1748
TEXTO PARA DISCUSSÃO

ipea

TECNOLOGIA MILITAR E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE HISTÓRICA

Érico Esteves Duarte

ipea 47 anos
Por um Brasil desenvolvido

1748

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Rio de Janeiro, junho de 2012

TECNOLOGIA MILITAR E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE HISTÓRICA

Érico Esteves Duarte*

*Professor do Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e bolsista do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) do Ipea.

Governo Federal

Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
Ministro Wellington Moreira Franco

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Marcio Pochmann

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Geová Parente Farias

Diretora de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Luciana Acioly da Silva

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Alexandre de Ávila Gomide

Diretora de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Vanessa Petrelli Corrêa

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Francisco de Assis Costa

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Carlos Eduardo Fernandez da Silveira

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete
Fabio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
Daniel Castro

URL: http://www.ipea.gov.br
Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

ISSN 1415-4765

JEL: O33

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 O QUE É TECNOLOGIA? 8

3 TECNOLOGIA E GUERRA 16

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 30

REFERÊNCIAS 32

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR 35

SINOPSE

O presente artigo busca contribuir para o debate público motivado pela Estratégia Nacional de Defesa contrapondo-se à expectativa de que a modernização em tecnologia militar tenha efeitos positivos e diretos na capacidade combatente das forças armadas e no desenvolvimento tecnológico civil. O artigo: *i*) propõe uma definição de tecnologia, assim como uma análise histórica de sua evolução e dos requisitos sociais para seu desenvolvimento; *ii*) qualifica os limites e dificuldades de inovação em forças armadas na conduta da guerra; e *iii*) infere as tendências históricas de transferência tecnológica entre esferas militares e civis. O artigo conclui que as forças armadas não são o vetor ideal de inovação de uma sociedade; por isso se argumenta que a decisão pela modernização das Forças Armadas brasileiras não deve ser sujeita a critérios de desenvolvimento econômico, bem como as iniciativas de ganho de produtividade ou inovação tecnológica do parque industrial civil brasileiro não devem obedecer a critérios e necessidades de organizações militares.

Palavras-chave: Tecnologia militar, desenvolvimento econômico, história militar, estudos estratégicos, defesa nacional, *spin-off*.

ABSTRACT[i]

This article aims to foster the national defense debate by arguing against the expectative in favor of the linkage between military technology, on one side, and combatant capacity and economic development, on another one. This article argues: *i*) a definition of technology that entails on a historical analysis of its evolution and a set of social requirements for its development; *ii*) the aspects of the conduct of war that limit and hamper overall innovation within armed forces; and *iii*) the causes that explain the historical trends of technological exchanges between military and civilian areas. This article concludes that the armed forces are not the ideal driving-force of innovation within a society. It sustains the argument that Brazilian armed forces modernization should not be according to economic development requirements and that Brazilian non-military industrial and technological promotion should not be dependent of military requirements and demands.

Keywords: Military technology, economic development, military history, strategic studies, national defense, spin-off.

i. *The versions in English of the abstracts of this series have not been edited by Ipea's editorial department.*
As versões em língua inglesa das sinopses (*abstracts*) desta coleção não são objeto de revisão pelo Editorial do Ipea.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo é motivado pelo debate sobre a modernização das Forças Armadas brasileiras e seu impacto no desenvolvimento econômico do país.

Seguindo a orientação apresentada pela Estratégia Nacional de Defesa (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2008), há uma expectativa de que a incorporação de tecnologias de ponta nas Forças Armadas brasileiras teria dois efeitos automáticos: *i*) a elevação da capacidade combatente das Forças Armadas brasileiras; e *ii*) a difusão de instâncias diretas e indiretas de transferência de tecnologia para a sociedade civil brasileira, o que impulsionaria seu desenvolvimento (LONGO, 2007; AGUILAR, 2009; BAVA, 2009; GUERRA, 2010; NETO, 2011).

A partir de um arcabouço conceitual e histórico, esse estudo busca se inserir neste debate qualificando o entendimento de tecnologia e as peculiaridades de seu impacto na condução da guerra e na preparação de forças armadas. Advoga-se que o desenvolvimento tecnológico depende de condições sociais específicas e que as condições sociais no universo das empresas e das atividades produtivas são bastante diferentes daquelas das forças armadas. Por conta disso, apesar de possível, as expectativas de que a transferência de tecnologia militar produza sempre e ao mesmo tempo os dois resultados esperados podem ser exageradas.

Assume-se aqui, portanto, uma dimensão instrumental e de subordinação social da tecnologia, expondo argumentos e evidências históricas que confrontam os entendimentos deterministas que presumem a autonomia da tecnologia por sobre as atividades sociais que ela afeta. Apresenta-se um enquadramento inicial da evolução histórica da tecnologia, delineando suas interações com a ciência, a engenharia e a economia. Em seguida, desdobra-se este enquadramento na dimensão bélica, discutindo-se a questão da tecnologia na guerra e, por conta disso, esclarecendo-se que existe um acúmulo de experiência e entendimento no sentido de que o papel da tecnologia na modernização de forças armadas é extremamente peculiar, tornando qualquer tipo de manipulação de seus efeitos para outras atividades sociais civis um empreendimento difícil e, possivelmente, arriscado.

Espera-se, a partir desse tratamento, auxiliar o leitor com insumos para refletir sobre propostas contemporâneas que buscam dar conta do relacionamento entre tecnologia e forças armadas.

2 O QUE É TECNOLOGIA?

Esta primeira seção do estudo apresenta o papel da tecnologia na sociedade como um todo. Ela é necessária para que a compreensão do impacto da tecnologia na guerra não seja refém de expectativas que distorcem o que a tecnologia de fato seja do ponto de vista estrito e, portanto, do que se pode esperar de soluções tecnológicas para atividades militares e não militares. Essas expectativas são alimentadas por proposições que elegem a tecnologia como um fator explicativo da vida social, seja em termos de sua sobrelevação na mídia seja em termos de seu *marketing* como caminho ou símbolo de progresso. De uma maneira ou de outra, expressam três entendimentos insatisfatórios sobre tecnologia.

O primeiro é que a tecnologia é "a maneira como as coisas são feitas em um campo da atividade humana". Dessa forma, a tecnologia não tem sentido em si mesma, mas denotaria um grupo de atividades com propósitos específicos (FRANKLIN, 1999). Por conseguinte, ela teria existido em todas as sociedades e ao longo de toda a história, apenas se diferenciando em termos de contexto, práticas e efeitos sociais como, por exemplo, a "tecnologia esportiva" ou a "tecnologia bélica" de um determinado povo em um determinado momento histórico.

O segundo entendimento é o que toma a tecnologia como uma forma de referenciar qualquer tipo de inovação progressiva e útil de destaque; ou seja, a tecnologia seria um descritor da condição mais avançada de um determinado momento ou campo de aplicação (SMITH; MARX, 1994). Isso provoca a segregação da discussão em termos de aperfeiçoamentos tecnológicos pontuais ou localizados, mas não da tecnologia em si mesma e do que se percebe ou se descreve como as descontinuidades de "novas tecnologias".

O terceiro entendimento é o que desloca a definição de tecnologia para fazê-la sinônimo de solução técnica ou de ordem, compreendendo-a como qualquer arranjo capaz de racionalizar custos ou promover incrementos de desempenho (KLEMM, 1964).

Certamente, existem evidentes superposições entre estas formas de compreender a tecnologia, mas isso não parece comprometer o seu uso; ao contrário, é mais comum que se discuta tecnologia com uma mescla dessas formas. Nenhuma das formas, contudo, se sustenta sem considerável qualificação, deixando-se sem cuidado o principal problema metodológico para o seu estudo: a aceitação, mais ou menos implícita e mais ou menos protagônica, de alguma forma de determinismo da tecnologia sobre todas as realizações humanas. Esse é um equívoco comum e de considerável alcance. Presume, de forma acrítica e por vezes mesmo inconsciente, que a tecnologia afeta todos os ramos da atividade humana de uma mesma maneira, desempenhando assim um mesmo papel, independentemente do tema de que se esteja tratando. Que essa expectativa não se sustente quando assim expressa não tem sido suficiente para impedir o seu uso contínuo. É importante reconhecer que o progresso técnico – ou tecnológico – na educação, nos esportes, na agricultura ou na guerra compreende processos e resultados marcadamente distintos, em termos tanto de sua natureza quanto da forma de seus efeitos.

Assim, é preciso cautela em relação às expectativas de que a tecnologia afeta da mesma maneira todas as esferas da sociedade e em todos os tempos. Isso significa expor como falaciosa a expectativa pela qual a tecnologia é o motor da história e conforma as sociedades que a utilizam. Por isso, não é consistente uma definição tão ampla de tecnologia, na qual o desejo de preservar sua generalidade acaba por destruir a sua capacidade de descrever e de explicar como ela pode afetar cada uma dessas atividades sociais. O problema desse determinismo histórico é que ele simplifica e equaliza todas as atividades humanas e confunde o real papel da dinâmica tecnológica, emancipando-a do que lhe dá origem e significado. Uma definição conceitual de tecnologia é, portanto, importante para que se possa qualificar os impactos específicos da tecnologia na guerra.

2.1 A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA

A tecnologia é uma técnica capaz de ser reproduzida conscientemente em qualquer lugar e a qualquer momento. Essa definição implica o entendimento de que a tecnologia nem sempre existiu como um traço das sociedades humanas. Ela surgiu pelo processo gradual de produção e intercâmbio de técnicas entre várias sociedades e, ainda, pelo benefício do surgimento da ciência, da engenharia e do capitalismo. Portanto, deve-se distinguir inicialmente *técnica* de *tecnologia* para se entender os requisitos e as consequências na evolução de uma para outra.

O entendimento mais antigo de técnica está contido em sua raiz grega "*techné*". Seu significado tem sua expressão mais sistemática e refletida como parte da epistemologia de Aristóteles, que categoriza a técnica dentro de um tipo de conhecimento inferior e basal. Do ponto de vista da filosofia de Aristóteles, a técnica é todo tipo de conhecimento que visa uma aplicação prática. Sua inferioridade reside em ser um conhecimento transiente e de efeito social sempre fugaz, em contraposição aos outros tipos – como a filosofia – capazes de produzir conhecimentos de valor universal ou com efeitos sociais mais profundos (ARISTOTLE, 1984).

Na Europa capitalista pré-industrial do século XVII, o entendimento de técnica correspondia às diversas formas de manufatura e artesanato, com fortes raízes e conteúdos locais. Nesse caso, a técnica passou a ser associada à atividade econômica das associações de artesãos e suas respectivas capacidades de produção material. É importante compreender que, até após a Revolução Industrial, a tecnologia era um fenômeno muito incipiente, pois a maioria das técnicas era local e de muito limitada replicação (LANDES, 1996).

Durante a maior parte da história, a técnica correspondeu aos conteúdos singularizados de soluções tradicionais. Por exemplo, o pinho de Riga – e de nenhum outro lugar – era o único de utilidade para mastros; e as sardinhas portuguesas – e de nenhum outro lugar – tinham durabilidade distintiva. Não era possível se ter pinhos ou sardinhas de outros lugares com as qualidades desejadas porque não se tinha o conhecimento de que o regime de invernos muito frios e secos e verões muito quentes e úmidos emprestam uma qualidade única a pinhos de Riga; e não se sabia como a combinação da acidez e pureza do azeite português se mesclava com a umidade e a porosidade das madeiras da preservação da sardinha. Por isso, essas técnicas eram inteiramente dependentes das regras desenvolvidas pela experiência e de um determinado contexto local de sua aplicação. De fato, antes da tecnologia, a técnica era o inventário das diversas especificidades de produtos que expressavam processos locais e sua composição.[1]

1. Nota-se que existem certas técnicas que ainda não são passíveis de reprodução, mesmo com o benefício de modernos laboratórios do presente, porque não se dominam todas as singularidades de ambiente e insumos de um produto. Por exemplo, o charuto cubano.

A Escola de Sagres corresponde ao ponto mais alto da possibilidade de intercâmbio translocal de técnicas, e pode mesmo ser vista como a fronteira da passagem rumo a algo que não é mais estritamente local e tradicional. Num primeiro momento, a agremiação de conhecedores de diversas origens urdiu o projeto dos navios oceânicos. Essa era uma inovação distintiva, que veio a produzir, num prazo de décadas de tentativa e erro, as caravelas, as carracas e os galeões. Num momento seguinte, tendo articulado e consolidado uma nova técnica, a Escola perdeu sentido. O resultado do seu esforço foi inteiramente assimilável e compreensível por indivíduos, ao que se seguiu a dispersão de seus resultados nas pessoas dos conhecedores desta nova técnica. Isto porque este resultado é propriamente técnico: a receita de procedimentos que produz o navio oceânico. O que houve de distintivo foi o círculo virtuoso da maritimidade, que fez com que se tivesse acesso a uma diversidade de localidades e seus respectivos produtos, que puderam, então, ser utilizados na construção dos navios. Instaurou-se assim uma forma branda de translocalidade, mas que era ainda a "localidade" do acesso marítimo a um receituário dos produtos mapeados para a produção de navios, como o pinho de Riga, já citado, para os mastros.

A limitação de compreensão *real* das receitas e procedimentos explica como ela não pode ser automaticamente associada à *inovação* em termos históricos no sentido que se dá ao termo contemporaneamente. De fato, em seus primeiros momentos, a técnica evoluiu pela emancipação da localidade e da tradição, muito mais relacionada à perspectiva de universalização de um tipo de capacidade ou habilidade do que à sua alteração contínua e à compreensão de sua eficácia.

A história da técnica, portanto, é tão antiga quanto os primeiros bandos primitivos humanos. Já a difusão de técnicas se deu pontualmente, raramente com consciência do processo de produção, e cada grupo humano tinha a sua própria técnica. A disseminação técnica do arco e flecha ao longo da Eurásia foi um exemplo, pois os diversos arcos da história tiveram desempenhos variados, tornando-se expressões culturais de grupos e diferenciais de suas capacidades combatentes. Apenas após milênios, na Idade Média, foi possível a produção de arcos com potencial equivalente em várias regiões distintas. Diferentemente, a disseminação tecnológica da besta – com o benefício de uma protoengenharia – foi muito mais rápida e de qualidade mais homogênea entre os primeiros modelos chineses e aqueles usados por toda a Europa. Independentemente da técnica envolvida, por boa parte de suas histórias, a produção de arcos e bestas foi em

números limitados. Suas respectivas produções em ordem fabril ocorreram na precoce monarquia inglesa do século XIV em decorrência do reconhecimento racional de técnicas passíveis de replicação e de um estágio social mais avançado de uma economia de comando (BACHRACH, 2004, 2006).

O desenvolvimento de tecnologias, segundo essa definição de técnicas translocais e racionalmente reconhecidas, ocorreu de maneira expressiva e continuada a partir do século XVIII, quando foi possível identificar as condições ambientais que faziam o pinho de Riga tão adequado aos mastros e localizar outros lugares com estas mesmas condições como fontes alternativas de mastros, como o nordeste da América do Norte. Da mesma forma, e no mesmo período, se buscou e se chegou a tecnologias de preservação de proteínas mais universais que o azeitamento, como a defumação com sal ou açúcar ou, simplesmente, o salgamento de carnes com gorduras. Tal entendimento remete à origem do método científico como o processo sistemático de investigação, tendo em vista a produção de teorias, regras de entendimento e formas de manipulação dos fenômenos naturais e sociais.

A tecnologia apenas desenvolveu-se a partir do momento em que os que hoje denominamos "inventores" passaram a fazer uso das possibilidades dos conhecimentos físico, químico, matemático, biológico e histórico. Foi a partir de vínculos institucionais e profissionais entre a atividade científica e a engenharia, entre os séculos XVII e XVIII, que se afirmou uma perspectiva técnica translocal de ambição de validade realmente universal, capaz de traduzir recursos locais na linguagem da ciência. E daí decorreu a grande onda de desenvolvimento tecnológico, responsável, em grande parte, pelo advento e expansão da Revolução Industrial, numa fusão de ramos tecnológicos diferenciados, de produto e de processo, sem paralelo.[2] A consolidação dessa associação deu-se com a criação dos primeiros institutos de engenharia no século XIX. É em consequência do uso de métodos científicos, em combinação com outros métodos menos sistemáticos e formais, que houve a criação de uma base regular de desenvolvimento tecnológico. Isso permitiu um grau de sistematicidade e, progressivamente, de universalidade, que produziu um espaço cada vez mais afastado do conhecimento técnico local.

2. Para uma apreciação histórica das correspondências entre engenheiros, inventores e capitalistas, ver Landes (1996).

A centralidade da engenharia, em seu início, residia na tensão entre a fortificação e o sítio, entre a geometria da defesa fortificada e o canhão. Isto abriu espaço para a sofisticação na matematização de resultados em função de ganhos de escala. Um engenheiro fundia ou operava muito mais canhões que um arquiteto produzia prédios ou navios, e ordinariamente tinha que dar conta, na fortificação, de muito mais canhões. Nem o arquiteto de prédios nem o de navios podiam reunir este tipo de informação sobre o mar, o clima ou o desgaste ao longo do tempo de maneira tão fácil. A física dos canhões e da balística, em si mesma, era inteiramente emancipada do local e, portanto, a engenharia foi fonte pioneira de tecnologia. Isso produziu um ganho de escopo substancial porque a formação de novos engenheiros embutia uma polivalência translocal e uma capacidade explicativa e preditiva únicas, o que explica a inovação sem paralelo da artilharia e das marinhas ao longo do século XIX (GUELARC, 1986).

Esse avanço estrutural da tecnologia em centros e profissionais se deve ao longo e gradual processo social de sua vinculação e utilidade para o capitalismo. Da mesma maneira como eles subsidiaram e financiaram a construção do Estado do Antigo Regime, as burguesias nacionais estabeleceram um *ethos* social favorável e permanente à inovação tecnológica pela lógica de mercado, com o seu horizonte primeiro sendo a maximização do lucro e, em função disso, tendo um viés pelo incremento de produtividade. Há diversas formas de explicar o estabelecimento e o continuado funcionamento deste arranjo: a questão de vantagens comparativas; a lógica da inovação; e a criação de novos mercados ou a perspectiva de monopólio, no contexto da economia concorrencial e da disputa de poder entre os Estados.[3]

No entanto, apesar da possibilidade de oferta de uma mesma técnica a sociedades em locais e ambientes diferentes, deve-se apreciar que a difusão tecnológica recorrentemente se dá por um processo sociológico. Isso implica que o desenvolvimento de uma tecnologia – e mesmo a possibilidade de seu efeito inovador – é determinado pelo seu significado e pela sua utilidade imediata num determinado contexto social. Essa dependência é explícita e distingue a evolução da tecnologia como uma determinada forma de criação de ferramentas e métodos nos últimos dois séculos. Isso significa que existe uma tensão potencial, ocasionalmente concreta,

3. Para a discussão teórica mais contundente, ver Schumpeter (1962). Sobre os desdobramentos das condições da guerra contemporânea, ver Earle (1943), Neumann e Hagen (1986) e Parker (2005).

entre a dinâmica interna da lógica de desenvolvimento de técnicas e a percepção de sua utilidade por uma sociedade, o que incide na vontade política e nos recursos disponibilizados para a produção da tecnologia. De fato, a tecnologia apenas difundiu-se a partir da combinação particular de: fragmentação política, expansão global da lógica de mercado e cientificização dessas atividades produtivas no Ocidente, a partir da qual se estabeleceu um ambiente social favorável à tecnologia como um atributo constante na vida social contemporânea (MACNEILL, 1982).

2.2 AS CONDIÇÕES SOCIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Historicamente, existiu um ambiente social ideal em certos locais que permitiu o desenvolvimento técnico – e posteriormente tecnológico. Ele se deu através da combinação de três fatores: *i*) uma necessidade social; *ii*) recursos sociais disponíveis; e *iii*) um *ethos* social favorável. Na falta de algum desses, dificilmente se desenvolveu ou se assimilou uma inovação técnica ou tecnológica (BUCHANAN, 1994).

Primeiro, o desenvolvimento técnico está associado a um forte sentimento de necessidade. Sem uma divisão do trabalho orientada e capaz de sustentar a especialização, seja como resultado de dinâmicas sociais de mercado seja como resultado de comando político, não há como se ultrapassar, ainda que se possa aperfeiçoar, determinados resultados técnicos. Uma nova técnica – de um instrumento ou um método – deve ter melhor resultado produtivo em termos de desempenho ou custos para se justificar. Não importa qual a fonte da necessidade social que se atenda, é essencial que o instrumento ou o método tenha conhecimento e interesse de um número suficiente de pessoas de onde irão se originar os consumidores necessários para a sua produção (CAMP, 1995).

Nesse sentido, a geografia teve grande influência no desenvolvimento e na difusão de técnicas. Por um lado, sociedades que possuíam vantagens geográficas, como abundância de recursos naturais, solo produtivo e grande população tiveram menor necessidade de aperfeiçoamento técnico; o que dispunham era suficiente, satisfatório, ou a alternativa ficava aquém do custo de oportunidade percebido. Por outro lado, sociedades em condições geográficas desfavoráveis desenvolveram formas de incrementar seus meios produtivos, suprindo ou contornando a escassez. Da mesma maneira, a maior ou menor interação com outras sociedades "gerou" necessidades – ou pelo menos a percepção de necessidades. Sociedades mais isoladas geograficamente não se sentiram

compelidas ao desenvolvimento de técnicas de guerra ou técnicas produtivas associadas às relações de comércio, por serem privadas tanto do acesso quanto do contraste com alternativas. Diversas sociedades em contato umas com as outras, compartilhando uma mesma região ou o acesso a rios e mares puderam comparar-se, copiar-se e competir, levando ao desenvolvimento de técnicas que geravam vantagens econômicas e militares sobre as outras.[4] Por isso, a inovação tecnológica depende de um ambiente de necessidade e mesmo de recursos escassos de uma economia de mercado, ou, alternativamente, de uma demanda de desempenho específica passível de ser atendida por economias de comando (MACNEILL, 1982).

Segundo, uma inovação técnica pode ser descartada por falta de recursos sociais disponíveis, sejam estes: capital, materiais e capacitação. Capital corresponde aos excedentes, num arranjo tal de divisão de trabalho que possa direcionar riqueza acumulada em meios úteis para o que se deseja inventar ou aperfeiçoar. Materiais envolvem a disponibilidade de substâncias com a qualidade e a quantidade apropriadas para a manufatura, ao menos de um protótipo, de novos inventos ou de novos arranjos. Capacitação, a seu turno, expressa a disponibilidade de número e competência de técnicos capazes de construir novos artefatos ou conceber procedimentos de novos processos.

Terceiro, um *ethos* social favorável implica um ambiente receptivo a novas ideias, no qual grupos sociais dominantes estão preparados para considerar seriamente as inovações, pelo menos até o ponto de experimentá-las. Sem esse ambiente favorável, não existe encorajamento ou consequência a qualquer inovação que um gênio inventor possa produzir. Isso pode ocorrer porque a nova técnica não é realmente relevante ou porque ela não é percebida como tal. Há ainda a questão da recompensa pela inovação, isto é, as formas sociais pelas quais quem inova é premiado por seus esforços. Pode haver ampla receptividade à inovação, mas, se ela é objeto de predação, quem poderia inovar não tem incentivo para tal. E isto explica a importância do reconhecimento das patentes para o avanço tecnológico contemporâneo (LANDES, 1996; WENK, 1999).

Ainda assim, deve-se entender como as condições sociais para o desenvolvimento tecnológico são peculiares e historicamente recentes no mundo das organizações

4. São por essas diferenças que se explicam os descompassos de desenvolvimento de progresso tecnológico entre Europa, por um lado, e Índia e China, por outro, em direção à Revolução Industrial (DIAMOND, 1999; LANDES, 1996).

capitalistas. A partir deste entendimento se pode qualificar como esta necessária combinação social é muito mais difícil de ocorrer no universo das organizações militares e que, ademais, ela repercute em efeitos também distintos dos de outras atividades sociais.

3 TECNOLOGIA E GUERRA

É com esse arcabouço que se propõe inferir o papel da tecnologia na guerra. Pretende-se demonstrar que a tecnologia militar é tão social e subordinada aos interesses e particularidades de uma sociedade quanto qualquer outro tipo de tecnologia; entretanto, ela se torna subordinada às particularidades da atividade bélica que constrangem o desenvolvimento tecnológico dentro das organizações militares.

3.1 TECNOLOGIA, INOVAÇÃO MILITAR E A EVOLUÇÃO DAS FORÇAS ARMADAS

A lógica da tecnologia, tal como concebida na economia ou na engenharia, enquadra-a em termos de eficácia pela inovação de um produto e em termos de eficiência pela inovação de um processo. A lógica tecnológica é, portanto, marcada por um processo combinado de eficiência e eficácia; a lógica da guerra, porém, não é esta. Existem duas cautelas que se deve ter no entendimento do processo de inovação dentro de instituições militares.

Primeiro, inovação de tecnologia militar e capacitação combatente não são a mesma coisa.[5] Por um lado, o incremento ou desenvolvimento de um armamento ou procedimento mais moderno nem sempre produz efeitos táticos suficientes de maneira a justificá-lo. Por outro lado, ele pode produzir outros efeitos – estratégicos e logísticos – proibitivos. Segundo, é comum que uma inovação de equipamento ou procedimento, que produza reconhecidamente ganho de desempenho combatente, seja descartada por ser incompatível com outros aspectos de emprego de uma organização militar. Ela pode não ser assimilada por: insuficiência de recursos disponíveis ou alocados pela liderança política; resistência institucional; ou por não apresentar ganho aparente de desempenho estratégico (HOROWITZ, 2010; ROSEN, 1994).

5. Para uma apreciação qualificada da tecnologia como uma componente do emprego combatente através de estudos de caso, estatísticos e de modelagem computacional, ver Biddle (2006).

A dissociação entre inovação de tecnologia militar e capacitação combatente se deve não só ao fato de que as instituições militares são menos dinâmicas que as corporações, mas, também, porque uma série contínua de mudanças de bases tecnológicas – armamentos, por exemplo – traz, muitas vezes, mais efeitos negativos do que positivos para a capacidade combatente de uma organização militar. Um processo contínuo de inovação acarreta incerteza em relação à utilidade, à usabilidade e à segurança de um novo armamento pelo fato de ele não ter sido testado em combate. Da mesma maneira, mudanças constantes de equipamento resultam na falta de preparo de procedimentos, especializações e competências, sem as quais nenhuma força armada é capaz de operar. Forças armadas operam num ambiente de desgaste, incerteza e perigo. Por isso, suas organizações são repletas de elementos de repetição, redundância, baixa especialização e alta descentralização. Todas essas são características que comprometem a utilização do conceito de eficiência na guerra tal como este é utilizado na lógica tecnológica do capitalismo.

Isso implica que uma inovação militar ampla é apenas possível em tempos de paz e com a alternância geracional de oficiais. Em tempos de guerra, o impacto de inovações é sempre limitado e pautado por um claro índice de desempenho e por uma condição estratégica especifica (ROSEN, 1994). A modernização de equipamentos e procedimentos é pontual e gradual, pois, em decorrência do ambiente de atrito e fricção da batalha, que potencializa a perda e o desperdício, as forças armadas, na maioria dos casos, optam por armamentos e equipamentos de menor eficácia, mas de mais simplicidade e segurança.[6] Por isso, um armamento que possa ser disponibilizado em maior abundância pode ser mais importante do que um armamento que tenha desempenho superior ao equivalente do oponente. Da mesma maneira, um armamento mais resiliente ou de mais fácil reparação/substituição é mais importante do que um armamento de alto desempenho que, devido a sua alta complexidade, seja mais suscetível a desgaste, danos ou que seja de difícil reparação/substituição.

Esse é o caso, por exemplo, da permanência do uso do arco longo pelos ingleses ainda no século XVI, em combinação com os armamentos de fogo. O arco tinha um poder de penetração e letalidade inferior ao do principal armamento de fogo da

6. Esse entendimento não é novo. Já nos séculos XVII e XVIII, ponderava-se que a ciência militar para a condução de sítios e fortificações, na prática, era sujeita a uma vasta gama de elementos de dificuldade, desgaste, escassez e incerteza. Tal entendimento foi precisamente definido por Clausewitz (1984) como "fricção" (OSTWALD, 2005).

época: o arcabuz; este, contudo, era um armamento caro, frágil, de complexa operação e manutenção, pesado e de pouca precisão, por isso seu uso era limitado a grandes batalhas de campo. O arco longo, no caso inglês, era um armamento muito mais barato e, apesar dos longos anos de treinamento necessários para operá-lo, era um aspecto peculiar da sociedade inglesa desde a Idade Média e, por essa razão, havia uma disponibilidade razoável de arqueiros a um custo financeiro muito mais baixo. O arco longo possuía uma taxa de disparo seis vezes mais rápida que qualquer arma de fogo da época, além de ser muito mais leve e preciso. Ele possuía ainda versatilidade e, por isso, tinha uma utilidade estratégica maior que a do arcabuz, sendo mais efetivo na proteção de fortificações, contenção de revoltas e escaramuças. Mesmo nas grandes batalhas da época, o arco manteve seu papel, atacando unidades de vanguarda, leves e de reconhecimento, bem como fustigando as unidades de infantaria e de arcabuz inimigas, afetando sua coesão e linha de tiro. Consequentemente, o arco longo e os armamentos de fogo coexistiram por um bom tempo antes da total conversão de um para o outro (DEVRIES, 1997; PHILLIPS, 1999).

Assim, o desenvolvimento tecnológico, numa perspectiva histórica, não é sinônimo de inovação combatente. O processo de desenvolvimento de novos armamentos não é um processo linear e emancipado das condições culturais de uma força armada. Ele é sujeito a todo tipo de interferências, erros e também a conteúdos valorativos que levam ao desenvolvimento de novos armamentos que não são necessariamente melhores que seus antecessores em termos de utilidade, usabilidade e segurança. São vários os casos de novos armamentos desenvolvidos em um ambiente cultural que, distante da realidade bélica, resultaram em armamentos piores que seus antecessores. Na virada do século XIX para o XX, quando a engenharia naval tomou um novo ímpeto na produção de encouraçados, foram vários os casos de modernísssimos projetos que se revelaram absolutos fracassos. Esse foi um período de grande avanço tecnológico, mas de grande perda de foco do que eram os critérios razoáveis para uma nave de guerra: como o tamanho dos canhões tornou-se uma obsessão, muitos navios não eram capazes sequer de se lançarem ao mar. Foi apenas com o desenvolvimento temerário e sujeito a críticas do Dreadnought que se estabeleceu um equilíbrio de critérios quanto a autonomia, velocidade, poder de fogo e blindagem, iniciando-se então um período de real inovação de navios de guerra (O'CONNELL, 1989).

Assim, uma nova tecnologia não é sempre – e necessariamente – fonte para uma inovação dentro de forças armadas. Existem casos em que se confirmaram todos

os fatores sociais para uma inovação militar, mas nos quais o artefato ou o processo tecnológico não foi capaz de atender às necessidades táticas. Esse é o caso, por exemplo, da tensão na superação da cavalaria na Primeira Guerra Mundial. A cavalaria era uma arma desprotegida ao fogo concentrado; e a difusão da metralhadora em campos de batalha repletos de trincheiras tornou a cavalaria inutilizável no *front* do teatro de operações europeu. Porém, ao mesmo tempo, existia um vácuo tecnológico para a substituição da cavalaria que se tornou irremediável na Primeira Guerra Mundial. Não havia, nesta guerra, qualquer alternativa à cavalaria para a movimentação no campo de batalha, o reconhecimento e a perseguição: o trem era limitado e não tinha qualquer papel direto no campo de batalha; os automóveis ainda eram uma promessa frágil e em quantidade limitada; mesmo os carros de combate eram criaturas vulneráveis, de baixo poder de fogo e deslocamento, de difícil manutenção e reparação; e os aviões viveram sua guerra particular, com poucos tendo sido aproveitados no apoio às operações terrestres. Consequentemente, nos teatros de operações da Primeira Guerra Mundial em que não havia uma interminável linha de forças estagnadas e posicionadas frente a frente, a cavalaria teve um papel de muito maior relevância. Foi o caso da cavalaria britânica no teatro de operações da Palestina e da cavalaria russa no teatro de operações oriental (PHILLIPS, 2002).[7]

Do ponto de vista estratégico, a consideração tecnológica é muito específica: o que um novo armamento permite em termos de concentração de força no teatro de operações, e se ele está ou não disponível. Em uma campanha ofensiva, por exemplo, interessa não apenas a capacidade tática do armamento, mas também se as quantidades disponíveis conferem o efeito de superioridade no teatro de operações. Essa não é uma correlação simplesmente absoluta, uma superioridade de escala numérica; ela é também relativa. Isso é: o novo armamento permite sua alocação e realocação no teatro de operações de maneira a permitir a concentração de força onde esta é realmente necessária? Se o novo armamento tratar-se, por exemplo, de um blindado com capacidade tática superior ao do oponente, mas que possui limitações de acesso, combustível ou ciclos de manutenção, ele é deficiente e será sobrepujado sempre que as condições adversas aparecerem. Pode ocorrer que essa deficiência tenha consequências estratégicas definitivas dependendo de onde e com quem se luta.

7. Existe também uma parcela de razão quanto ao papel da resistência por parte de grupos aristocráticos dentro das forças armadas europeias devido ao seu caráter simbolicamente elitista.

Esse foi o caso, por exemplo, do carro de combate no começo do século XX, desenvolvido estritamente para avançar sobre o fogo de metralhadoras e ultrapassar posições protegidas com arame farpado, notório por seu sucesso tático e esporádico nos campos de batalhas da Primeira Guerra Mundial. No entanto, essa vantagem tática inicial mostrou-se sobrepesada por outras deficiências, como a carência de movimentação tática por falta de velocidade e a falta de capacidade de ultrapassar posições entrincheiradas mais bem preparadas. As poucas unidades disponíveis, a complexidade de reposição e os longos ciclos de manutenção faziam do carro de combate um equipamento sem efeito estratégico positivo (TERRAINE, 1995).

Essas limitações do carro de combate tiveram um efeito estratégico ainda pior depois da Primeira Guerra Mundial. Na Guerra Soviético-Polonesa de 1919-1920, aproveitando-se da guerra civil russa, a Polônia buscava expandir suas fronteiras em sentido oriental. No entanto, a falta de mobilidade e os irreparáveis constrangimentos de manutenção fizeram com que as linhas blindadas polonesas se tornassem descontínuas e incapazes de explorar o caos político que era a Europa Oriental nesse período. Quando os revolucionários soviéticos foram capazes de organizar uma parcela de suas forças para confrontar essa ameaça externa, a maior mobilidade das unidades formadas por cavalaria – os cossacos – permitiu a infiltração nas posições polonesas e, consequentemente, a sua derrota (PHILLIPS, 2002).

Na batalha decisiva de Grodno, em 1920, os poloneses alocaram 30 carros de combate de fabricação francesa; no entanto, metade atolou, apenas podendo atirar dessa posição lamacenta. Os 15 carros de combate remanescentes não puderam fazer frente à cavalaria soviética. Um a um os carros de combate poloneses foram neutralizados, por problemas mecânicos ou por colisão. Apenas dois foram salvos. Estrategicamente, os soviéticos não só foram capazes de contrapor a ofensiva polonesa, mas a exploraram estrategicamente em perseguição. Consequentemente, os poloneses não foram capazes de conter a contraofensiva soviética até sua capital, Varsóvia, o que os levou a uma outra guerra, desta vez pela própria sobrevivência política de seu país.

Inovações tecnológicas no campo militar prescindem dos mesmos requisitos sociais de qualquer outro ramo da atividade humana: necessidade, recursos e *ethos* sociais favoráveis, mas são consideravelmente mais lentas e suscetíveis a retrocessos. A modernização de exércitos pelo processo de estandardização, por exemplo, levou

séculos para se estabelecer como norma e sofreu vários recuos desde a Antiguidade: as padronizadas Legiões Romanas; as forças combatentes *ad hoc* medievais; e o ressurgimento de novos padrões de organizações militares, como o tercio e a brigada sueca, estes últimos já na Europa moderna. A sustentação de exércitos permanentes na Idade Média era inviável em termos de recursos e disponibilidade de especialistas e foi possível apenas com a grande transformação social que originou o Estado-nação moderno. O terceiro requisito para a inovação tecnológica (*ethos* social) é especialmente crítico nas organizações militares devido ao seu caráter altamente conservador. As condições para a inovação são geralmente desfavoráveis em organizações militares, constituindo uma forma de "lapso cultural" entre as esferas produtiva e bélica. Há uma permanente resistência das organizações militares no reconhecimento, aceitação e assimilação de inovações produzidas por "forasteiros" das organizações, sejam eles quais forem, especialmente – depois da consolidação da identidade militar moderna no século XIX – se esses forem civis.[8]

Nos dias de hoje, esse lapso é muito mais agudo, visto que o passo de inovação tecnológica das corporações empresariais acelerou-se e ultrapassou em muito o passo de inovação das forças armadas. E é por essa maior sofisticação que se afirma a dependência das forças armadas na mobilização da ciência e da tecnologia, especialmente as já desenvolvidas, testadas e comprovadas para fins empresariais (HANDEL, 1986). No entanto, essa posição é controversa, pois a inovação tecnológica industrial se especializou e evoluiu tremendamente em decorrência de outras demandas sociais e na busca da exploração de outros mercados.

É dentro dessa controvérsia que o debate sobre tecnologia e guerra se encontra, hoje, fortemente influenciado pela lógica empresarial adaptada às necessidades das Forças Armadas norte-americanas na Segunda Guerra Mundial, quando, por razões políticas, se deu, possivelmente, o ápice das relações entre cientistas, militares e empresários (GALISON, 2005). O grande problema é que o próprio entendimento da tecnologia pelos militares passou a ser afetado: da mesma forma que a inovação tecnológica é o motor da competição entre empresas, passou-se a considerar a inovação tecnológica como a chave para a vantagem combatente (PROENÇA JÚNIOR, 2011).

8. As forças armadas têm sido não apenas resistentes, mas suscetíveis aos seus próprios *timings* de assimilação, que nem sempre são compassadas com a urgência de uma guerra, além de serem prenhes de vieses. Essas variações são mais bem agrupadas pelos *ethos* das forças singulares. Uma perspectiva histórica é O'Connell (1989). Uma perspectiva contemporânea do caso norte-americano é Builder (1989).

Nesse sentido, existe uma inversão de influências entre os setores produtivo e militar. Se, antes, a indústria inspirava-se e misturava-se em esquemas organizacionais militares, as forças armadas, atualmente, têm a tendência de buscar inspiração e soluções industriais ou empresariais para a guerra. A grande diferença, ao mesmo tempo ressaltada e esquecida, é que a falta de sucesso no mundo dos negócios leva à falência, mas não se considera, ordinariamente, a catástrofe que seria a falência do mundo militar.

Existem derivações desse entendimento, mas todos eles são variações do mesmo problema: o de considerar a tecnologia como uma força determinante e autônoma diante da realidade social e, no caso, diante do fenômeno bélico. Essa é a principal característica das perspectivas de enquadramento da tecnologia na guerra. No entanto, isso se deve muito mais ao espaço de tais perspectivas nas universidades, centros de pesquisa e forças armadas do que pela sua consistência e contribuição na compreensão do problema (PROENÇA JÚNIOR; DUARTE, 2007).

O argumento de que ciência e tecnologia não progrediriam sem o desenvolvimento das novas formas de se preparar e sustentar a guerra não é evidente historicamente (LONGO; SERRÃO, 2010). Ainda assim, é relevante comentá-lo porque ele lastreia a má compreensão do tema no debate nacional corrente. Com o benefício do acumulado de estudos históricos sobre o relacionamento entre guerra e sociedade, a próxima subseção busca desmistificar a expectativa de uma relação intrínseca entre tecnologia militar e desenvolvimento econômico.

3.2 O PAPEL DA TECNOLOGIA MILITAR NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Existe um senso comum, presente no próprio debate brasileiro sobre política de defesa, de que a tecnologia militar, em muitos aspectos, é a vanguarda do desenvolvimento tecnológico em geral. Contudo, essa afirmação é aceitável (com o benefício da exposição da subseção 3.1) desde que qualificada por uma compreensão de que isto ocorreu em alguns casos nos últimos 200 anos e incisivamente entre a Segunda Guerra Mundial e as primeiras décadas da Guerra Fria.

A presente subseção busca qualificar, a partir de uma análise histórica, as razões da singularidade desses períodos de *spin-offs* – ou seja, de impactos na área civil de

investimentos em pesquisa e desenvolvimento militar – e refletir sobre a sua possibilidade de ocorrência ao longo do século XXI.

Inicialmente, não é possível considerar o *spin-off* como fenômeno observável na Antiguidade e na Idade Média pelas razões expostas na subseção 2.1; ou seja, simplesmente por não ter existido tecnologia nesse período. Mesmo alterações de padrões técnicos – civis e principalmente militares – mudaram muito lentamente nestas eras, de maneira que é difícil estabelecer um vínculo de causalidade entre âmbitos civis e militares, particularmente pelas características de tradicionalismo e de constrangimento à transferência e homogeneização da manufatura de artefatos militares, apenas superadas por alguns impérios, como o Chinês e o Romano (PARKER, 2005).

Apenas na era moderna os Estados centralizados em formação na Europa renascentista tornaram-se gradualmente capazes de coletar impostos de maneira sistemática, possibilitando-lhes arcar com os custos de forças armadas permanentes. A partir do século XVII, estas forças passaram a ser uma expressão do poder que esses novos Estados concentravam, permitindo tanto um controle mais completo de recursos de poder quanto a sua expansão. Devido a essa condição política e consequente possibilidade de melhor gestão e concentração de recursos, novas tecnologias passaram a ser desenvolvidas numa base mais permanente, dependentes da estabilidade, tornada possível apenas a partir de uma ampla escala de produção (THOMPSON; RASLER, 1999). É a partir do século XVII, portanto, que a criação, atualização e sustentação de forças armadas profissionais e permanentes passaram a ser centrais na institucionalização e na integração dos recursos em ciência, tecnologia e engenharia no estado nacional moderno (TILLY, 1975, 1992, 2003).

A combinação de centralização dos Estados e de criação de forças armadas permanentes gerou uma alta demanda por artefatos militares, forte o suficiente para ser priorizada sobre outras demandas privadas de mercado. Isso suscitou recorrente alocação pública de recursos e assimilação de novas tecnologias nas sociedades europeias (HOWARD, 1973), principalmente pela impossibilidade de uma hegemonia política europeia. Como consequência, foram mantidas as dinâmicas concorrenciais de mercado e de substituição constante de armamentos (MACNEILL, 1982).

Mais que isso, a partir do século XVIII, as forças armadas contribuíram para o desenvolvimento de processos fabris a partir dos quais a Revolução Industrial desenvolver-se-ia, com base na replicação de procedimentos e critérios de rotinização militares, em termos de soluções de ordem em escala: o rigor quase mecânico da formatura e obediência combatentes (BUCHANAN, 1994). Nesse sentido, a indústria aprendeu quase tudo – com exceção da inovação – com a guerra: organização e disciplina; padronização de bens complexos; coordenação de transporte e suprimentos; e separação entre pessoal de linha de ação e pessoal de comando na divisão do trabalho (GILPIN, 1983; KAEMPFFERT, 1941). Pode-se apontar aqui, portanto, casos de *spin-off* de tecnologia de processo militar com efeito positivo para o desenvolvimento econômico civil.

De outro lado, a produção em massa – que já era presente em produtos relativamente simples, como os caixões, os sinos e as fechaduras – teve, como primeiro grande mercado, os mecanismos sofisticados das forças armadas, como no caso dos fuzis. A consolidação da industrialização, nesse sentido, também foi resultado da padronização mundial, sem a qual o comércio transoceânico seria impossível (POMERANZ; TOPIK, 2000), o que ocorreu quase dois séculos antes que tal padronização fosse aplicada a artefatos bélicos (MACNEILL, 1982). A distinção da venda aos militares residiu no sobrepreço de demandas de padronização e na qualidade que alavancaram vantagens em outros segmentos de mercado e de produção, inicialmente em termos diretos de produção e progressivamente em termos de capital.

Este processo apenas favoreceu ainda mais o aparente paradoxo de que os países mais ricos se faziam desproporcionalmente mais fortes sem ficarem necessariamente ainda mais ricos, o que passou gradativamente a limitar o número de candidatos a "grande potência". Isto porque estas nem sempre dispunham das qualidades e meios capazes de arrestar a evolução concorrencial – na esfera econômica, mas principalmente em comércio internacional – cujos excedentes poderiam ser convertidos para manter capacidades e operações combatentes cada vez mais dispendiosas.

Mais incisivamente, essa tendência é o que Gilpin (1983) e Wallerstein (2004) definem como lei da redução da taxa de retorno de uma hegemonia. Ou seja, mantidas as condições constantes, uma hegemonia de um sistema político internacional tende a converter menos investimentos na sua economia doméstica e na sua inserção

econômica internacional, e cada vez mais gasta recursos na sustentação da ordem que atende sua liderança política. Se não existirem alterações internas – na realocação de recursos e capacidades sociais ou nos dispêndios governamentais – ou externas – no compartilhamento de custos com países aliados ou no abandono de compromissos externos – existe a tendência de desequilíbrio, primeiro, doméstico da hegemonia e, depois, de sua capacidade de intervenção gestora nos assuntos internacionais.

Isso quer dizer que a qualidade tecnológica das armas das grandes potências não tinha efeito determinante na qualidade de seus negócios, embora a segurança provida pelo primeiro e a riqueza provida pelo segundo eram resultados de efeitos mutuamente positivos e necessários para empreitadas políticas mais ambiciosas ou para a defesa contra empreitadas de outrem. Isso explica, em grande parte, como a ascensão de novas grandes potências militares europeias estava associada às novas bases econômicas de seus respectivos empreendimentos mercantilistas. Mas é interessante notar como as conversões de recursos econômicos em militares seguiram soluções tecnológicas, capacidades combatentes e períodos de sucesso distintos entre espanhóis, holandeses e ingleses, por exemplo (KENNEDY, 1989).

Nos últimos 200 anos, grande parte das inovações tecnológicas ocorreu visando sua viabilidade comercial antes de seu valor bélico ser reconhecido, o que a literatura identifica como *spin-in* ou *spin-on*, ou seja, o aproveitamento na área militar de tecnologias civis. Em função das lógicas sociais diferenciadas entre organizações de força e de corporações empresariais, a maioria das inovações tecnológicas de emprego militar surgiu, primeiro, pela alocação de recursos e investimentos dentro dos parâmetros do capitalismo internacional através de diversos caminhos e com configurações e ritmos diferenciados, incentivados por outras fontes de força social que as forças armadas. Vários ramos da ciência, como a biologia, desenvolveram-se muito durante o período da Revolução Industrial e da consolidação dos exércitos nacionais sem qualquer traço de influência desses dois.

O século XIX deu sucessivas evidências de como o processo de integração entre ciência, tecnologia e desenvolvimento da engenharia teve enorme vigor mesmo sem a atenção e os recursos suplementares do interesse bélico, como no caso da máquina a vapor, recusada por quase meio século antes de ser incorporada às marinhas, ou o lapso temporal entre a motorização civil e a dos exércitos no começo do século XX. E,

mesmo assim, quando essas tecnologias foram incorporadas por forças armadas, muitas simplesmente abandonaram sua vanguarda.

A primeira marinha a desenvolver navios de guerra encouraçados e a vapor foi a francesa, mas apenas em 1870. No entanto, uma década após sua incorporação, uma nova escola de teóricos defendeu que o futuro da guerra no mar seriam as embarcações lançadoras de torpedos e submarinos. Ao passo que a França regrediu de navios de linha, o Reino Unido, em concorrência e sentimento de ameaça pela marinha francesa, passou a investir em encouraçados em busca de se igualar a tais capacidades, incrementando as tecnologias navais disponíveis em razão de seu parque industrial superior. Por sua vez, a motorização da infantaria, em combinação com os blindados, foi desenvolvida inicialmente pelos britânicos no começo do século XX; no entanto, resistências organizacionais e produtivas favoreceram a que a *blitzkrieg* maturasse e fosse empregada primeiramente pelos alemães (HOROWITZ, 2010).

Portanto, até o século XIX, os esforços bélicos seguiram atrás, e não adiante, do progresso tecnológico. Estendendo a avaliação até meados do século XX, é difícil querer afirmar mais do que os casos em que esforços explicitamente bélicos (em aviação, por exemplo) foram mais condutores do que conduzidos (como no caso da medicina ou dos automóveis).

Com esses qualificativos, pode-se afirmar que um menor número de grandes inovações científicas (na área da física e química, por exemplo) e tecnológicas (em termos de metalurgia e explosivos) se deu pela oferta e pela demanda de novos armamentos e, ainda, pelas novas formas de combater que estes permitiram. E elas foram especialmente importantes na aceitação de soluções de alto custo – inviáveis do ponto de vista capitalista – por dado benefício, cujas escalas ou escopos posteriores puderam vir a permitir soluções produtivas de menor custo para o mesmo benefício e seu desenvolvimento e emprego civil.

É o caso da energia nuclear, por exemplo. Teoricamente muito desenvolvida já na década de 1930, sua experimentação era atrasada pela falta de laboratórios, absurdamente caros. Foi na eminência da Segunda Guerra Mundial e do Projeto Manhattan que houve a alocação de recursos para a criação de grandes laboratórios nas universidades de Stanford, Princeton e Harvard, a coordenação entre físicos e engenheiros e desses com o

alto escalão de decisão política e militar dos Estados Unidos (WALTON, 2005). Além da energia nuclear, existiram outros cinco setores cujo desenvolvimento tecnológico não seria igual sem pesquisa, desenvolvimento e investimento por parte de departamentos militares no século XX: indústria aeronáutica, indústria de computadores, indústria de semicondutores, internet e indústria espacial. Nessas áreas, efetivamente, houve ocorrência de *spin-off* (RUTTAN, 2006). E foi em torno dessas experiências que se reificou o paradigma determinista do *spin-off* pela emulação do complexo militar industrial norte-americano construído ao longo da Guerra Fria (ver DAGNINO, 2010, cap. 7).

Na avaliação desse período, os defensores do *spin-off* como constante contemporânea geralmente perdem de foco o contexto social muito específico dos Estados Unidos em disponibilizar compromisso político e recursos econômicos para sustentação desse complexo, e perdem ainda de vista o contexto estratégico bipolar que dava foco e justificativa para tal empreitada.

Importante notar que a mesma fusão não ocorreu com resultados positivos no desenvolvimento civil no caso soviético, evidenciando o risco em se estabelecer tal relação intrínseca. Esta relação também não permite explicar como, no ímpeto final da Guerra Fria na década de 1980, a vantagem norte-americana deu-se por orientar sua produção de tecnologia militar pela vantagem comparativa de seu parque industrial civil com relação ao soviético, com repercussões negativas nos seus esforços de preparação para a guerra.

Em áreas produtivas sensíveis, como computação e materiais compostos, as corporações civis norte-americanas foram beneficiadas pelo quase monopólio no mercado internacional e avançaram muito em relação aos investimentos e pesquisas militares. A exploração no campo militar dessas vanguardas tecnológicas civis dos Estados Unidos, que Friedman (2000) aponta como a "bomba do computador", teve efeitos mais econômicos que militares sobre os soviéticos, pois estes não tiveram o mesmo desenvolvimento tecnológico nessas áreas civis e foram obrigados a buscar a aquisição dessas tecnologias no mercado internacional, agravando seus déficits em balança de pagamentos e a pressão por reformas políticas e econômicas.

De fato, aponta-se que o efeito de *spin-off* concentrou-se nas duas primeiras décadas da Guerra Fria, o que resultou na promoção da inovação dos cinco setores

apontados anteriormente, reduzindo-se a partir da década de 1970. Tal tendência de perda de efeito dos gastos militares no desenvolvimento civil ao fim da Guerra Fria é apreciada estatisticamente por Kelly e Rishi (2003). Os autores verificam o impacto de gastos militares na produção de seis setores industriais: *i*) maquinário elétrico; *ii*) ferro e aço; *iii*) motores; *iv*) produtos metálicos; *v*) metais não ferrosos; e *vi*) equipamentos de transportes – de 44 países entre 1980 e 1989. Os autores modelaram o impacto direto dos gastos militares, o impacto dos gastos relacionados a comércio de armamentos e os efeitos indiretos ou de "transbordamento" (*spillover*) de investimento militar sobre capital físico e humano das indústrias. Os resultados econométricos foram:

1) O impacto direto na produção dessas indústrias foi negativo em todas as seis e significativamente negativo em maquinário elétrico, produtos metálicos e equipamento de transporte.

2) Os gastos relacionados a comércio de armamentos tiveram efeito negativo em cinco indústrias (a exceção foi ferro e aço) e efeito insignificante na produção de todas as seis.

3) Na última modelagem, os gastos militares tiveram efeito negativo ou insignificante em capital físico de todas as indústrias, com exceção de produtos metálicos, enquanto o efeito em capital humano foi negativo em todas, com exceção de ferro e aço e produtos metálicos.

A conclusão dos autores, portanto, é que várias previsões teóricas de *spin-off* são exageradas e que os gastos militares geram custos de oportunidade que devem ser considerados em função de genuínas ameaças à segurança nacional.

No período pós-Guerra Fria, a evidência da contração dos parques industriais de defesa dos países ocidentais foi sensível inclusive nos Estados Unidos. Os complexos industriais militares da Guerra Fria foram orientados para a dissuasão, o que gerou um tipo de relacionamento entre estados e indústrias que foi dissipado com o fim do bloco socialista. A mudança do ambiente de segurança internacional resultou em cortes nos gastos militares, o que, por sua vez, resultou na contração, privatização, comercialização e internacionalização das indústrias de defesa. O resultado final é que a própria noção de complexo industrial militar precisa ser atualizada (DUNNE; SKONS, 2011),

principalmente em razão do escopo muito menos preciso de ameaças e capacidades combatentes necessárias (WEIDENBAUM, 1997). Somando a isso o ceticismo com relação ao modelo de complexo industrial-militar dos Estados Unidos pelos vieses de ineficácia identificados (KALDOR, 1981), existem dúvidas de que "defesa e pesquisas relacionadas à defesa possam representar uma fonte importante de tecnologia de emprego geral nas próximas décadas" (RUTTAN, 2006).

Em tempos mais recentes, muito do espetáculo de capacidades bélicas compreende tanto avanços sobre o que seja o estado das práticas comerciais (por exemplo, em materiais) quanto adaptações de resultados comerciais longamente comprovados para fins bélicos (por exemplo, a maior parte das aplicações de telemática e mecatrônica). Mesmo em áreas sensíveis como a de redes de comunicação via satélites, as Forças Armadas dos Estados Unidos convertem-se para soluções disponíveis junto a empresas privadas. Ou seja, a relação entre tecnologia militar e civil atual parece ser aquele padrão anterior à Segunda Guerra Mundial: a de *spin-in*.

Portanto, a expectativa da íntima relação entre guerra, tecnologia e indústria é razoável. No entanto, afirmar que o desenvolvimento tecnológico militar gera desenvolvimento tecnológico industrial expressa mais uma agenda do que as evidências. Historicamente, é suficientemente registrado que foi um processo político, determinando ou demandando novas formas de organização e produção, fosse para fins comerciais, fosse para fins bélicos, que deu impulso ao desenvolvimento tecnológico e industrial, e nada sugere que a tecnologia ou a indústria tenham se emancipado desta origem.

Isso significa dizer que segurança é a necessidade social mais basal. Diante de uma ameaça à sua segurança, sociedades podem decidir empenhar recursos que maximizem a sua capacidade de defesa, mesmo quando isso significa abrir mão de outras coisas, ou seja, aceita-se o seu custo de oportunidade. A tradução desta aplicação tende a se imiscuir com propostas de desenvolvimento e incorporação de inovações tecnológicas para fins bélicos, tanto quanto para simples expansão das quantidades de meios de força existentes.[9] Mas as sociedades também possuem outras necessidades – pontuais ou estruturais – que podem ser mais bem atendidas com uma inovação tecnológica.

9. Sobre o papel da sociedade como um elemento central de efetividades estratégica e logística – e necessário para as teorias sobre estratégia e política internacional – ver Rosen (1995).

Na maioria dos casos, as dinâmicas de interesses privados de corporações e de mercado foram suficientes para atendimento dessas demandas tecnológicas. Porém, em alguns casos cruciais, os custos iniciais, riscos e longos períodos de maturação e retorno tornaram certas empreitadas civis de pesquisa e desenvolvimento irracionais pela lógica capitalista, e demandaram a sinergia com outros setores da sociedade, articuladas pelo governo para a sua consecução. Nesse sentido, até um período recente da história, a articulação pública de recursos sociais para efeitos estruturais de uma economia ou sociedade teve a participação das organizações militares, pela razão histórica de sua precedência como corpo executivo a outras instituições burocráticas governamentais. E, contemporaneamente, registrou-se uma retomada desse vínculo ao longo de três guerras mundiais, sendo que desde a década de 1970 as organizações militares voltaram a ser um vetor menos eficaz de intervenção governamental em áreas tecnológicas fundamentais para o desenvolvimento de uma sociedade.

Ainda que tal forma de conversão tenha funcionado apenas ocasionalmente, seu paradigma permanece, especialmente porque não existe a expectativa de que o setor privado possa cumprir esse papel e se reconhece a importância de apoio público para o alcance dos estágios necessários de viabilidade comercial e militar das tecnologias mais importantes do século XX (RUTTAN, 2006). Por isso, talvez, deva-se considerar mais ampla e seriamente alternativas de sucesso mais bem comprovadas contemporaneamente, como os modelos de sistema nacional de inovação japonês e finlandês, por exemplo.

Por isso tudo e pela análise histórica de suas condições intrínsecas realizada neste estudo, as forças armadas não são o vetor ideal de inovação tecnológica de uma sociedade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal conclusão desse estudo é que não existe vínculo causal e histórico entre inovação tecnológica militar e desenvolvimento econômico. Primeiro porque as condições sociais dentro e fora das forças armadas são marcadamente distintas e não ocorrem convergentemente em termos temporais e de efeitos. Segundo, existe grande especialização de técnicas militares e não militares, de maneira que, com exceção de itens específicos, não existe possibilidade de transferência de produtos e procedimentos.

Trazendo essa análise histórica para o caso brasileiro, confirma-se essa conclusão. Observando o século XX, não existe qualquer correlação entre os períodos de maior inovação militar, durante as missões militares francesa e norte-americana, nas décadas de 1930 e durante a Segunda Guerra Mundial, e a principal fase de crescimento do país, a partir da década de 1960, justamente o período em que o orçamento militar passou a declinar.

Quando se foca na década de 1980, o período do "milagre" da indústria bélica do país deu-se durante uma crônica estagnação de desenvolvimento econômico e tecnológico, superado apenas na década de 1990, quando esse mesmo setor industrial quase desapareceu. Durante o período, e com resultado similar, pode-se mencionar ainda a Política Nacional de Informática, que visava, ao mesmo tempo, a criação de um setor produtivo civil e uma capacitação tecnológica das forças armadas (PROENÇA JÚNIOR, 1987).

Por isso, argumenta-se aqui que a decisão pela modernização das forças armadas não deve ser sujeita a critérios de desenvolvimento econômico, bem como que iniciativas de ganho de produtividade ou inovação tecnológica do parque industrial civil brasileiro não devem obedecer a critérios e necessidades de organizações militares. Embora se reconheça que riqueza e segurança sejam objetivos nacionais de mútuo benefício de seus resultados (por exemplo, na cooperação regional, ver MATHIAS *et al.*, 2008), os seus respectivos processos de provimento são díspares e sujeitos a critérios e procedimentos específicos. A confusão ou a tentativa de combinação forçosa de ambos pode resultar apenas em detrimento de um pelo outro ou mesmo no dispêndio de recursos e capacidades. A possibilidade de desenvolvimento dos dois setores depende de equivalente vontade política na produção e organização desses seus insumos junto à sociedade, mantendo-se a verticalidade necessária e a possibilidade de sinergia, quando oportuna, mas, principalmente, o reconhecimento e atendimento contínuos de suas necessidades.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, S. A parceria estratégica Brasil-França na área de defesa. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA (ENABED), 3., 2009. **Anais**… Londrina, 2009.

ARISTOTLE, B. **Complete works of Aristotle**. Princeton: Princeton University Press, 1984. v. 1.

BACHRACH, D. S. Crossbows for the king: the crossbow during the Reigns of John and Henry III of England. **Technology and Culture**, v. 45, n. 1, p. 102-119, 2004.

_____. Crossbows for the king, part II: the crossbow during the Reign of Edward I of England (1272-1307). **Technology and Culture**, v. 47, n. 1, p. 81-90, 2006.

BAVA, S. O PAC das Forças Armadas. **Le Monde Diplomatique**, ano 3, n. 25, 2009.

BIDDLE, S. **Military power**: explaining victory and defeat in modern battle. Princeton: Princeton University Press, 2006.

BUCHANAN, R. A. **The power of the machine**: the impact of technology from 1700 to the present. Penguin (Non-Classics), 1994.

BUILDER, C. **The masks of war**: American military styles in strategy and analysis. Builder: The Johns Hopkins University Press, 1989.

CAMP, L. S. D. **The ancient engineers**. Ballantine Books, 1995.

CLAUSEWITZ, C. V. **On war**. Princeton: University of Princeton Press, 1984.

DAGNINO, R. **A indústria de defesa no governo Lula**. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

DEVRIES, K. Catapults are not atomic bombs: towards a redefinition of 'effectiveness' in premodern military technology. **War in History**, v. 4, n. 4, p. 454-471, Dec. 1997.

DIAMOND, J. **Guns, germs, and steel**. New York: Norton, 1999.

DUNNE, J.; SKONS, E. **The changing military industrial complex**. Bristol: University of the West of England, Department of Economics, 2011. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/paper/uwewpaper/1104.htm> Acessado em: 21 jan. 2012.

EARLE, E. M. (Ed.) Adam Smith, Alexander Hamilton, Friedrich List: the economic foundations of military power. In: PARET, P. (Ed.). **Makers of modern strategy**: from Machiavelli to the Nuclear Age. Princeton: Princeton University Press, 1943. p.117-154.

FRANKLIN, U. M. **The real world of technology**. 2. ed. House of Anansi Press, 1999 (CBC Massey Lectures series).

FRIEDMAN, N. **Fifty-year war**: conflict and strategy in the cold war. Annapolis: Naval Institute Press, 2000.

GALISON, P. Physics between war and peace. In: WALTON, S. A. (Ed.). **Instrumental in war**: science, research, and instruments between knowledge and the world. Boston: Brill, 2005.

GILPIN, R. **War and change in world politics**. Cambridge University Press, 1983.

GUELARC, H. Vauban: the impact of science on war. In: PARET, P. (Ed.). **Makers of modern strategy strategy**: from Machiavelli to the Nuclear Age. Princeton: Princeton Univeristy Press, 1986. p. 64-92.

GUERRA, J. A opção brasileira pelos aviões Rafale franceses, na ótica das restrições de acesso e desenvolvimento de tecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA (ENABED), 4., 2010. **Anais**… Brasília, 2010.

HANDEL, M. I. Clausewitz in the age of technology. In: HANDEL, M. I. **Clausewitz and modern strategy**. London: Frank Cass, 1986. p. 51-92.

HOROWITZ, M. C. **The diffusion of military power**: causes and consequences for international politics. Princeton: Princeton University Press, 2010.

HOWARD, M. The relevance of traditional strategy. **Foreign Affairs**, v. 51, n. 2, p. 253-266, 1973.

KAEMPFFERT, W. War and technology. **The American Journal of Sociology**, v. 46, n. 4, p. 431-444, Jan. 1941.

KALDOR, M. **The baroque arsenal**. Hill & Wang Pub, 1981.

KELLY, T.; RISHI, M. An empirical study of the spin-off effects of military spending. **Defence and Peace Economics**, v. 14, n. 1, p. 1-17, 2003.

KENNEDY, P. **The rise and fall of the great powers**. New York: Vintage, 1989.

KLEMM, F. **A history of western technology**. Cambridge: MIT Press, 1964.

LANDES, D. **A riqueza e pobreza das nações**. São Paulo: Campus, 1996.

LONGO, W. Tecnologia militar: conceituação, importância e cerceamento. **Tensões Mundiais**, Fortaleza, v. 3, n. 5, 2007.

_____.; SERRÃO, N. Estudo exploratório sobre o impacto da capacidade científica e tecnológica no Poder Nacional. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA (ENABED), 4., 2010. **Anais**… Brasília, 2010.

MACNEILL, W. **The pursuit of power**: technology, Armed Forces, and society since AD 1000. Chicago: Chicago University Press, 1982.

MATHIAS, S. *et al*. Aspectos da integração regional em defesa no Cone Sul. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 51, n. 1, 2008.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

NETO, O. **Discurso da ABIMDE na solenidade de fomento à indústria de defesa**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/defesa/noticia/2995/Discurso-da-ABIMDE-na-Solenidade-de-Fomento-a-Industria-de-defesa> Acessado em: 20 out. 2011.

NEUMANN, S.; HAGEN VON, M. Engels and Marx on revolution, war, and the army in society. In: PARET, P. (Ed.). **Makers of modern strategy**: from Machiavelli to the Nuclear Age. Princeton: Princeton Univeristy Press, 1986. p. 262-282.

O'CONNELL, R. L. **Of arms and men**. New York: Oxford University Press, 1989.

OSTWALD, J. M. **Like clockwork?** Clausewitzian friction and the scientific siege in the age of Vauban. In: WALTON, S. A. (Ed.). **Instrumental in war**: science, research, and instruments between knowledge and the world. Boston: Brill, 2005.

PARKER, G. (Ed.). **The Cambridge history of warfare**. New York: Cambridge University Press, 2005.

PHILLIPS, G. Longbow and hackbutt: weapons technology and technology transfer in early modern England. **Technology and Culture**, v. 40, n. 3, p. 576-593, 1999.

_____. The obsolescence of the Arme Blanche and technological determinism in British military history. **War in History**, v. 9, n. 1, p. 39-60, 2002.

POMERANZ, K.; TOPIK, S. **The world that trade created**: culture, society and the world economy, 1400 to the present. Armonk, NY: M.E. Sharpe, 2000.

PROENÇA JÚNIOR, D. **Tecnologia militar e os militares na tecnologia**: o caso da política nacional de informática, 1937-1987. Rio de Janeiro: UFRJ, 1987.

_____. Promessa tecnológica e vantagem combatente. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 54, n. 2, 2011.

_____.; DUARTE, É. Os estudos estratégicos como base reflexiva da defesa nacional. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 50, n. 1, p. 29-46, 2007.

ROSEN, S. P. **Winning the next war**: innovation and the modern military. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

_____. Military effectiveness: why society matters. **International Security**, v. 19, n. 4, p. 5-31, 1995 (DOI:10.2307/2539118).

RUTTAN, V. **Is war necessary for economic growth?**: military procurement and technology development. New York: Oxford University Press, 2006.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, socialism, and democracy**. 3. ed. Harper Perennial, 1962.

SMITH, M. R.; MARX, L. **Does technology drive history?**: the dilemma of technological determinism. Cambridge: MIT Press, 1994.

TERRAINE, J. **White heat**. London: Leo Cooper, 1995.

THOMPSON, W. R.; RASLER, K. War, the military revolution(S) controversy, and army expansion. **Comparative Political Studies**, v. 32, n. 1, p. 3-31, 1999.

TILLY, C. **The formation of National States in Western Europe**. Princeton: Princeton University Press, 1975.

_____. **Coercion, capital and European States**. Oxford: Blackwell, 1992.

_____. **The politics of collective violence**. New York: Cambridge University Press, 2003.

WALLERSTEIN, I. **World-systems analysis**: an introduction. Durham: Duke University Press Books, 2004.

WALTON, S. A. (Ed.). **Instrumental in war**: science, research, and instruments betweeen knowledge and the world. Boston: Brill, 2005.

WEINDENBUM, M. The U.S. defense industry after the cold war. **Orbis**, v. 41, n. 4, p. 591-601, 1997. doi: 10.1016/S0030-4387(97)90007-7

WENK, E. The hands of god: spiritual values for coping with technology in the 21st Century. **Technology in Society**, v. 21, n. 4, p. 427-437, 1999.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

DELBRÜCK, H. **The dawn of modern warfare**: history of the art of war. v. IV. Lincoln: University of Nebraska Press, 1990.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2012

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Andrea Bossle de Abreu

Revisão
Cristina Celia Alcantara Possidente
Eliezer Moreira
Elisabete de Carvalho Soares
Fabiana da Silva Matos
Lucia Duarte Moreira
Luciana Nogueira Duarte
Míriam Nunes da Fonseca

Editoração
Roberto das Chagas Campos
Aeromilson Mesquita
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Carlos Henrique Santos Vianna
Maria Hosana Carneiro Cunha

Capa
Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

Livraria do Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo.
70076-900 – Brasília – DF
Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br
Tiragem: 500 exemplares

Logotipo/slogan de governo removido em observancia ao disposto no art. 40 da Lei n 9.504/1997

Missão do Ipea
Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA