armá-lo surgiu a partir de seu emprego continuado no Oriente Médio.<sup>66</sup> O processo,

<sup>65</sup> “Uma operação de reconhecimento típica no Iraque envolve o Predator circulando a partir de cinco milhas acima de uma cidade como Bagdá. Os pilotos se comunicam com comandantes, coordenadores de voo, equipes de inteligência (que podem estar localizados na região ou nos Estados Unidos), e até mesmo tropas no terreno via e-mail ou rádio. [...] Se o inimigo é avistado, o Predator pode orquestrar o ataque, apontando seu laser em alvos e até mesmo advertindo as tropas se houver algum ‘squirters’, um ‘bandidos em fuga’” (SINGER, 2009, p. 34).

<sup>66</sup> A história do Predator é repleta de fatos curiosos. Segundo diversos relatos (SINGER, 2009; WHITTLE, 2013; MICHEL, 2015; KAPLAN, 2016), uma das primeiras missões do sistema foi monitorar o então líder do grupo terrorista al-Qaeda, Osama Bin Laden, mais tarde responsabilizado pelos ataques em solo estadunidense. Aproximadamente um ano antes dos atentados, em setembro de 2000, um Predator avistou Bin Laden perto da cidade de Kandahar, no Afeganistão. Na ocasião, o responsável pela operação “assumed a cruise missile would be dispatched in the direction of Bin Laden while the Predator loitered overhead to make sure he stayed put” (“considerando que um míssil de cruzeiro seria lançado na direção de Bin Laden enquanto o Predator sobrevoava a região para assegurar que ele ficaria ali”) (MICHEL, 2015). Por razões ainda desconhecidas, isso jamais ocorreu e, ainda de acordo com Michel (2015), “America’s final chance to kill Bin Laden before September 11 slipped away” (“a última chance dos Estados Unidos matarem Bin Laden antes do 11 de Setembro foi perdida”). Contudo, Kaplan (2016) sugere que alguns fatores políticos podem ter sido a causa dessa decisão, já que “top Air Force officers didn’t want to use Predators to kill Bin Laden because the United States wasn’t officially at war with Afghanistan or with al-Qaida. Top CIA officials were leery of the notion as well: they felt an intelligence agency shouldn’t take military action” (“oficiais da Força Aérea não queriam utilizar Predators para matar Bin Laden porque os Estados Unidos não estava oficialmente em Guerra com o Afeganistão ou com a al-Qaida. Oficiais da CIA também estavam desconfiados com a ideia: acreditavam que uma agência de inteligência não deveria executar ações militares”).

O incidente, contudo, chamou atenção da equipe responsável pelo desenvolvimento do Predator para possibilidade de armá-lo. A ideia já estava sendo discutida desde 1999, e o incidente com Bin Laden catalisou o processo: “since the Predator already could direct missiles at targets with its lasers, the only difference is that the drone would carry its own, instead of having to rely on the kindness of strangers to blow up those below” (“já que o Predator já podia direcionar mísseis a alvos com seus lasers, a única diferença é que o drone passaria a carregar os seus próprios ao invés de ter de contar com a gentileza de um estranho para explodir aqueles abaixo de si”) (SINGER, 2009, p. 34). Dessa maneira, ainda segundo o relato de Michel (2015), a equipe responsável pelo sistema “briefly considered packing the Predator with explosives and flying it directly into its targets, but a projectile that chugged along at highway speed was too slow to reliably surprise anyone. [O time] needed a weapon that was small enough to fit on the Predator’s delicate wings but powerful and precise enough to destroy a car or a person from high in the air. Eventually they settled on the Hellfire, the Army’s low-altitude, laser-guided helicopter missile. But the technical challenges of taking an antitank weapon designed to be fired from no higher than 2,000 feet and converting it into an antipersonnel missile that would be shot from above 10,000 feet were considerable. Among other things, the Predator would need a new forward-looking infrared camera, the team would need to recode the guidance systems on each missile, and someone was going to have to figure out how to give an armor-piercing munition the kind of grenade-like, shrapnel-spewing blast that would be effective at killing humans” (“considerou brevemente empacotar o Predator com explosivos e lança-lo diretamente contra seus alvos, mas um projétil ruidoso era muito lento para surpreender de forma confiável qualquer um. [O time] precisava de uma arma que fosse pequena o

contudo, que levaria à formalização dos já citados assassinatos extrajudiciais, enfrentou diversos entraves institucionais. Kaplan (2016) afirma que àquele tempo “most Air Force officers were still dubious of the new weapon, some because they doubted it would respond to signals from halfway across the world, others because the weapon’s very nature (a slow, unmanned, hovering aircraft) was anathema to the dominant Air Force culture (which cherished fast, manned jet fighters)”.<sup>67</sup> Esse tipo de reação é comum na história, e se justifica também pelas mudanças organizacionais que a introdução do Predator trouxe consigo para as unidades que os utilizam. Enquanto as equipes de solo e mecânica se deslocam com a aeronave para o teatro de operações, os pilotos permanecem nos Estados Unidos, trabalhando a distância a partir de furgões localizados principalmente nas bases de Nellis e de Creech, ambas no estado de Nevada.<sup>68</sup>

Ademais, o ceticismo também se justifica em função do tempo que uma tecnologia leva para amadurecer. Muitas vezes, os militares preferem empregar soluções mais antigas, mas mais confiáveis do que novas tecnologias que podem falhar a qualquer momento. Notadamente, determinado grau de ceticismo pode ser salutar para a força, uma vez que esse sensibiliza os planejadores sobre a necessidade de avaliar com cautela qualquer processo de aquisição, desenvolvimento, ou implementação de uma nova tecnologia. Isso é importante, também, para a consolidação de uma doutrina, já que “new doctrine and tactics cannot be created in a vacuum. Warfighters often need to learn the specific capabilities and limitations of a new

---

suficiente para caber nas asas delicadas do Predator, mas poderosa e precisa o suficiente para destruir um carro ou uma pessoa do do ar. Eventualmente, eles instalaram o Hellfire, o míssil de baixa-altitude de helicóptero guiado a laser Exército. Mas os desafios técnicos de tomar uma arma antitanque projetada para ser lançada de não mais de 2.000 pés e convertê-lo em um míssil anti-pessoal que seria disparado de mais de 10.000 pés foram consideráveis. Entre outras coisas, o Predator precisaria de uma nova câmera infravermelha voltada para frente, a equipe precisaria recodificar os sistemas de guiagem em cada míssil e alguém teria que descobrir como dar a uma munição de perfuração de blindagem o tipo de explosão com estilhaços que seria eficaz para matar seres humanos”).

<sup>67</sup> “A maioria dos oficiais da Força Aérea ainda tinha dúvidas sobre a nova arma, alguns porque duvidavam que respondesse a sinais enviados do outro lado do mundo, outros porque a própria natureza da arma (um avião lento, não tripulado e capaz de pairar no ar) era um anátema para a cultura dominante da Força Aérea (que advogava por jatos rápidos e tripulados)” (KAPLAN, 2016).

<sup>68</sup> Essa decisão foi influenciada pela dificuldade de justificar política e juridicamente a manutenção de bases e a alocação de tropas americanas fora do território dos Estados Unidos. Originalmente, os Predator eram comandados a partir da base aérea de Ramstein, na Alemanha. Uma vez que os sistemas foram armados, contudo, o governo alemão passou a questionar a legalidade das operações, o que fez com que os centros de comando fossem transferidos para o território estadunidense (MICHEL 2015).

technology in order to understand how it might be employed, and experimentation may uncover new, serendipitous uses” (SCHARRE, 2014, p. 35).<sup>69</sup> Por outro lado, mesmo tecnologias cujo emprego é considerado aprioristicamente “arriscado” não podem melhorar sem que sejam sujeitas a experimentações.

Por isso, diversos esforços têm sido realizados no sentido de desenvolver novos conceitos de emprego para sistemas robóticos. O Exército dos Estados Unidos, por exemplo, tem estudado o uso de dois sistemas, o MQ-1C Gray Eagle e o RQ-7 Shadow, em conjunto com o helicóptero de ataque AH-64 Apache. A ideia é utilizar os robôs em missões de reconhecimento, integrando seus sistemas com o Apache para que a tripulação do último tenha acesso a dados mais precisos sobre seus alvos. Até 2014, a função de reconhecimento era desempenhada por um helicóptero tripulado, o OH-58 Kiowa, descomissionado naquele ano.<sup>70</sup> Outro conceito atualmente em teste envolve o emprego de sistemas aéreos miniaturizados capazes de emitir sinais eletromagnéticos que interferem no funcionamento de radares e sistemas de defesa inimigos. Dentre estes sistemas está o MALD (“miniature air-launched decoy”). O conceito não é necessariamente novo, mas a possibilidade de utilizar robôs desenvolvidos especialmente para realizar esse tipo de missão é inédita. O emprego de “iscas” como o MALD não apenas obriga o inimigo a revelar a posição de suas defesas e a gastar munição, mas diminui o risco para os tripulantes de veículos tradicionais.

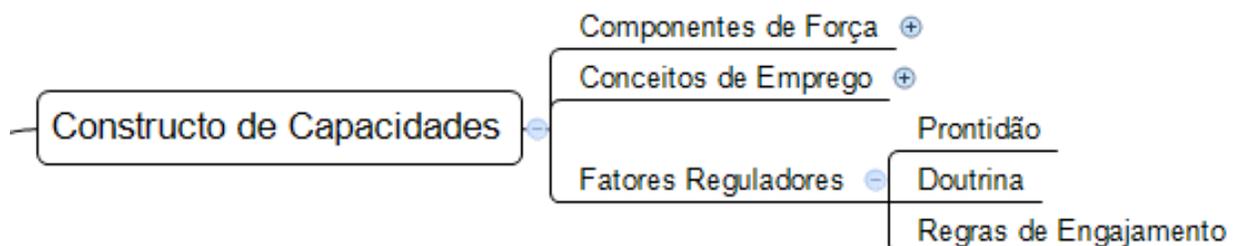
---

<sup>69</sup> “Novas doutrinas e táticas não podem ser criadas no vácuo. Os guerreiros muitas vezes precisam aprender as capacidades e limitações específicas de uma nova tecnologia, a fim de entender como ela pode ser empregada, e a experimentação pode revelar novos e serendipitos usos” (SCHARRE, 2014, p. 35).

<sup>70</sup> Diferentemente do AH-64 Apache, o OH-58 Kiowa tem capacidade para realizar tanto missões de reconhecimento, quanto missões de ataque. Segundo alguns analistas, o seu descomissionamento gerou um problema tático para o Exército dos Estados Unidos, uma vez que o Apache ainda não está pronto para operar com os robôs de forma integrada. Segundo o Maj. Gen. William Gayler, em entrevista para o sítio “*Defense News*”, “as we continue to develop tactics, techniques and procedures for how to best use that combination [...] it is still readily apparent that the most critical gap right now for the Army is a light armed reconnaissance helicopter that has the ability to fight for information about terrain and the enemy, that enables the ground force commanders, that gives decision space and maneuver room and reaction time” (“à medida que continuamos a desenvolver táticas, técnicas e procedimentos para melhor usar essa combinação [...], ainda é evidente que a lacuna mais crítica agora para o Exército é um helicóptero de reconhecimento leve armado que tenha a capacidade de lutar por informações sobre o terreno e o inimigo, que capacite os comandantes da força terrestre, que dê espaço à decisão e espaço de manobra e tempo de reação”) (JUDSON, 2017). A decisão tem sido alvo de críticas por parte da mídia especializada. Enquanto, nas palavras do analista Tyler Rogoway (2017), o Exército continua “whining about how badly they need an armed scout helicopter” (“chorando sobre como querem um helicóptero de patrulha”), uma solução para a questão ainda não foi encontrada.

### 4.3.3 Robotização x Fatores Reguladores

Figura 7 - Recorte do Constructo de Capacidades C: Fatores Reguladores



Fonte: elaborado pelo autor a partir de Raza (2011).

Finalmente, a análise se volta aos componentes que configuram *fatores reguladores*. Os níveis de (fatores reguladores →) **prontidão** determinam a habilidade de a força militar combater e alcançar os objetivos de segurança e/ou defesa nacionais. O conceito é multidimensional e relativamente difuso, podendo ser considerado “a three-legged stool” (DUNN III, 2013). Nesse sentido, prontidão depende do balanço correto entre pessoal, equipamento e treinamento.

A priori, a ideia de que sistemas robóticos geram impactos positivos nos níveis de prontidão das forças armadas parece correta, especialmente em um contexto de emprego massivo de UAS. Isso porque, conforme se viu, a principal função desses sistemas é a realização de ISR, que, por sua vez, pode ser traduzida em um maior entendimento das capacidades inimigas e do teatro de operações. Contudo, a relação entre tecnologia e prontidão não é sempre direta.

Desde que iniciaram os debates sobre a “third offset strategy”, muitos analistas e militares têm chamado atenção para a baixa prontidão das forças armadas dos Estados Unidos. Segundo eles, a despeito da própria estratégia, os cortes no orçamento de defesa dos últimos anos, especialmente o “*Budget Defense Act*” de 2011, que limitou os gastos com defesa até 2021, minaram a vantagem estadunidense sobre possíveis adversários.

No início de 2017, o novo Secretário de Defesa, James Mattis, sinalizou como a falta de prontidão das forças armadas dos Estados Unidos pode vir a degradar o nível de dissuasão convencional do país. De acordo com o relato de Brendan Thomas-Noone

(2017), “poor military readiness – through a low level of consistent training and tempo of operations, poor upkeep of military equipment and disorganization – in the General’s view has risked the American military becoming a hollow force”.<sup>71</sup> Por isso, o ex-General explicitou sua vontade de pôr em prática uma reforma profunda no Departamento de Defesa. Segundo análise de Loren Thompson (2017b), se o plano do Secretário receber os recursos necessários, ele “would reverse a steady erosion of the joint force's warfighting edge that resulted from caps on military spending during the Obama years. In fact, the plan may usher in a surge of spending on new military technology unlike anything seen since the Reagan years”.<sup>72</sup>

Vale lembrar, contudo, que a ênfase em inovação e na aquisição de novos sistemas também vem acompanhada de riscos, graças à tendência de “equate technological innovation with positive change [that] often misses the myriad costs and challenges that accompany major overhauls” (ANDREWS; MCDONALD, 2016).<sup>73</sup> Muitos desses desafios já foram abordados nas seções anteriores. Gregory Dunn (2014) ilustra bem essa ideia ao relatar o processo de implementação de um tipo de veículo blindado (“mine resistant ambush protected vehicles”, MRAPs) pelas forças armadas estadunidenses. Entre 2007 e 2012, o Departamento de Defesa investiu cerca de US\$ 50 bilhões no programa. Hoje, contudo, mais de metade da frota está descomissionada. Segundo a visão do autor, o relato:

Illustrates a growing trend in modern warfare: the incredible difficulty of deploying forces for any mission, given the dramatic specialization of technology required to perform any given mission. MRAPs were a critical tool for a very specific job – counterinsurgency in Iraq and Afghanistan. But, in a manner increasingly consistent with modern conflict, they were a technology so specialized that they have little to no utility in other contexts (DUNN, 2014).<sup>74</sup>

---

<sup>71</sup> “Baixa prontidão militar – por meio de baixos níveis de treinamento consistente e de tempo de operações, má manutenção do equipamento militar e desorganização – do ponto de vista do general coloca as forças armadas americanas em risco de se tornarem ocas” (THOMAS-NOONE, 2017).

<sup>72</sup> “Inverteria a erosão constante da vantagem combatente das forças conjuntas que resultou de cortes em gastos militares durante os anos de Obama. Na verdade, o plano pode inaugurar uma onda de gastos em novas tecnologias militares diferente de tudo visto desde os anos Reagan” (THOMPSON, 2017).

<sup>73</sup> “Equiparar a inovação tecnológica com mudanças positivas [que] muitas vezes perde a miríade de custos e desafios que acompanham grandes revisões” (ANDREWS; MCDONALD, 2016).

<sup>74</sup> “Ilustra uma tendência crescente na guerra moderna: a incrível dificuldade de implantar forças para qualquer missão, dada a especialização dramática de tecnologia necessária para realizar qualquer missão. Os MRAPs eram uma ferramenta crítica para um trabalho muito específico - contra-insurgência no Iraque e no Afeganistão. Mas, de uma maneira cada vez mais consistente com o conflito moderno,

A fala do Secretário desencadeou uma série de críticas em relação à situação atual das forças armadas por parte de diversos oficiais, especialmente da Marinha, que têm advogado em favor de novos investimentos junto ao Congresso. O Vice Chefe de Operações Navais, Almirante William Moran, por exemplo, veio a público afirmar que “our long-term readiness continues its insidious decline”. Além disso, complementou sua fala dizendo que “while we are still able to put our first team on the field, our bench is largely depleted” (O'REILLY, 2017).<sup>75</sup>

As revelações do Almirante Moran fizeram com que a USNAVY se manifestasse por meio de um memorando, solicitando que seu pessoal assegure que “we are not giving away our competitive edge by sharing too much information publicly”. O documento vai além, e coloca que “sharing information about future operations and capabilities, even at the unclassified level, makes it easier for potential adversaries to gain an advantage” (FREEDBERG JR., 2017).<sup>76</sup>

Sistemas robóticos estão aos poucos sendo incorporados na (fatores reguladores →) **doutrina** norte-americana. No contexto da ainda em curso Guerra ao Terror, UAS têm sido considerados a principal ferramenta para ataques preemptivos em diversas partes do mundo. Por isso, a doutrina para esses sistemas é de longe a mais bem-acabada. Dentre os documentos oficiais disponibilizados nos últimos anos destaca-se o “*U.S. Army UAS Roadmap 2010-2035*”. Elaborado pelo “Training and Doctrine Command” (TRADOC), o documento determina como o Exército “will develop, organize and employ UAS across the full spectrum of military operations” (TRADOC, 2010, p. 01). Além disso, o TRADOC e o “Army’s Capability and Integration Center” (ARCIC) estão trabalhando conjuntamente em uma estratégia geral para robótica e sistemas autônomos. A conclusão do documento, que originalmente seria lançado em

---

eles eram uma tecnologia tão especializada que têm pouca ou nenhuma utilidade em outros contextos” (DUNN, 2014).

<sup>75</sup> “Nossa prontidão a longo prazo continua seu declínio insidioso”. Além disso, complementou sua fala dizendo que “enquanto ainda podemos colocar nossa primeira equipe no campo, nosso banco está primariamente esgotado” (O'REILLY, 2017).

<sup>76</sup> “Não estamos entregando nossa vantagem competitiva pelo compartilhamento público de muitas informações”. O documento vai além, e coloca que “compartilhar informações sobre operações e capacidades futuras, mesmo no nível não classificado, torna mais fácil para adversários potenciais obterem uma vantagem” (FREEDBERG JR., 2017).

2016, aparentemente foi postergada (VERGUN, 2015; JUDSON, 2016a; JUDSON, 2016b).<sup>77</sup>

A maior parte do debate internacional sobre sistemas robóticos está diretamente relacionada com as (fatores reguladores →) **regras de engajamento**. Desde que o Relator Especial para Execuções Extrajudiciais, Christof Heyns, solicitou à comunidade internacional um intervalo no desenvolvimento, produção e emprego do que chamou de “robôs autônomos letais” em 2013, diferentes atores têm se engajado em discussões sobre os limites para o uso dessas tecnologias. Nesse contexto, diversos movimentos – como a “*Campaign to Stop Killer Robots*” – surgiram com o objetivo de questionar a legalidade de ataques com drones, por exemplo, bem como refletir sobre a ética e moralidade de empregar sistemas robóticos na guerra.

Na “*UN Convention on Certain Conventional Weapons Fifth Review Conference*”, ocorrida em Genebra no fim de 2016, 123 países concordaram em formalizar seus esforços para lidar com os riscos oriundos de sistemas de armas capazes de selecionar e atacar alvos sem “meaningful human control” (HUMAN RIGHTS WATCH, 2016; CAMPAIGN TO STOP KILLER ROBOTS, 2016). De acordo com o sítio da “Human Rights Watch”, esse pode ser um passo importante em direção ao banimento desse tipo de sistema no futuro.

Apesar da pressão social e midiática causada por essas iniciativas, não há indicativos de que grandes potências que detêm sistemas robóticos armados, como os Estados Unidos ou Israel, venham a revisar suas políticas de desenvolvimento e de emprego. Isso é ainda mais importante, uma vez que banimentos podem congelar a distribuição de poder no sistema internacional, agravando as diferenças de capacidades entre os países que detêm e os que não detêm tecnologias.

#### 4.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

Compreender de que forma os Estados Unidos tem lidado com sistemas robóticos pode auxiliar outros países a ajustar as suas próprias capacidades militares.

---

<sup>77</sup> A quantidade de literatura e de documentação disponíveis reflete a maturidade tecnológica do sistema em questão. Nesse sentido, é natural que haja maior material disponível sobre UAS do que sobre UUS, por exemplo, visto que os primeiros estão em um estágio mais avançado de desenvolvimento.

Para tanto, contudo, é necessário considerar o fenômeno da robotização de forma ampla. Nesse sentido, a metodologia do desenho de força, mais especificamente o Constructo de Capacidades, permanece sendo uma ferramenta interessante para articular as dimensões relevantes para o planejamento militar. Conforme se viu ao longo do capítulo, sistemas robóticos são uma variável interveniente em todos os elementos do modelo. Isso reforça a ideia de que tecnologia é um ativo relevante para o planejamento militar, e para geração e manutenção de capacidades. O caso estadunidense, mais especificamente ilustrado a partir da “third offset strategy”, revela a impossibilidade de dissociar tecnologia de guerra e a centralidade dos sistemas robóticos para as operações militares atuais e futuras.

Não obstante, mesmo nos Estados Unidos, muitas questões relativas ao emprego de robôs militares permanecem em aberto. Por um lado, isso revela a dificuldade geral de se lidar com fenômenos contemporâneos e com a incerteza que os mesmos geram sobre as expectativas de futuro. Por outro lado, essa mesma dificuldade apenas reforça a necessidade de manter a agenda de pesquisa em aberto e de se olhar para a realidade a partir de um método minimamente consistente.

O capítulo demonstrou que o estágio atual processo de robotização é responsável pelo incremento quantitativo e qualitativo dos sistemas empregados pelas forças armadas. Quantitativamente, os militares jamais tiveram acesso a um inventário tão grande e tão diversificado de robôs. O fenômeno não é restrito apenas aos Estados Unidos, ocorrendo também em diversos países ao redor do globo, incluindo as principais potências nucleares e uma série de nações em desenvolvimento. Qualitativamente, os sistemas passaram a ser equipados com componentes – especialmente sensores e atuadores – altamente tecnológicos, o que permite que desempenhem uma gama cada vez mais variada de funções. Ademais, a possibilidade de atualizar os sistemas a partir do uso de “pacotes” e o estabelecimento de padrões comunicacionais unificados faz com que seja possível expandir ainda mais os conceitos de emprego para sistemas robóticos. Na medida em que os robôs passaram a ser plataformas capazes de integrar e de transmitir informações para outros sistemas, aumentam também os níveis de consciência situacional em campo de batalha Posto de

outra forma, esse incremento tecnológico e o conceito de interoperabilidade contribuem para que possamos pensar novas formas de “warfare”.

Essa cadeia de incorporação tecnológica, por sua vez, demanda das forças armadas a atualização de algumas de suas práticas tradicionais. Os processos de recrutamento, treinamento e manutenção de combatentes também é impactado pela robotização. Nesse sentido, não basta apenas recrutar jovens “tecnologicamente habilitados”. É necessário educá-los a respeito das consequências que o emprego de tecnologias emergentes traz para a prática da guerra. Nesse contexto, a compreensão das regras de engajamento, dos mecanismos nacionais e internacionais que regulam a utilização de sistemas robóticos em campo de batalha, por exemplo, torna-se um requerimento para o desempenho das funções militares. Entender as consequências mais amplas que o emprego de robôs traz para a sociedade e como conviver com máquinas cada vez mais capazes em breve se tornará um requisito fundamental para a carreira militar.

O próximo capítulo retoma as principais conclusões da tese e faz uma reflexão mais ampla sobre a robotização a partir de uma perspectiva centrada nos desafios e oportunidades que o processo traz para as forças militares do Brasil.

## 5 CONCLUSÃO

Os três capítulos que integram este trabalho procuraram discutir aspectos relativos à robotização das forças armadas sob diferentes prismas. O primeiro capítulo tratou da natureza da tecnologia e de sua relação com a guerra. O texto buscou enquadrar o tema de pesquisa dentro do escopo dos Estudos Estratégicos, demonstrando como a tecnologia está intimamente relacionada com a guerra. O capítulo ofereceu a base ontológica para o restante da tese, a partir da definição de dois conceitos: tecnologia e guerra. Nesse sentido, vimos que não há uma definição consensual para tecnologia na literatura, tampouco uma única definição possível. Por isso, a tese optou por adotar a definição tridimensional de William Brian Arthur (2011), que admite tecnologia como meio, corpo ou coletivo tecnológico. O conceito de guerra, por sua vez, tem sido igualmente disputado na literatura, sobretudo a partir do final dos anos 1980, quando abordagens clausewitzianas passaram a ser questionados por autores filiados à noção de “novas guerras”. Apesar disso, a tese definiu guerra (“war”) como um ato político, diferente, portanto, da atividade de guerrear (“warfare”). A diferenciação é relevante, pois sustenta o argumento de que a tecnologia, apesar de não modificar a natureza da guerra, modifica a sua prática. Nesse sentido, observou-se a ocorrência de um processo de retroalimentação no qual desenvolvimentos tecnológicos modificam a prática da guerra e necessidades vinculadas à prática da guerra pressionam o desenvolvimento de novas tecnologias.

Na Era Digital, esse processo se tornou ainda mais evidente. Primeiro, em virtude de modificações no caráter das forças armadas resultantes do término da Guerra Fria; segundo, por causa do deslocamento do eixo de instabilidade regional do globo da Europa para o Oriente Médio, da urbanização dessas regiões e da consequente preponderância de guerras irregulares complexas no século XXI. Soma-se a isso o contexto mais geral de digitalização das relações políticas e sociais, bem como da própria digitalização das forças armadas, entendida como o processo de utilização acelerada de TIC para o desempenho de funções militares tradicionais. A disponibilidade de acesso, o grau de maturidade tecnológica e o custo relativamente menor de TIC em relação ao passado acabam por catalisar o processo de robotização.

Isso é evidente nas relações de trabalho desde meados do século passado, mas ficou claro entre as forças armadas somente a partir dos anos 2000. Nesse sentido, o início das operações estadunidenses com sistemas robóticos aéreos no Afeganistão e no Iraque trouxe à tona a importância de discutirem-se as implicações da robótica e da inteligência artificial para as forças armadas como um todo.

Em virtude disso, o segundo capítulo tratou de sistemas robóticos militares. Para tanto, contudo, foi necessário descrever como ocorreu o desenvolvimento do campo, a fim de indicar a complexidade e as interconexões entre diferentes áreas de estudo que atualmente conurbam-se e compõe o núcleo tecnológico da Era Digital. Por isso, optou-se por oferecer ao leitor uma abordagem técnica do fenômeno, focada em uma explanação sobre o funcionamento da tecnologia e sobre os constrangimentos que advêm das próprias limitações contemporâneas do campo. Em virtude disso, o capítulo também tratou de apresentar alguns temas relevantes para o debate atual sobre sistemas robóticos militares: autonomia, robótica de enxame, e relacionamento homem-robô. Esses temas não apenas fundamentam a pesquisa científica, mas refletem requerimentos tecnológicos que impactarão o emprego da força no futuro. Em outras palavras, o domínio sobre tais tecnologias pode gerar um diferencial de capacidade, ou uma vantagem estratégica, importante nos próximos anos. Por isso, seu entendimento é necessário, dado ainda a importância de reformar constantemente, à sua luz, os projetos de força.

Finalmente, o terceiro capítulo buscou verificar, a partir da aplicação da sistemática de projeto de força, as transformações que a robotização vem trazendo para as forças armadas. Primeiro, o capítulo inseriu a metodologia dentro do debate geral sobre mensuração de capacidades nacionais, mais especificamente, capacidades militares. A partir de uma breve revisão da literatura, chegou-se à conclusão de que, não obstante a variedade de modelos disponíveis na literatura para medição de capacidades, a vantagem do projeto de força é que ele oferece ao analista uma visão orgânica de uma série de variáveis que importam para consecução de objetivos de defesa. Mais do que isso, o modelo explora fatores imateriais muitas vezes ignorados por suas contrapartes. Isso, como se viu, não é comum na literatura. Ainda que seja difícil quantificar variáveis como doutrina ou prontidão, por exemplo, tê-las em mente

durante o processo de planejamento militar e, mais do que isso, identificar como esses fatores se relacionam com as demais variáveis, é essencial para que o mesmo gere os resultados esperados.

Em seguida, o capítulo apresentou os principais componentes do projeto de força, destacando o Constructo de Capacidades como ferramenta para avaliação de capacidades militares. O modelo foi então utilizado como quadro de referência para avaliação do processo de incorporação de sistemas robóticos, especialmente pelas forças armadas dos Estados Unidos. A escolha do país foi justificada pela preponderância do mesmo nas relações internacionais e pelo estágio avançado de suas forças armadas em termos de digitalização/robotização. Conforme se viu, os Estados Unidos não apenas possuem a maior frota de sistemas robóticos em operação no mundo, mas também seguem investindo na adaptação e no desenvolvimento de sistemas. A apreciação do caso estadunidense permite que sejam obtidas algumas conclusões gerais sobre a robotização das forças armadas e seus impactos sobre o projeto de força. A fim de facilitar a visualização dessas conclusões, as mesmas serão sintetizadas a seguir seguindo o mesmo ordenamento lógico que guiou o capítulo anterior.

## 5.1 COMPONENTES DE FORÇA

Conforme se viu, os componentes de força são um dos elementos do Constructo mais afetados pela robotização. A tendência de crescimento quantitativo – o número de sistemas existentes – e qualitativo – as funções que os robôs são capazes de desempenhar – demanda não apenas a adoção de novos protocolos de operação, mas também modificações na cadeia que engloba o recrutamento, a instrução, a manutenção, e a reabilitação de soldados. Quanto maior a dependência de uma força de TIC, inclusive robôs, maior a necessidade de que os combatentes tenham a expertise técnica necessária para operar os sistemas. Além disso, o soldado deve estar apto a compreender as consequências do emprego de tecnologias na guerra que vão além do campo de batalha. Neste contexto, fatores reguladores, especialmente as regras de engajamento nacionais e internacionais, merecem destaque no processo de

instrução militar, assim como os debates auxiliares que sustentam o campo, sobretudo aqueles de caráter ético e moral.

O padrão de desenvolvimento tecnológico que guia o avanço da robótica militar tem favorecido a criação de sistemas modulares, que podem ser adaptados para atender a diferentes requisitos em campo de batalha. Por meio da instalação de módulos, um sistema originalmente desenvolvido para fins de ISR, por exemplo, pode ser empregado para operações de combate. O caso do Predator, mencionado no capítulo anterior, ilustra a ideia. Outra tendência importante, nesse contexto, é o reconhecimento de que interoperabilidade e netware são fundamentais para o sucesso operacional. Por isso, no caso estadunidense, esforços para estabelecer padrões mínimos que permitam a comunicação entre sistemas têm sido estabelecidos tanto entre as próprias forças nacionais quanto entre os aliados da OTAN, conforme se viu, por meio de instrumentos como o STANAG 4586.

## 5.2 CONCEITOS DE EMPREGO

O emprego de sistemas robóticos em operações militares estimula o desenvolvimento de novos conceitos de emprego. Mais uma vez, o caso do Predator ilustra bem essa ideia. Nenhum exemplo é mais emblemático, contudo, do que o emprego de sistemas terrestres para remoção de IEDs. Até a chegada dos sistemas no Iraque, as operações eram realizadas da forma tradicional, com equipes especializadas que corriam grande risco em virtude do caráter sensível de suas missões. A introdução de TALONs não apenas reduziu o número de baixas civis e militares no Iraque, mas também contribuiu para a intensificação da robotização das forças armadas como um todo, visto que o sucesso operacional dos TALONs serviu de exemplo e incentivo para a incorporação de outros sistemas.

O capítulo também sugeriu que o desenvolvimento de novos conceitos de emprego, a partir de experiências em campo, pode influenciar o estabelecimento de objetivos e tarefas de defesa, na medida em que a obtenção e/ou manutenção de determinada tecnologia se torna uma questão estratégica para o país. Apesar de todos os avanços registrados na última década, contudo, os conceitos de emprego de

sistemas robóticos ainda não estão completamente maduros. Pelo contrário. Como se viu, muitos deles são oriundos da experiência de combatentes em campo de batalha e, portanto, ainda não foram consolidados em doutrina. Tampouco estão claros os processos pelos quais tecnologias tornam-se objetivos estratégicos. Nesse sentido, a agenda de pesquisa permanece aberta para futuras investigações.

### 5.3 FATORES REGULADORES

Em relação aos fatores reguladores, a tese demonstrou que a introdução de robôs nos ordenamentos militares ocorre, em geral, sem o desenvolvimento prévio de doutrina. Nesse contexto, as forças singulares dos Estados Unidos, por exemplo, têm tentado desenvolver independentemente seus respectivos documentos para institucionalização de práticas relativas ao emprego de UAS, UGS e UUS. Em que pese a importância desses esforços, o país carece de uma iniciativa conjunta para consolidação doutrinária. A inexistência de uma doutrina unificada, por sua vez, aumenta os custos – e as incertezas – envolvidos no planejamento e na condução de operações militares. A situação é semelhante em diversas partes do mundo.

Enquanto muitos países tentam adaptar suas forças armadas à luz do processo de robotização, os debates internacionais sobre o emprego de “robôs assassinos” seguem bastante profícuos, não apenas no âmbito da ONU, mas também entre organizações da sociedade civil. Por ora, essas organizações têm se posicionado abertamente contra o desenvolvimento de sistemas letais. Sua decisão é baseada na ideia de que o desenvolvimento de robôs completamente autônomos é inevitável e que é necessário compreender profundamente as consequências de seu emprego e estabelecer limites para o seu uso antes que os mesmos se popularizem ainda mais. Esse posicionamento, ainda que revele uma orientação filosófica humanista importante, parece estar descolada da tendência entre os militares de manter o ser humano “*on*” ou “*in the loop*”. De fato, dificilmente os militares enfrentarão uma situação na qual terão de escolher entre completa automação ou completa não-automação de seus sistemas. Ao que tudo indica, algumas funções serão automatizadas e incorporadas em determinados sistemas aos poucos, seguindo a trajetória de desenvolvimento dos

sistemas observada até o momento. Se em algum momento a tecnologia permitir que existem seres completamente autônomos, é de se esperar que já tenhamos avançado no debate e que já estejamos prontos para controlar e lidar com as consequências de seu emprego. Por ora, portanto, o debate segue ocorrendo, e somente os desenvolvimentos futuros da tecnologia determinarão os caminhos tomados pela comunidade internacional.<sup>1</sup>

Algumas lições gerais podem ser apreendidas da análise dos elementos do Constructo de Capacidade a partir do caso dos Estados Unidos. Estas aplicam-se tanto a países desenvolvidos, quanto a países em desenvolvimento, mas podem ser mais valiosas para os últimos, sobretudo em virtude dos constrangimentos orçamentários que os mesmos geralmente devem considerar para o estabelecimento de suas capacidades militares. Tomando as palavras de Jean-Philippe Wirth (2014, p. 49), “in foreign countries, with [...] the consequences of budget constraints, the current decade is a period when reflections on concepts of employment and on the integration of robots in military forces are deepening this phase breaks with the wide-ranging developments conducted over the previous decade”.<sup>2</sup> Por isso, os próximos parágrafos dedicam-se a algumas considerações sobre o Brasil.

No contexto brasileiro, a importância de sistemas robóticos foi reconhecida pela Estratégia Nacional de Defesa (END) de 2012. Mais especificamente, o documento chama atenção para a relevância de sistemas aéreos para modernização e manutenção das capacidades de vigilância e, futuramente, de combate da Força Aérea. Segundo a END, UAS, ou “aeronaves remotamente pilotadas”, como são chamadas, representam “uma oportunidade de transformação”, juntamente com tecnologias que

---

<sup>1</sup> Recentemente, 122 membros da ONU votaram a favor da adoção de um tratado para o banimento de armas nucleares em escala global. Dentre outras medidas, o documento assegura que os signatários não “develop, test, produce, manufacture, otherwise acquire, possess or stockpile nuclear weapons or other nuclear explosive devices” (“desenvolver, testar, produzir, fabricar, adquirir, possuir ou armazenar armas nucleares ou outros dispositivos explosivos nucleares”) (UN, 2017). O tratado foi criticado pelas potências nucleares e membros da OTAN por ignorar a importância de tais armamentos como elemento de dissuasão na política internacional. Não obstante as críticas, o documento deverá entrar em vigor quando ratificado por cinquenta signatários. Além disso, o mesmo pode servir de modelo para a adoção futura de instrumentos que limitem o desenvolvimento de sistemas robóticos letais, à exemplo do que também já ocorreu em relação a minas terrestres.

<sup>2</sup> “Em países estrangeiros, com [...] as consequências de restrições orçamentárias, a década atual é um período em que as reflexões sobre conceitos de emprego e sobre a integração de robôs nas forças armadas estão a aprofundar esta fase com os desenvolvimentos abrangentes realizados ao longo da década anterior” (WIRTH, 2014, p. 49).

permitam a operação em redes e o setor espacial. Em nenhum momento o documento menciona a importância de outros sistemas, tampouco reconhece a robótica como uma tecnologia transversal, capaz de modificar a prática da guerra e, conseqüentemente, impactar a organização militar como um todo.

Em que pese essa lacuna, UAS já vêm sendo utilizados pelas forças armadas e de segurança pública há algum tempo. No contexto dos grandes eventos sediados no Brasil a partir de 2013 – a Copa das Confederações (2013), a Copa do Mundo (2014) e as Olimpíadas (2016) – drones passaram a ser empregados para o monitoramento de regiões sensíveis, tais como centros poliesportivos e estádios. Em 2014, por exemplo, dois drones israelenses, mais especificamente, um Heron 1 e um Hermes 400, foram empregados na segurança de estádios de futebol em São Paulo. Além disso, a Polícia Federal já possui uma frota de mais de uma dezena de aeronaves utilizadas no monitoramento de fronteiras.

De fato, UAS são objeto de interesse militar, especialmente da Força Aérea (FAB), há algum tempo. Os primeiros projetos para o desenvolvimento de sistemas robóticos aéreos no Brasil remontam aos anos 1980 e 1990 e ao início dos chamados “Projeto Acauã” e “Projeto Aurora”. Enquanto o primeiro tratava do desenvolvimento de uma aeronave remotamente pilotada tradicional, o segundo focava na criação de um dirigível de emprego variado. Somente a partir dos anos 2010, contudo, é que a indústria de sistemas robóticos começou a crescer no país. Segundo a *Folha de São Paulo* (2017), o mercado de sistemas aéreos vive momento de crescimento. De acordo com a reportagem, mais de 700 empresas trabalham no desenvolvimento, importação ou implementação de plataformas e softwares no Brasil.

Não obstante o interesse militar crescente em sistemas robóticos e o crescimento da indústria no Brasil, o que se observa no país é um quadro muito parecido com o norte-americano, no qual a aquisição de tecnologias ocorre sem que haja uma ponderação prévia sobre as necessidades estratégicas atuais e futuras do país. Em um momento de apreciação e discussão pública dos documentos de defesa brasileiros – e de recente regulamentação para o uso civil de drones pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) –, vale a pena pontuar algumas questões importantes

para o debate sobre sistemas robóticos no Brasil a partir da análise e das conclusões obtidas neste trabalho e tendo como horizonte o Constructo de Capacidades.

Primeiro, a aquisição e/ou desenvolvimento de sistemas robóticos militares devem ser realizados tendo em vista as interconexões complexas entre os elementos que compõem o Constructo de Capacidades e, por conseguinte, determinam a capacidade militar do país. Nesse sentido, conforme já colocado, o emprego do modelo evidencia a necessidade de estruturar as forças armadas de maneira integrada. Os processos devem ser realizados a partir da determinação de objetivos adequados e factíveis com a realidade brasileira, regional e internacional, tanto em termos tecnológicos quanto em termos legais, orçamentários, éticos e morais. O Constructo de Capacidades auxilia na adequação dos meios aos fins, e não ao contrário. Por isso, é necessário abandonar o fetichismo comumente vinculado à "tecnologia de ponta" entre os militares a fim de avaliar realisticamente os requerimentos do projeto de força nacional, inclusive aqueles de recrutamento, educação, e manutenção de pessoal.

Segundo, assim como reforma militar, a estruturação do arcabouço legal que regula o emprego militar de sistemas robóticos, nacional e internacionalmente, também deve ser tratado como um processo contínuo. Na medida em que a tecnologia se desenvolve e se populariza, a ambiguidade de seu status legal tende a tornar-se uma questão cada vez mais proeminente. Nacionalmente, é necessário estabelecer os parâmetros para o desenvolvimento dos sistemas, tanto em termos de software quanto de hardware, bem como as cadeias de responsabilização em caso de erro ou abuso do sistema, que, em tese, condicionam ainda a própria regulamentação da Anac. Ao mesmo tempo, a legislação nacional deve ser ampla o suficiente para incorporar os avanços do debate internacional. Além disso, transparência e *accountability* são necessárias para justificar e conduzir os processos decisórios e de formulação legal em um contexto democrático. Nesse sentido, processos de consulta e debate públicos devem ser incentivados, como já vem sendo no contexto dos demais documentos de defesa nacional, para que sistemas robóticos possam ser incorporados no contexto do Estado de direito.

Terceiro, o potencial de sistemas robóticos ainda não foi completamente explorado e exige investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Naturalmente,

fomentar o desenvolvimento da base industrial de defesa nacional é uma tarefa desafiadora, sobretudo em virtude do momento político-econômico em que o Brasil se encontra. No entanto, períodos de crise também reforçam a importância do planejamento estratégico e a consequente necessidade de concentrar os esforços para a obtenção de capacidades específicas.

A tese demonstrou que, no que diz respeito a sistemas robóticos, algumas tendências podem ser observadas. Por exemplo, enxames e modularidade. A última, em especial, oferece o potencial de tratar robótica como uma tecnologia dual, cuja aplicação não se limita ao setor militar. O envolvimento da sociedade civil, em especial da Academia, torna-se ainda mais importante nesse contexto. O Brasil vem avançando largamente no que tange a cooperação entre acadêmicos e militares desde a redemocratização, contudo, é importante manter os esforços já existentes e aprofundar ainda mais a aproximação entre eles.

Não há dúvida de que sistemas robóticos são tecnologias promissoras que têm o potencial de modificar os aparatos militares e de influenciar o caráter da guerra nas próximas décadas. Conforme essa tese demonstrou, contudo, o fenômeno da robotização é complexo e está relacionado à uma série de mudanças mais amplas da sociedade e, por conseguinte, das relações internacionais. Este trabalho está longe de esgotar os diversos debates que permeiam o tema, mas buscou apontar algumas questões importantes para o avanço do campo de estudos, sobretudo em países em desenvolvimento e muitas vezes carentes de debates mais aprofundados sobre tecnologia e estudos estratégicos como o Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, Spencer. Budget Cuts are Set to Hit U.S. Military's Drone Fleet. *Wired*, [S.l.], 2 Apr. 2013. Disponível em: <<https://www.wired.com/2013/04/drone-cuts/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- AHMED, Nafeez. The Pentagon is Building Aa 'Self-Aware' Killer Robot Army Fueled by Social Media. *Insurge Intelligence*, [S.l.], 12 Mai. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/insurge-intelligence/the-pentagon-is-building-a-self-aware-killer-robot-army-fueled-by-social-media-bd1b55944298#.pqvoqxmni>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- AKHGAR, Babak *Application of Big Data for National Security: A Practitioner's Guide to Emerging Technologies*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015.
- ANDERSON, Brian; LA MAR, Connely. Defusing Roadside Bombs with Robots. *Motherboard*, [S.l.], 28 Apr. 2015. Disponível em: <[https://motherboard.vice.com/en\\_us/article/robot-vs-ied](https://motherboard.vice.com/en_us/article/robot-vs-ied)>. Acesso em: 8 maio 2017.
- ANDREWS, Lena; MACDONALD, Julia. Five Costs of Military Innovation. *War on the Rocks*, [S.l.], 18 Feb. 2016. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2016/02/five-costs-of-military-innovation/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- ARMSTRONG, Benjamin. The Shadow of Air-Sea Battle and the Sinking of A2AD. *War on the Rocks*, [S.l.], 05 Oct. 2016. Acesso em: <<http://warontherocks.com/2016/10/the-shadow-of-air-sea-battle-and-the-sinking-of-a2ad/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.
- ARQUILLA, John. Could Killer Robots Bring World Peace? *Foreign Policy*, [S.l.], 19 Jun. 2013. Disponível em: <<http://foreignpolicy.com/2013/06/19/could-killer-robots-bring-world-peace/>>. Acesso em: 13 abr. 2017.
- ARQUILLA, John; RONFELDT, David (Ed.). *In Athena's Camp: Preparing for Conflict in the Information Age*. Santa Monica: RAND, 1997.
- ARRIGHI, Giovanni. *Adam Smith em Pequim: Origens e Fundamentos do Século XXI*. São Paulo: Boitempo, 2008.
- ARTURI, Carlos; CEPIK, Marco. Tecnologias de Informação e Integração Regional: Desafios Institucionais para a Cooperação Sul-Americana na Área de Segurança. *Dados – Revista de Ciências Sociais*, Rio de Janeiro, v. 54, n. 4, p. 651-691, 2011.
- ATHERTON, Kelsey. Robots May Replace One-Fourth Of U.S. Combat Soldiers by 2030, Says General. *Popular Science*, [S.l.], 22 Jan. 2014. Disponível em: <<http://www.popsci.com/article/technology/robots-may-replace-one-fourth-us-combat-soldiers-2030-says-general>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

ÁVILA, Fabrício; MARTINS, José Miguel; CEPIK, Marco. Armas Estratégicas e Poder no Sistema Internacional: O Advento das Armas de Energia Direta e seu Impacto Potencial sobre a Guerra e a Distribuição Multipolar de Capacidades. *Contexto Internacional*, v. 31, n. 1, p. 49-83, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cint/v31n1/02.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

AXE, David. Buyer's Remorse: How Much Has the F-22 Really Cost? *Wired*, [S.l.], 14 Dec. 2011. Disponível em: <<https://www.wired.com/2011/12/f-22-real-cost/>>. Acesso em: 8 maio 2017.

AXE, David. Military Must Prep Now for 'Mutant' Future, Researchers Warn. *Wired*, [S.l.], 31 Dec. 2012a. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/12/pentagon-prepare-mutant-future/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

AXE, David. This Scientist Wants Tomorrow's Troops to Be Mutant-Powered. *Wired*, [S.l.], 26 Dec. 2012b. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/12/andrew-herr/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

BARANIUK, Chris. The Cyborg Chess Players that Can't be Beaten. *BBC*, [S.l.], 4 Dec. 2015. Disponível em: <<http://www.bbc.com/future/story/20151201-the-cyborg-chess-players-that-cant-be-beaten>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

BARNES, Barry. *Scientific Knowledge and Social Theory*. London: Routledge & Kegan Paul, 1974.

BASSET, Michael. New "Force-Multiplier" Equipment to Improve Sustainment, Increase Combat Readiness. *U.S. Army*, [S.l.], 12 Mai. 2016. Disponível em: <[https://www.army.mil/article/167817/new\\_force\\_multiplier\\_equipment\\_to\\_improve\\_sustainment\\_increase\\_combat\\_readiness](https://www.army.mil/article/167817/new_force_multiplier_equipment_to_improve_sustainment_increase_combat_readiness)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

BENDETT, Samuel. Russia's Rising Drone Industry. *National Interest*, [S.l.], 27 Jul. 2016. Disponível em: <<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/russias-rising-drone-industry-17146>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

BERGEN, Peter *et al.* World of Drones. *New America Foundation*, [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://www.newamerica.org/in-depth/world-of-drones/2-who-has-what-countries-drones-used-combat/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

BIDDLE, Stephen. *Military Power: Explaining Victory and Defeat in Modern Battle*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

BIDDLE, Stephen; HINKLE, Wade; FISHERKELLER, Michael. Skill and Technology in Modern Warfare. *Joint Forces Quarterly*, n. 22, p. 18-27, 1999.

BIPINDRA. Modi Shares Secrets of Predator-Like Drone to Bolster India. *Chicago Tribune*, Chicago, 24 Sep. 2015. Disponível em:

<<http://www.chicagotribune.com/news/sns-wp-blm-news-bc-india-drones24-20150924-story.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

BLACK, Jeremy. *War and Technology*. Bloomington: Indiana University Press, 2013.

BOON, Mieke. Instruments in Science and Technology. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 78-83.

BORGO, Stefano *et al.* Technical Artifact: An Integrated Perspective. In: VERMAAS, Pieter; DIGNUM, Virginia. *Formal Ontologies Meet Industry*. Amsterdam: IOS Press, 2011. p. 03-15.

BORNE, Thiago. *Empresas Militares Privadas: Falta de Controle Estatal ou Gestão Eficiente do Atrito?* 2008. Monografia (Graduação em Relações Internacionais) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BORNE, Thiago. Não Estamos Violando a Primeira Lei da Robótica: Drones e os Limites da Inteligência Artificial. *Coleção Meira Mattos*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 32, p. 129-134, 2014.

BORNE, Thiago. Robotic Systems, Military Capabilities and Force Design. In: 58th ISA ANNUAL CONFERENCE, 58, 2017, Baltimore. *Challenges of Military-Technological Innovations (WC50)*. Baltimore, MD, 2017.

BRODIE, Bernard; BRODIE, Fawn. *From Crossbow to H-Bomb*. Bloomington: Indiana University Press, 1962.

BRYEN, Stephen. *Technology Security and National Power: Winners and Losers*. New Brunswick: Transaction, 2016.

BUMP, Philip. Places that Saw More Job Loss to Robots Were Less Likely to Support Hillary Clinton. *The Washington Post*, Washington, 29 Mar. 2017. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/news/politics/wp/2017/03/29/places-that-saw-more-job-loss-to-robots-were-less-likely-to-support-hillary-clinton/>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

BURGESS, Matt. This Ridiculous Drone Gun can Shoot Down UAVs from 2km Away. *Wired*, [S.l.], 23 Jan. 2017. Disponível em: <<http://www.wired.co.uk/article/droneshield-dronegun-shoot-drone-uav-sky>>. Acesso em: 3 maio 2017.

BURNAM-FINK, Michael. The Rise and Decline of Military Human Enhancement. *Science Progress*, [S.l.], 07 Jan. 2011. Disponível em: <<https://scienceprogress.org/2011/01/the-rise-and-decline-of-military-human-enhancement/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

BUZAN, Barry. *An Introduction to Military Technology and International Relations*. London: Macmillan, 1987.

CALABRESI, Massimo; MILLER, Zeke. Up In Smoke: FBI Won't Change Rules On Pot Smoking Recruits. *Time*, [S.I.], 21 Mai. 2014. Disponível em: <<http://time.com/107525/up-in-smoke-fbi-wont-change-rules-on-pot-smoking-recruits/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

CALLAM, Andrew. Drone Wars: Armed Unmanned Aerial Vehicles. *International Affairs Review*, v. 18, n. 3, 2010. Disponível em: <<http://www.iar-gwu.org/node/144>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

CAMPAIGN TO STOP KILLER ROBOTS. *Formal Talks Should Lead to Killer Robots Ban*, [S.I.], 2016. Disponível em: <<https://www.stopkillerrobots.org/2016/12/formal-talks/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

CANABARRO, Diego. *Governança Global da Internet: Tecnologia, Poder e Desenvolvimento*. Tese (Doutorado em Ciência Política) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

CARPENTER, Julie. *Culture and Human-Robot Interaction in Militarized Spaces*. London: Routledge, 2016.

CASSIDY, Mike. Centaur Chess Brings Out the Best in Humans and Machines. *Bloomreach*, [S.I.], 14 Dec. 2014. Disponível em: <<http://bloomreach.com/2014/12/centaur-chess-brings-best-humans-machines/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CEBROWSKI, Arthur; JOHN GARTSKA. Network-Centric Warfare: Its Origins and Future. *Proceedings Magazine*, [S.I.], v. 124, 1998.

CEPIK, Marco *et al.* *Espaço e Relações Internacionais*. Porto Alegre: CEGOV, 2015.

CEPIK, Marco; CANABARRO, Diego; BORNE, Thiago. Cyberwar: Clausewitzian Encounters. *Space & Defense*, v. 8, n. 1, p. 19-33, 2015.

CEPIK, Marco; MACHADO, Felipe. O Comando do Espaço na Grande Estratégia Chinesa: Implicações para a Ordem Internacional Contemporânea. *Carta Internacional*, v. 6, n. 2, p. 112-131, 2011.

CHAYKA, Kyle. As Military Robots Increase, So Does the Complexity of Their Relationship with Soldiers. *Newsweek*, [S.I.], 18 Feb. 2014. Disponível em: <<http://www.newsweek.com/2014/02/21/military-robots-increase-so-does-complexity-their-relationship-soldiers-245530.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

CLARK, Colin. Pawlikowski On Air Force Offset Strategy: F-35s Flying Drone Fleets. *Breaking Defense*, [S.I.], 15 Dec. 2014. Disponível em: <<http://breakingdefense.com/2014/12/pawlikowski-on-air-force-offset-strategy-f-35s-flying-drone-fleets/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CLAUSEWITZ, Carl von. *Da Guerra*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

CLIFF, Roger. *China's Military Power: Assessing Current and Future Capabilities*. New York: Cambridge University Press, 2015.

COKER, Christopher. Post-Modern War. *RUSI Journal*, n. 143, v. 3, p. 07-14, 1998. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03071849808446260>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

COLE, Michael. Taiwan Unveils New Long-Endurance Drone, New Weapons at Defense Trade Show. *The Diplomat*, [S.I.], 13 Aug. 2015. Disponível em: <<http://thediplomat.com/2015/08/taiwan-unveils-new-long-endurance-drone-new-weapons-at-defense-trade-show/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

COSTLOW, Terry. How Big Data is Paying Off for DOD. *Defense Systems*, [S.I.], 24 Oct. 2014. Disponível em: <<https://defensesystems.com/articles/2014/10/24/feature-big-data-for-defense.aspx>>. Acesso em: 1 dez. 2016.

CRUICKSHANK, Michael. Chinese Drones: Cheap, Lethal and Flying in the Middle East. *Middle East Eye*, [S.I.], 7 Apr. 2016. Disponível em: <<http://www.middleeasteye.net/news/china-drones-1492124367>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

CUKIER, Kenneth Neil; MAYER-SCHOENBERGER, Viktor. The Rise of Big Data: How it's Changing the Way We Think about the World. *Foreign Affairs*, [S.I.], Mai./Jun. 2013. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/2013-04-03/rise-big-data>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

CUMMING-BRUCE, Nick. U.N. Expert Calls for Halt in Military Robot Development. *The New York Times*, New York, 30 Mai. 2013. Disponível em: <[http://www.nytimes.com/2013/05/31/world/europe/united-nations-armed-robots.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/05/31/world/europe/united-nations-armed-robots.html?_r=0)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

CURRIER, Cora. The Kill Chain. *The Intercept*, [S.I.], 15 Oct. 2015. Disponível em: <<https://theintercept.com/drone-papers/the-kill-chain/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DAVENPORT, Christian. Robots, Swarming Drones and 'Iron Man': Welcome to the New Arms Race. *The Washington Post*, Washington, 17 Jun. 2016. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/news/checkpoint/wp/2016/06/17/robots-swarming-drones-and-iron-man-welcome-to-the-new-arms-race/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DILLOW, Clay. All of These Countries Now Have Armed Drones. *Fortune*, [S.I.], 12 Feb. 2016a. Disponível em: <<http://fortune.com/2016/02/12/these-countries-have-armed-drones/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DILLOW, Clay. China: A Rising Drone Weapons Dealer to the World. *CNBC*, [S.I.], 5 Mar. 2016. Disponível em: <<http://www.cnbc.com/2016/03/03/china-a-rising-drone-weapons-dealer-to-the-world.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DOMESTIC Drone 'Bayraktar' Fires its First Smart Ammo with Warhead. *Daily Sabah*, [S.I.], 29 Apr. 2016. Disponível em: <<https://www.dailysabah.com/business/2016/04/30/domestic-drone-bayraktar-fires-its-first-smart-ammo-with-warhead>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DRELL, Lauren. Beyond the Roomba: How iRobot's Technology Is Making War Zones Safer for Soldiers. *Mashable*, [S.I.], 10 Nov. 2011. Disponível em: <<http://mashable.com/2011/11/10/irobot-packbot-military-robot/#uz7Vo825WSqz>>. Acesso em: 9 maio 2017.

DREW, Christopher. Military Is Awash in Data from Drones. *The New York Times*, New York, 10 Jan. 2010. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2010/01/11/business/11drone.html>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

DUARTE, Érico. *Conduta da Guerra na Era Digital e Suas Implicações para o Brasil: Uma Análise de Conceitos, Políticas e Práticas de Defesa*. Rio de Janeiro: Ipea, 2012.

DUNCAN, Ian. Military Wants to 3-D Print Robots, Drones, Thousands of Spare Parts. *Baltimore Sun*, Baltimore, 1 Apr. 2016. Disponível em: <<http://www.baltimoresun.com/news/maryland/bs-md-3d-printing-military-20160401-story.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DUNN, Gregory. Outdated Armies: The Impact of Technology on Military Readiness. *Harvard International Review*, [S.I.], 24 Feb. 2014. Disponível em: <<http://hir.harvard.edu/blogvisitoroutdated-armies-the-impact-of-technology-on-military-readiness/>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

DYER, Geoff. U.S. Military: Robot Wars. *Financial Times*, [S.I.], 7 Feb. 2016. Disponível em: <<https://www.ft.com/content/849666f6-cbf2-11e5-a8ef-ea66e967dd44>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

EAGLEN, Mackenzie. What is the Third Offset Strategy? *Real Clear Defense*, [S.I.], 16 Feb. 2016. Disponível em: <[http://www.realcleardefense.com/articles/2016/02/16/what\\_is\\_the\\_third\\_offset\\_strategy\\_109034.html](http://www.realcleardefense.com/articles/2016/02/16/what_is_the_third_offset_strategy_109034.html)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

ELLMAN, Jesse; SAMP, Lisa; COLL, Gabriel. *Assessing the Third Offset Strategy*. Washington: Center for Strategic & International Studies, 2017.

FARLEY, Robert. A2/AD Is Dead, Long Live A2/AD. *The Diplomat*, [S.I.], 11 Oct. 2016. Disponível em: <<http://thediplomat.com/2016/10/a2ad-is-dead-long-live-a2ad/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

FRANKLIN, Stan. History, Motivations, and Core Themes. In: FRANKISH, Keith; RAMSEY, William. *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 15-33.

FRANSSSEN, Maarten; LOKHORST, Gert-Jan; VAN DE POEL, Ibo. Philosophy of Technology. In: ZALTA, Edward N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2015/entries/technology>>. Acesso em: 10 out. 2016.

FREEDBERG JUNIOR, Sydney. Centaur Army: Bob Work, Robotics, & the Third Offset Strategy. *Breaking Defense*, [S.I.], 9 Nov. 2015. Disponível em: <<http://breakingdefense.com/2015/11/centaur-army-bob-work-robotics-the-third-offset-strategy/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

FREEDBERG JUNIOR, Sydney. Navy Officials Overshared Sensitive Info On Navy Readiness: Stackley. *Breaking Defense*, [S.I.], 6 Apr. 2017. Disponível em: <<http://breakingdefense.com/2017/04/navy-officials-overshared-sensitive-info-on-navy-readiness-stackley/>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

FREEDBERG JUNIOR, Sydney. Robots, Techies, & Troops: Carter & Roper on 3rd Offset. *Breaking Defense*, [S.I.], 13 Jun. 2016. Disponível em: <<http://breakingdefense.com/2016/06/trust-robots-tech-industry-troops-carter-roper/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

FREEMAN, Richard. Who Owns the Robots Rules the World. *Harvard Magazine*, [S.I.], Jun. 2016. Disponível em: <<http://harvardmagazine.com/2016/05/who-owns-the-robots-rules-the-world>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

GELBIN, Cathy. *The Golem Returns: From German Romantic Literature to Global Jewish Culture, 1808-2008*. Michigan: The University of Michigan Press, 2010.

GERTLER, Jeremiah. *U.S. Unmanned Aerial Systems*. [S.I.], 2012. Disponível em: <<https://fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

GETTINGER, Dan. *Drone Spending in the Fiscal Year 2017 Defense Budget*. Annandale-on-Hudson: The Center for the Study of the Drone at Bard College, 2016. Disponível em: <[http://dronecenter.bard.edu/files/2016/03/DroneSpendingFy17\\_CSD\\_3-1.pdf](http://dronecenter.bard.edu/files/2016/03/DroneSpendingFy17_CSD_3-1.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

GETTINGER, Dan; MICHEL, Arthur. *The Drone Revolution Revisited: An Assessment of Military Unmanned Systems in 2016*. Annandale-on-Hudson: The Center for the Study of the Drone at Bard College, 2016. Disponível em: <<http://dronecenter.bard.edu/files/2016/09/Report-22The-Drone-Revolution-Revisited22-.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

GLOBAL SECURITY. *Military Personnel*, [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/agency/end-strength.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

GOMIDE, Alexandre de Ávila; PIRES, Roberto Rocha (Ed.). *Capacidades Estatais e Democracia: Arranjos Institucionais de Políticas Públicas*. Brasília: Ipea, 2014.

GOURE, Dan. The Pentagon's Third Offset: Just a Smoke Screen for a Shrinking US Military? *National Interest*, [S.l.], 14 Jun. 2016. Disponível em: <<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/the-pentagons-third-offset-just-smoke-screen-shrinking-us-16583>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

GREENEMEIER, Larry. Are Military Bots the Best Way to Clear Improvised Explosive Devices? *Scientific American*, [S.l.], 3 Nov. 2010. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/robot-ied-clearance/>>. Acesso em: 8 maio 2017.

GREMMEN, Bart. The Interplay Between Science and Technology. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 75-77.

GUNZINGER, Mark. *Shaping America's Future Military Toward a New Force Planning Construct*. Washington: Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2013.

GURIN, Joel. Big Data and Open Data: What's What and Why Does It Matter? *The Guardian*, London. 15 Apr. 2014. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/public-leaders-network/2014/apr/15/big-data-open-data-transform-government>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

HANLON, Mike. Future Warrior Suit 2020. *New Atlas*, [S.l.], 20 Jan. 2004 Disponível em: <<http://newatlas.com/go/3062/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

HANSON, Jonathan; SIGMAN, Rachel. Leviathan's Latent Dimensions: Measuring State Capacity for Comparative Political Research. World Bank Political Economy Brown Bag Lunch Series, 21 Mar. 2013.

HEADRICK, Daniel. *Technology: A World History*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

HEISBOURG, Francois. *Predictions: The Future of Warfare*. London: W&M, 1997.

HENDRIX, Cullen. Measuring State Capacity: Theoretical and Empirical Implications for the Study of Civil Conflict. *Journal of Peace Research*, n. 47, v. 3, p. 273-285, 2010.

HERR, Andrew. Will Humans Matter in the Wars of 2030? *Joint Force Quarterly*, v. 77, n. 2, p. 76-83, 2015. Disponível em: <<http://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/581875/jfq-77-will-humans-matter-in-the-wars-of-2030/>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

HOMERO. *Ilíada de Homero*. Tradução de Haroldo de Campos. São Paulo: Arx, 2002. v. 2.

HOWARD, Michael. *War in European History*. Oxford: Oxford University Press, 1976.

HUGHES, Thomas. *Human-Built World: How to Think about Technology and Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

HUMAN RIGHTS WATCH. UN: Key Action on 'Killer Robots'. *Human Rights Watch*, [S.l.], 16 Dec. 2016. Disponível em: <<https://www.hrw.org/news/2016/12/16/un-key-action-killer-robots>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

IHDE, Don. Technology and Science. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 51-60.

IISS. *The Military Balance 2014*. Washington: International Institute for Strategic Studies, 2014.

IISS. *The Military Balance 2015*. Washington: International Institute for Strategic Studies, 2015.

JUDSON, Jen. Armed Reconnaissance Still Biggest Gap in US Army Aviation. *Defense News*, [S.l.], 28 Apr. 2017. Disponível em: <<http://www.defensenews.com/articles/itep-effort-comes-to-complete-stop-this-week-under-cr>>. Acesso em: 12 maio 2017.

JUDSON, Jen. Army Details Draft Robotics and Autonomous Systems Strategy at AUSA. *Defense News*, [S.l.], 4 Oct. 2016a. Disponível em: <<http://www.defensenews.com/articles/army-details-draft-robotics-and-autonomous-systems-strategy-at-ausa>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

JUDSON, Jen. US Army Putting Finishing Touches on Autonomous Systems Strategy. *Defense News*, [S.l.], 17 Mar. 2016b. Disponível em: <<http://www.defensenews.com/story/defense/show-daily/ausa-global-force/2016/03/17/army-autonomous-system-strategy/81897736/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

JUENGST, Eric. The Meaning of Enhancement. In: PARENS, Erik. *Enhancing Human Traits: Ethical and Social Implications*. Washington: Georgetown University Press, 1998, p. 29-47.

KACOWICZ, Arie. Case Study Methods in International Security Studies. In: SPRINZ, Detlef; WOLINSKY, Yael. *Cases, Numbers, Models: International Relations Research Methods*. 2002, p. 119-139. Disponível em: <[http://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/trachtenberg/syllabi/lists/harvard/moravcsik%20\(sprinz%20wolinsky\).pdf](http://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/trachtenberg/syllabi/lists/harvard/moravcsik%20(sprinz%20wolinsky).pdf)>. Acesso em: 25 maio 2017.

KAPLAN, Fred. The First Drone Strike. *Slate*, [S.I.], 14 Sep. 2016. Disponível em: <[http://www.slate.com/articles/news\\_and\\_politics/the\\_next\\_20/2016/09/a\\_history\\_of\\_the\\_armed\\_drone.html](http://www.slate.com/articles/news_and_politics/the_next_20/2016/09/a_history_of_the_armed_drone.html)>. Acesso em: 10 maio 2017.

KELLY, Kevin. The Technium and the 7<sup>th</sup> Kingdom of Life. *Edge*, [S.I.], 18 Jul. 2007. Disponível em: <[https://www.edge.org/conversation/kevin\\_kelly-the-technium-and-the-7th-kingdom-of-life](https://www.edge.org/conversation/kevin_kelly-the-technium-and-the-7th-kingdom-of-life)>. Acesso em: 11 nov. 2016.

KRISHNAN, Armin. Robots, Soldiers and Cyborgs: The Future of Warfare. *Robohub*, [S.I.], 5 Feb. 2014. Disponível em: <<http://robohub.org/robots-soldiers-and-cyborgs-the-future-of-warfare/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

KURZWEIL, Raymond. *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Penguin Press, 2005.

LASSWELL, Harold. *Politics: Who Gets What, When, How*. New York: Whittlesey House, 1936.

LAWSON, Sean. Is Network-Centric Warfare (Finally) Dead? Only Partly. *ICTS and International Affairs*, [S.I.], 14 Aug. 2010. Disponível em: <<http://www.seanlawson.net/?p=772>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

LEONHARD, Robert. *The Principles of War for the Information Age*. Novato: Presidio Press, 1998.

LIBICKI, Martin. Cyberspace is not a Warfighting Domain. *I/S: A Journal of Law and Policy for the Information Society*, v. 8, n. 2, p. 325-340, 2012. Disponível em: <<http://moritzlaw.osu.edu/students/groups/is/files/2012/02/4.Libicki.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

LI-HUA, Richard. Definitions of Technology. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 18-22.

LILLEY, Kevin. Driverless Army Convoys: 6 Takeaways from Latest Test. *Army Times*, [S.I.], 1 Jul. 2016. Disponível em:

<<https://www.armytimes.com/story/military/2016/07/01/driverless-army-convoys-6-takeaways-latest-test/86529542/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

LIN, Patrick. Could Human Enhancement Turn Soldiers Into Weapons That Violate International Law? Yes. *The Atlantic*, [S.l.], 4 Jan. 2013. Disponível em: <<http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/01/could-human-enhancement-turn-soldiers-into-weapons-that-violate-international-law-yes/266732/>>. Acesso em: 29 out. 2016.

LIN, Patrick. More than Human? The Ethics of Biologically Enhancing Soldiers. *The Atlantic*, [S.l.], 16 Feb. 2012. Disponível em: <<http://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/02/more-than-human-the-ethics-of-biologically-enhancing-soldiers/253217/>>. Acesso em: 29 out. 2016.

LITWILLER, Steven; TALICURAN, Brian. Robotics and Autonomous Systems Need Information Interoperability. *Signal AFCEA*, [S.l.], 1 Sep. 2015. Disponível em: <<http://www.afcea.org/content/?q=Article-robotics-and-autonomous-systems-need-information-interoperability>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

LONSDALE, David. *The Nature of War in the Information Age: Clausewitzian Future*. London: Frank Cass, 2004.

MACGREGOR, Douglas. Building a Smarter, Smaller Military. *Time*, [S.l.], 6 Dec. 2012. Disponível em: <<http://nation.time.com/2012/12/06/building-a-smarter-smaller-military/>>. Acesso em: 27 de jun. 2015.

MANN, Adam. Google's Chief Internet Evangelist on Creating the Interplanetary Internet. *Wired*, [S.l.], 6 Mai. 2013. Disponível em: <<https://www.wired.com/2013/05/vintcerf-interplanetary-internet/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

MARQUES, Mário. *STANAG 4586: Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability*. [S.l.], 2015.

MARTEL, William (Ed.). *The Technological Arsenal: Emerging Defense Capabilities*. Washington: Smithsonian Institute, 2001.

MARTINAGE, Robert. *Toward a New Offset Strategy: Exploiting U.S. Long-Term Advantages to Restore U.S. Global Power Projection Capability*. Washington: Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2014.

MARTINS, José Miguel. *Digitalização e Guerra Local: Como Fatores do Equilíbrio Internacional*. 2008. Tese (Doutorado em Ciência Política) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MATARIC, Maja. *Introdução à Robótica*. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

MCNEIL, William. *The Pursuit of Power: Technology, Armed Forces and Society since A.D. 1000*. Chicago: The University of Chicago Press, 1982.

MEAD, Corey. *War Play: Video Games and the Future of Armed Conflict*. Eamon Dolan/Houghton Mifflin Harcourt: New York, 2013.

MICHEL, Arthur Holland. How Rogue Techies Armed the Predator, Almost Stopped 9/11, and Accidentally Invented Remote War. *Wired*, [S.I.], 17 Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.wired.com/2015/12/how-rogue-techies-armed-the-predator-almost-stopped-911-and-accidentally-invented-remote-war/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MISA, Thomas. History of Technology. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 07-19.

MORE ATTACKS Mounting Casualties. *The Washington Post*, Washington, 28 Sep. 2007. Disponível em: <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/graphic/2007/09/28/GR2007092802161.html>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

MOROZOV, Evgeny. The State has Lost Control: Tech Firms Now Run Western Politics. *The Guardian*, London, 26 Mar. 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/commentisfree/2016/mar/27/tech-firms-run-western-politics-evgeny-morozov>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

MUMFORD, Lewis. *Técnica y Civilización*. Madrid: Alianza, 1992.

MURPHY, Robin. *Introduction to AI Robotics*. Cambridge: The MIT Press, 2000.

NASU, Hitoshi. The Future of Nanotechnology in Warfare. *The Global Journal*, [S.I.], 4 Jul. 2013. Disponível em: <<http://www.theglobaljournal.net/article/view/1132/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

O'REILLY, Andrew. Military Brass Sound Alarm about 'Insidious Decline' in Readiness. *Fox News*, [S.I.], 9 Feb. 2017. Disponível em: <<http://www.foxnews.com/politics/2017/02/09/military-brass-sound-alarm-about-insidious-decline-in-readiness.html>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *General Assembly, Human Rights Council, Report of the Special Rapporteur on Extrajudicial, Summary or Arbitrary Executions, Christof Heyns*. 2013b. Disponível em: <[http://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session23/A-HRC-23-47\\_en.pdf](http://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session23/A-HRC-23-47_en.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. ONU usa Drones para Proteger Civis na República Democrática do Congo. *Notícias ONUBR*, [S.l.], 4 dez. 2013a. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/onu-usa-drones-para-proteger-civis-na-republica-democratica-do-congo>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

PACKER, George. *Change the World*. New Yorker, New York, 27 Mai. 2013. Disponível em: <<http://www.newyorker.com/magazine/2013/05/27/change-the-world>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

PAGE, Lewis. US War Robots in Iraq 'Turned Guns' on Fleshy Comrades. *The Register*, [S.l.], 11 Apr. 2008. Disponível em: <[https://www.theregister.co.uk/2008/04/11/us\\_war\\_robot\\_rebellion\\_iraq/](https://www.theregister.co.uk/2008/04/11/us_war_robot_rebellion_iraq/)>. Acesso em: 9 maio 2017.

PAKISTAN: DOMESTIC Drones Ready. *The New York Times*, New York, 25 Nov. 2015. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2013/11/26/world/asia/pakistan-domestic-drones-ready.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

PARET, Peter. Military Power. *The Journal of Military History*, v. 53, n. 3, p. 239-256, Jul. 1989.

POPULAR MECHANICS. The Inside Story of the SWORDS Armed Robot "Pullout" in Iraq: Update. *Popular Mechanics*, [S.l.], 30 Oct. 2009. Disponível em: <<http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/a2804/4258963/>>. Acesso em: 9 maio 2017.

POSSAMAI, Ana Júlia. *Dados Abertos no Governo Federal Brasileiro: Desafios de Transparência e Interoperabilidade*. 2016. Tese (Doutorado em Ciência Política) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

PRATT, Gill. Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics? *Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 3, p. 51-60, 2015.

PRICE, Derek de Sola. Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography. *Technology and Culture*, v. 6, n. 4, p. 553-568, Oct. 1965.

PRINE, Carl. Focus Robots Poised to Take Over Wide Range of Military Jobs. *San Diego Union Tribune*, San Diego, 30 Jan. 2017a. Disponível em: <<http://www.sandiegouniontribune.com/military/sd-me-robots-military-20170130-story.html>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

PRINE, Carl. U.S. Defense Secretary Orders Review of F-35 Joint Strike Fighter Program. *The San Diego Union-Tribune*, San Diego, 27 Jan. 2017b. Disponível em: <<http://www.sandiegouniontribune.com/military/sd-me-joint-strike-20170126-story.html>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

RAWNSLEY, Adam. Like It or Not, Iran Is a Drone Power Sanctions Have not Stopped Tehran's Robot Development. *War is Boring*, [S.l.], 5 Sep. 2014. Disponível em: <<https://warisboring.com/like-it-or-not-iran-is-a-drone-power-e9899c954a3f#.mrkot4qp3>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

RAWNSLEY, Adam. Meet China's Killer Drones. *Foreign Policy*, [S.l.], 14 Jan. 2016. Disponível em: <<http://foreignpolicy.com/2016/01/14/meet-chinas-killer-drones/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

RAZA, Salvador. *Force Design for an Era of Transformation*. [S.l.], 2004.

RAZA, Salvador. *Projeto de Força: o Elo Ausente em Reformas de Defesa*. Trabalho apresentado no Conference on Research and Education in Defense and Security Studies (REDES), 2002a, Brasília, DF, Brasil.

RAZA, Salvador. *Security, Defense, and Force Design: Establishing Capability-Based Defense Planning*. Washington: Center for Hemispheric Defense Studies, 2002b.

RAZA, Salvador. *Sistemática Geral de Projeto de Força: Segurança, Relações Internacionais e Tecnologia*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

RAZA, Salvador. *VANT: Passaporte para Modernidade*. [S.l.]: 2012.

REGER, Bernard. *Trainer for Robotic Vehicle*. 2010. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US7860614>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

RICHARDSON, John. Chief of Naval Operations Adm. John Richardson: Deconstructing A2AD. *The National Interest*, [S.l.], 03 Oct. 2016. Disponível em: <<http://nationalinterest.org/feature/chief-naval-operations-adm-john-richardson-deconstructing-17918>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

RID, Thomas. *Cyber War Will not Take Place*. Oxford University Press: Oxford, 2013.

RIP, Arie. Science and Technology as Dancing Partners. In: KROES, Peter; BAKKER, Martijn (Ed.). *Technological Development and Science in the Industrial Age*. Dordrecht: Springer, 1992, p. 231-270.

ROGOWAY, Tyler. US Army Says It Badly Needs A Scout Helicopter After Junking The Ones It Had. *The Drive*, [S.l.], 2 Mai. 2017. Disponível em: <<http://www.thedrive.com/the-war-zone/8313/gray-eagle-drones-are-not-being-deployed-to-south-korea-as-a-reactionary-measure?iid=sr-link1>>. Acesso em: 12 maio 2017.

ROLAND, Alex. *Technology and War*. Chapel Hill: American Diplomacy, 1997.

Disponível em:

<[http://www.unc.edu/depts/diplomat/AD\\_Issues/amdipl\\_4/roland.html#intro](http://www.unc.edu/depts/diplomat/AD_Issues/amdipl_4/roland.html#intro)>. Acesso em: 13 out. 2016.

ROLAND, Alex. *War and Technology*. Philadelphia: Foreign Policy Research Institute,

2009. Disponível em: <<http://www.fpri.org/article/2009/02/war-and-technology>>. Acesso em: 13 out. 2016.

ROLAND, Alex. *War and Technology: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2016.

ROPP, Theodore. *War in the Modern World*. London: Collier-Macmillan, 1959.

ROSER, Max. *War and Peace after 1945*. Oxford: Our World in Data, 2016. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/war-and-peace-after-1945>>. Acesso em: 13 out. 2016.

ROSHEIM, Mark. *Leonardo's Lost Robots*. New York: Springer, 2006.

ROTHMAN, Wilson. Unmanned Warbots of WWI and WWII. *Gizmodo*, [S.l.], 24 Mar. 2009. Disponível em: <<http://gizmodo.com/5181576/unmanned-warbots-of-wwi-and-wwii>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

RT NEWS. US Army will Have More Combat Robots than Human Soldiers by 2025 – Former British Spy. *RT News*, [S.l.], 21 Oct. 2016. Disponível em:

<<https://www.rt.com/usa/363559-us-military-robots-soldiers/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

RUTHERFORD, James; AHLGREN, Andrew. *Science for All Americans*. 1990.

Disponível em: <<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap3.htm>>.

Acesso em: 27 out. 2016.

RYAN, Mick. Mastering the Profession of Arms, Part III: Competencies Today and Into the Future. *War on the Rocks*, [S.l.], 23 Mar. 2017. Disponível em:

<[https://warontherocks.com/2017/03/mastering-the-profession-of-arms-part-iii-competencies-today-and-into-the-future](https://warontherocks.com/2017/03/mastering-the-profession-of-arms-part-iii-competencies-today-and-into-the-future/)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SANDER, Alexandra. Third Offset Tech: What the Experts Say. *War on the Rocks*, [S.l.],

12 Mai. 2015. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/05/third-offset-tech-what-the-experts-say/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SANDER, Alison; WOLFGANG, Mel. *The Rise of Robotics*. Boston: BCG Perspectives, 2014.

SATELL, Greg. The Inevitable Collision of Technology and Politics. *Forbes*, [S.l.], 1 Feb. 2014. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/gregsatell/2014/02/01/the-inevitable-collision-of-technology-and-politics/#e0603993413f>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

SCHACHTMAN, Noah. Darpa Offers No Food for Thought. *Wired*, [S.I.], 17 Feb. 2004. Disponível em: <<https://www.wired.com/2004/02/darpa-offers-no-food-for-thought/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

SCHACHTMAN, Noah. U.S. Spies See Superhumans, Instant Cities by 2030. *Wired*, [S.I.], 12 Oct. 2012. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/12/superhumans-instant-cities/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

SCHARRE, Paul. Between a Roomba and a Terminator: What is Autonomy? *War on the Rocks*, [S.I.], 18 Feb. 2015a. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/02/between-a-roomba-and-a-terminator-what-is-autonomy/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHARRE, Paul. Commanding the Swarm. *War on the Rocks*, [S.I.], 25 Mar. 2015g. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/03/commanding-the-swarm/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHARRE, Paul. Counter-Swarm: A Guide to Defeating Robotic Swarms. *War on the Rocks*, [S.I.], 31 Mar. 2015b. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/03/counter-swarm-a-guide-to-defeating-robotic-swarms/>>. Acesso em: 31 mar. 2015,

SCHARRE, Paul. *Robotics on the Battlefield Part I: Range, Persistence and Daring*. Washington: Center for a New American Security, 2014.

SCHARRE, Paul. Robots at War and the Quality of Quantity. *War on the Rocks*, [S.I.], 26 Feb. 2015c. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/02/robots-at-war-and-the-quality-of-quantity/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHARRE, Paul. Robots at War and the Quality of Quantity. *War on the Rocks*, [S.I.], 26 Feb. 2015e. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/02/robots-at-war-and-the-quality-of-quantity/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHARRE, Paul. The Human Element in Robotic Warfare. *War on the Rocks*, [S.I.], 11 Mar. 2015f. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/03/the-human-element-in-robotic-warfare/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHARRE, Paul. Unleash the Swarm: The Future of Warfare. *War on the Rocks*, [S.I.], 4 Mar. 2015d. Disponível em: <<https://warontherocks.com/2015/03/unleash-the-swarm-the-future-of-warfare/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

SCHODT, Frederik. *Inside the Robot Kingdom: Japan, Mechatronics, and the Coming Robotopia*. Tokyo: Kodansha International, 1988.

SCHWARZ, Jon. Drones, IBM, and the Big Data of Death. *The Intercept*, [S.l.], 23 Oct. 2015. Disponível em: <<https://theintercept.com/2015/10/23/drones-ibm-and-the-big-data-of-death/>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SHABTAI, Shay. The War after Next is Here: What Does the Elephant Look Like? *Defense & Security Analysis*, [S.l.], Sep. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/14751798.2016.1233699>>. Acesso em: 13 out. 2016.

SHACHTMAN, Noah. Darpa Offers No Food for Thought. *Wired*, [S.l.], 17 Feb. 2004. Disponível em: <<https://www.wired.com/2004/02/darpa-offers-no-food-for-thought/?currentPage=all>>. Acesso em: 30 Nov. 2016

SHACHTMAN, Noah. U.S. Spies See Superhumans, Instant Cities by 2030. *Wired*, [S.l.], 10 Dec. 2012. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/12/superhumans-instant-cities/>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

SHANKER, Tom; RICHTELL, Matt. In New Military, Data Overload Can Be Deadly. *The New York Times*, New York, 16 Jan. 2011. Disponível em: <[http://www.nytimes.com/2011/01/17/technology/17brain.html?src=busIn&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2011/01/17/technology/17brain.html?src=busIn&_r=0)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SIEGEL, Mel. *Smart Sensors and Small Robots*. In: IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE 2001. Budapeste, Hungria, 2001.

SIEGEL, Mel. *The Sense-Think-Act Paradigm Revisited*. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ROBOTIC SENSING 2003. Orebro, Suécia, 2003.

SINGER, Peter. Robots at War: The New Battlefield. *The Wilson Quarterly*, [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://wilsonquarterly.com/quarterly/winter-2009-robots-at-war/robots-at-war-the-new-battlefield/>>. Acesso em: 8 maio 2017.

SINGER, Peter. The Robotics Revolution. *Brookings*, Washington, 11 Dec. 2012. Disponível em: <<https://www.brookings.edu/opinions/the-robotics-revolution/>>. Acesso em: 25 maio 2017.

SINGER, Peter. *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*. New York: Penguin Press, 2009.

SINISCALCHI, Joseph. Nonlethal Technologies and Military Strategy. In: MARTEL, William (Ed.). *The Technological Arsenal: Emerging Defense Capabilities*. Washington: Smithsonian Institute, 2001, p. 129-152.

SKOCPOL, Theda. Bringing the State Back In: Strategies of Analysis in Current Research. In: EVANS, Peter; RUESCHEMEYER, Dietrich; SKOCPOL, Theda. *Bringing the State Back In*. New York: Cambridge University Press, 1985. p. 03-37.

SOLANKI, Swapnil Singh. Jet Engine. *Technomech*, [S.l.], 13 Aug. 2013. Disponível em: <<http://www.techomech.com/jet-engine/>>. Acesso em: 8 maio 2017.

SSR. 2008. Disponível em: <<http://www.eecs.harvard.edu/ssr/projects/progSA/kilobot.html>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

STOTT, Andrew; NEUSTAEDTER, Carman. *Analysis of Gamification in Education*. 2013. Disponível em: <<http://clab.iat.sfu.ca/pubs/Stott-Gamification.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

STULBERG, Adam; SALOMONE Michael. *Managing Defense Transformation: Agency, Culture and Service Change*. Hampshire: Ashgate, 2007.

SYMON, Paul; TARAPORE, Arzan. Defense Intelligence Analysis in the Age of Big Data. *Joint Force Quarterly*, v. 79, n. 4, p. 04-11, 2015. Disponível em: <<http://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/621113/defense-intelligence-analysis-in-the-age-of-big-data/>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

TADJDEH, Yasmin. Army Seeks Robots That Are Interoperable With Allies. *National Defense Magazine*, [S.l.], Sep. 2013. Disponível em: <<http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2013/September/Pages/ArmySeeksRobotsThatAreInteroperableWithAllies.aspx>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

TELLIS, Ashley *et al.* *Measuring National Power in the Postindustrial Age*. Santa Monica: RAND Corporation, 2000. Disponível em: <[http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR1110.html](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1110.html)>. Acesso em: 07 abr. 2017.

TERDIMAN, Daniel. The History of the Predator, the Drone that Changed the World (Q&A). *CNET*, [S.l.], 20 Sep. 2014. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/the-history-of-the-predator-the-drone-that-changed-the-world-q-a/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

THE NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION - NATO. *STANAG 4586–Standard Interfaces of UCS for NATO UAV - NATO STO*. 2012. Disponível em: <<https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-271/EN-SCI-271-03.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

THOMAS-NOONE, Brendan. James Mattis: Readiness vs Offset. *Australian Strategic Policy Institute*, [S.l.], 25 Jan. 2017. Disponível em: <<https://www.aspistrategist.org.au/james-mattis-readiness-vs-offset/>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

THOMPSON, Cadie. The US Military is Testing \$40,000 Surveillance Drones that can Fit in the Palm of Your Hand. *Business Insider*, [S.l.], 2 Jun. 2015. Disponível em:

<<http://www.businessinsider.com/heres-the-tiny-drone-the-us-military-is-testing-2015-6>. Jun 2 2015>. Acesso em: 31 mar. 2017.

THOMPSON, Clive. *Smarter Than You Think*, [S.I.], 2017a. Disponível em: <<http://smarterthanyouthink.net/excerpt/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

THOMPSON, Loren. How Mattis' Plan For Fixing The U.S. Military Would Transform The Army. *Forbes*, [S.I.], 3 Feb. 2017b. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/lorenthompson/2017/02/03/how-the-mattis-campaign-plan-for-fixing-americas-military-will-transform-the-u-s-army/#5df05f10348c>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

TILLY, Charles. *Coerção, Capital e Estados Europeus*. São Paulo: Edusp, 1996.

TILLY, Charles. *Democracy*. New York: Cambridge University Press, 2007.

TILLY, Charles. War Making and State Making as Organized Crime. In: EVANS, Peter; RUESCHEMEYER, Dietrich; SKOCPOL, Theda. *Bringing the State Back In*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

TOFFLER, Alvin Toffler; TOFFLER, Heidi. Foreword: The New Intangibles. In: ARQUILLA, John; RONFELDT, David (Ed.). *In Athena's Camp: Preparing for Conflict in the Information Age*. Santa Monica: RAND, 1997, p. XIII-XXIV.

TURSE, Nick. Pentagon Video Warns Of "Unavoidable" Dystopian Future For World's Biggest Cities. *The Intercept*, [S.I.], 13 Oct. 2016. Disponível em: <<https://theintercept.com/2016/10/13/pentagon-video-warns-of-unavoidable-dystopian-future-for-worlds-biggest-cities/>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

UNITED NATIONS - UN. A Call for a Moratorium on the Development and Use of Lethal Autonomous Robots. *UNHR News*, [S.I.], 31 Mai. 2013a. Disponível em: <<http://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/Acallforamoratoriumonthedevelopmentrobots.aspx>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

UNITED NATIONS - UN. *Draft Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons*. 6 Jul. 2017. Disponível em: <<http://www.undocs.org/en/a/conf.229/2017/L.3/Rev.1>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

UNITED NATIONS - UN. UN Rights Experts Call for Transparency in the Use of Armed Drones, Citing Risks of Illegal Use. *UN News Center*, [S.I.], 25 Oct. 2013b. Disponível em: <[http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=46338&Cr=terror&Cr1=drone#.UnPkN\\_IQGgk](http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=46338&Cr=terror&Cr1=drone#.UnPkN_IQGgk)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

UNITED STATES. Department of Defense - DOD. *DOD Dictionary of Military and Associated Terms*. 2017. Disponível em: <[http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/dictionary.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/dictionary.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

UNITED STATES. U.S. Air Force - USAF. MQ-1B Predator. *USAF*, [S.l.], 23 Sep. 2015. Disponível em: <<http://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104469/mq-1b-predator/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

UNITED STATES. U.S. Army Training and Doctrine Command - TRADOC. *U.S. Army UAS Roadmap 2010-2035*. 2010. Disponível em: <<http://www.rucker.army.mil/usaace/uas/US%20Army%20UAS%20RoadMap%202010%202035.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

UNITED STATES. U.S. Government Accountability Office - GAO. *Agencies Could Improve Information Sharing and End-Use Monitoring on Unmanned Aerial Vehicle Exports*. Washington: GAO, 2012.

VAN CREVELD, Martin. *Technology and War: From 2000 B.C. to the Present*. New York: The Free Press, 1991.

VAN CREVELD, Martin. *The Transformation of War: The Most Radical Reinterpretation of Armed Conflict since Clausewitz (A Revised and Expanded Edition)*. New York: The Free Press, 1991.

VANDERBILT, Tom. The Real da Vinci Code. *Wired*, [S.l.], Nov. 2004. Disponível em: <[http://archive.wired.com/wired/archive/12.11/davinci.html?pg=1&topic=davinci&topic\\_s](http://archive.wired.com/wired/archive/12.11/davinci.html?pg=1&topic=davinci&topic_s) et>. Acesso em: 25 jun. 2015.

VERBEEK, Peter-Paul; VERMASS, Pieter. Technological Artifacts. In: OLSEN, Jan; PEDERSEN, Andur; HENDRICKS, Vincent (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford: Blackwell, 2009, p. 165-171.

VERGUN, David. Lethality Expert: TRADOC to Publish Helpful Robotics Doctrine. *U.S. Army*, [S.l.], 9 Apr. 2015. Disponível em: <[https://www.army.mil/article/146129/Lethality\\_expert\\_\\_TRADOC\\_to\\_publish\\_helpful\\_robotics\\_doctrine](https://www.army.mil/article/146129/Lethality_expert__TRADOC_to_publish_helpful_robotics_doctrine)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

VICENTE, João. *Guerra Aérea Remota: A Revolução do Poder Aéreo e as Oportunidades para Portugal*. Porto: IESM, 2013.

WANG, Brian. Russia Indicates that They are Matching US Hard and Soft Military Exoskeleton Development. *Next Big Future*, [S.l.], 15 Nov. 2016. Disponível em: <<http://www.nextbigfuture.com/2016/11/russia-indicates-that-they-are-matching.html>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

WHITLOCK, Craig. U.S. Military Drone Surveillance is Expanding to Hot Spots Beyond Declared Combat Zones. *The Washington Post*, Washington, 20 Jul. 2013. Disponível em: <[https://www.washingtonpost.com/world/national-security/us-military-drone-surveillance-is-expanding-to-hot-spots-beyond-declared-combat-zones/2013/07/20/0a57fbda-ef1c-11e2-8163-2c7021381a75\\_story.html?utm\\_term=.33d3c0a7c8be](https://www.washingtonpost.com/world/national-security/us-military-drone-surveillance-is-expanding-to-hot-spots-beyond-declared-combat-zones/2013/07/20/0a57fbda-ef1c-11e2-8163-2c7021381a75_story.html?utm_term=.33d3c0a7c8be)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

WHITTLE, Richard. Grey Eagle-Apache Run Shows Tech's Not Enough; Ya Gotta Have Doctrine. *Breaking Defense*, [S.l.], 7 Mai. 2015. Disponível em: <<http://breakingdefense.com/2015/05/grey-eagle-apache-run-shows-techs-not-enough-to-use-drones-ya-gotta-have-doctrine/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

WHITTLE, Richard. The Man Who Invented the Predator. *Air & Space Magazine*, [S.l.], Apr. 2013. Disponível em: <<http://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-invented-the-predator-3970502/?page=1>>. Acesso em: 10 maio 2017.

WIENER, Norbert. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge: The MIT Press, 1948.

WINNER, Langon. Do Artifacts Have Politics? *Daedalus - Modern Technology: Problem or Opportunity*, v. 109, n. 1, p. 121-136, 1980.

WONG, Wilson. *Emerging Military technologies: A Guide to the Issues*. Santa Barbara: Praeger, 2013.

WORK, Robert. Remarks by Deputy Secretary Work on Third Offset Strategy as Delivered by Deputy Secretary of Defense Bob Work, Brussels, Belgium, April 28, 2016. *U.S. Department of Defense*, [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/753482/remarks-by-d%20eputy-secretary-work-on-third-offset-strategy>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

WORLD BANK. *Armed Forces Personnel, Total*, [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/MS.MIL.TOTL.P1?end=2015&locations=US&page=4&start=1985&view=chart>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

WRIGHT, Quincy. *A Study of War Vol. 1*. Chicago: University of Chicago Press, 1942a.

WRIGHT, Quincy. *A Study of War Vol. 2*. Chicago: University of Chicago Press, 1942b.

YAMAUCHI, Brian. PackBot: A Versatile Platform for Military Robotics. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 5422*, [S.l.], Sep. 2004. Disponível em: <<http://webpages.uncc.edu/~jmconrad/ECGR6185-2008-01/notes/packbot.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2017.

YIN, Robert. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YOUNG, Chris. Military Intelligence Redefined: Big Data in the Battlefield. *Forbes*, [S.l.], 12 Mar. 2012. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/teconomy/2012/03/12/military-intelligence-redefined-big-data-in-the-battlefield/#20fbe2a6718f>>. Acesso em: 2 dez. 2016.