

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE IMPACTO: UMA ANÁLISE DO CASO DARPA

Flávia de Holanda Schmidt Squeff¹
Fernanda De Negri²

"There is not and should not be a singular answer on 'what is DARPA' – and if someone tells you that [there is], they don't understand DARPA"

1 INTRODUÇÃO

A Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa) é a agência do Departamento de Defesa norte-americano (DoD) que realiza os investimentos iniciais essenciais ao desenvolvimento de tecnologias na área de defesa. Como explica a ex-diretora da agência, Arati Prabhakar: *"our mission is unchanged, in 55 years, it has been and will be to prevent and create technological surprise"*.³ A Darpa é considerada o motor principal da inovação do Departamento de Defesa, e conduz projetos que possuem duração finita, mas que criam mudanças revolucionárias duradouras (Singh, 2014).

Sendo amplamente considerada uma referência mundial em promoção de inovação e desenvolvimento tecnológico, o modelo de funcionamento da agência tem não apenas recebido a atenção de diversos pesquisadores (por exemplo, Bonvillian, 2008, 2015; Bonvillian e Van Atta, 2011; Carleton, 2015; Colatat, 2015; Dubois, 2011; Dugan e Gabriel, 2013; Fuchs, 2010; Richardson, Larriva e Tennyson, 2001; Singh, 2014; Lee, Kim, Hong e Yoon, 2015), como tem inspirado a criação de outras agências com o mesmo foco. Para Dugan e Gabriel (2013), com a sua abordagem não convencional, velocidade e efetividade, a Darpa criou um

1. Técnica de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia (Diest) do Ipea.

2. Técnica de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

3. "Nossa missão permaneceu a mesma nesses 55 anos: ela sempre foi e sempre será evitar ou criar a surpresa tecnológica" (tradução das autoras).

modelo de inovação que eles chamam de “forças especiais”, de modo que as muitas tentativas de aplicar o “modelo Darpa”, em outras organizações públicas e privadas não são surpreendentes. Nesses casos, estão agências norte-americanas voltadas para a inteligência (Intelligence Advanced Research Projects Agency – IARPA, criada em 2006), para a segurança interna (Homeland Security Advanced Research Projects Agency – 2002) e energia (Advanced Research Projects Agency – Energy, criada em 2007) (Fuchs, 2010). Mesmo fora das fronteiras norte-americanas, o chamado “Modelo Darpa” tem sido usado como referência: na Rússia, o presidente Putin criou em 2012 a Russian Foundation for Advanced Research Projects in the Defense Industry,⁴ com objetivo de garantir a superioridade russa em tecnologia de defesa. Mais recentemente, Lee, Kim, Hong e Yoon (2015)⁵ sugeriram a criação de uma agência similar na Coreia do Sul, que seria a K-Arpa – Korea Advanced Research Project Agency, e Singh (2014) fez o mesmo para a Índia.

A intensidade, forte foco e prazo finito dos projetos desenvolvidos na agência os tornam atrativos a talentos de alto calibre e a natureza do desafio inspira níveis não triviais de colaboração. Em outras palavras, os projetos desenvolvidos na agência reúnem pessoas extraordinárias para lidar com grandes problemas com outras pessoas extraordinárias. A agência tem autonomia para selecionar e executar seus projetos, independência essa que permite que a organização se mova rapidamente e assuma riscos altos.

O que há de tão particular à Darpa? Segundo Dugan e Gabriel (2013), a agência possui o registro de mais longa data de invenções radicais na história, e os avanços obtidos em decorrência de sua atuação tiveram papel central na criação de indústrias multibilionárias. Atribuem-se a projetos iniciados na agência o desenvolvimento de importantes tecnologias como a *stealth*, a primeira transmissão sem fio da Arpanet (Advanced Research Projects Agency Network) e o sistema de posicionamento por satélite (GPS – Global Positioning System). Um dos aspectos particulares ao caso é o fato de a agência não desempenhar a pesquisa diretamente, atuando apenas na concepção e no financiamento, por meio do intenso uso de encomendas tecnológicas (tal qual definidas no capítulo 3). Possui um efetivo de em torno de duzentas pessoas e um orçamento ao redor de US\$ 3 bilhões anuais. Retomando o termo usado por Singh (2014), a Darpa é um *broker*⁶ entre os militares, a tecnologia e, ocasionalmente, a política.

Este capítulo tem como objetivo analisar o modelo da Darpa e quais as principais características que o tornam único, mesmo no sistema de inovação norte-americano. Para tanto, além de extensa revisão da literatura sobre a agência, também

4. Disponível em: <goo.gl/VT4V7K>.

5. Os autores informam no trabalho, contudo, que a ideia não é original, tendo sido proposta em trabalhos anteriores.

6. De acordo com Burt (1995), um *broker* é um indivíduo que forma a única ligação entre agentes desconectados.

foram realizadas entrevistas com pessoas-chave dentro da própria instituição, com representantes de outros órgãos de governo e com pesquisadores que, de alguma forma, interagem com a agência ou pesquisam sobre ela. Essas entrevistas foram realizadas, em um primeiro momento, em setembro de 2014 e novamente em outubro de 2015.⁷

Para realizar essa análise, o texto está dividido em seis seções. A segunda seção discute brevemente a organização do sistema norte-americano de C&T e os principais traços de sua constituição a fim de mostrar como esses traços estão presentes na DARPA. Na terceira seção apresenta-se a história da instituição enquanto a quarta seção discute sua organização e forma de funcionamento, ressaltando o papel dos gerentes de programa. A quinta seção analisa brevemente o orçamento da agência e suas formas de execução. Por fim, a sexta e última seção conclui ressaltando as principais características que tornam esse modelo único.

2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NOS EUA: A CIÊNCIA COM MISSÃO

A história da criação da maior parte das instituições de C&T norte-americanas começa no contexto da Segunda Guerra Mundial e da Guerra Fria, impulsionada pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de defesa. Nesse sentido, todo o sistema de C&T norte-americano e seu *modus operandi* é fortemente influenciado por esse período e contexto. Nessa época, sob a coordenação de Vannevar Bush, foram criados o *National Defense Research Council* (NRDC) e o *Office of Science Research and Development* (OSRD), agências que seriam responsáveis pela coordenação do P&D americano em tempos de guerra, criando projetos em áreas críticas.

Segundo Bonvillian (2009), Bush foi o responsável pelo modelo de ciência conectada (*connected science*), no qual os avanços na ciência básica estavam fortemente conectados com os estágios seguintes de desenvolvimento, prototipagem e produção.⁸ Os fatores-chave desse modelo são, segundo o autor, a existência de equipes não burocráticas, interdisciplinares, organizadas em projetos e orientadas a grandes desafios tecnológicos como radares e armas atômicas. Para isso, Bush manteve o controle civil das instituições de pesquisa e os pesquisadores distantes da burocracia militar, que era tida como uma das responsáveis pelo insucesso da pesquisa militar durante a primeira guerra mundial.

Foi Bush que propôs a criação da National Science Foundation (NSF) como um órgão central no sistema de C&T norte-americano e a instituição que teria como função coordenar todos os investimentos em C&T do país. Ele acreditava que, com

7. No anexo, encontra-se a relação das pessoas entrevistadas para este trabalho.

8. Bush é mais conhecido pelo artigo "*the endless frontier*" que, ironicamente, propunha um modelo linear, oposto ao de ciência conectada que ele mesmo criou.

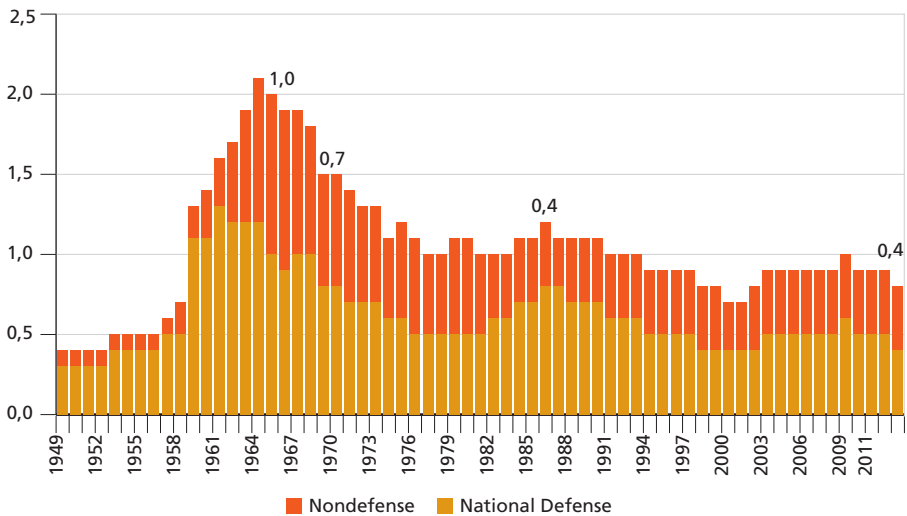
o fim da guerra, haveria um longo período de paz e redução dos investimentos em C&T na área da defesa por parte do governo. Para manter os investimentos em ciência, portanto, Bush achava que seria necessário mudar o foco do investimento público para a ciência básica (Bonvillian, 2009).

A ideia de criação desse novo órgão, contudo, não foi bem recebida por pelo presidente Truman e acabou demorando a sair do papel. Nesse tempo, novas e variadas instituições de pesquisa surgiram e, quando a NSF foi efetivamente criada cinco anos depois, seu potencial de coordenar as demais instituições do sistema norte-americano tinha se esvaziado. Atualmente, como veremos mais à frente, a NSF representa menos de 5% do total do orçamento norte-americano para ciência e tecnologia.

Em síntese, com o esvaziamento da centralidade do papel da NSF, tal como proposto por Bush, o sistema de C&T norte-americano acabou tornando-se um sistema fortemente diversificado e descentralizado. Essa é, efetivamente, uma das características centrais desse sistema e que poderá ser observada, também, ao se analisar, por exemplo, o sistema de inovação em saúde.

GRAFICO 1

Investimentos federais em P&D do governo norte-americano (1949-2013)
(Em % do PIB)



Fonte: Office of Management and Budget (goo.gl/vNCd4). Extraído de De Negri e Squeff (2014).

Atualmente, o país investe, entre recursos públicos e privados, aproximadamente 2,8% do seu PIB em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Desse total, 0,8% são investimentos públicos, realizados pelo governo federal norte-americano, metade dos quais (ou 0,4% do PIB) realizados no setor de Defesa. O papel da

segunda guerra mundial e, principalmente da guerra fria na consolidação do sistema de C&T norte-americano, fica explícito pelo gráfico 1.

Segundo De Negri e Squeff (2014), a análise da evolução histórica dos investimentos federais em pesquisa dos Estados Unidos evidencia um ciclo de crescimento muito forte que começa em 1958 – o ano do lançamento do satélite Sputnik I pelos Russos – e que se mantém até o início dos anos 1970. Ou seja, mais do que a segunda guerra mundial, a guerra fria foi o elemento fundamental a impulsionar os investimentos em C&T daquele país, contradizendo as expectativas de V. Bush acerca dos tempos de paz e baixos investimentos públicos em ciência na área de defesa. Na realidade, o lançamento do satélite russo, ao evidenciar a liderança do oponente na área, precipitou um aumento substancial dos investimentos norte-americanos em tecnologias espaciais, em particular, e de defesa.

Durante o auge da guerra fria, foram criadas várias das instituições de pesquisa que hoje constituem o núcleo do sistema de C&T norte-americano. Em 1958, foram criadas a *Defense Advanced Research Projects Agency* (Darpa) e a *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa). Logo depois também surgiram vários dos laboratórios nacionais vinculados ao Departamento de Energia (Westwick, 2003) e muitos dos *Funded Research and Development Centers* (FFRDCs) que, segundo, Hrubby *et al.* (2011), chegaram a 74 instituições ao final dos anos 1960.

De Negri e Squeff (2014) argumentam que esse “grande ciclo de ampliação dos investimentos em P&D entre os anos 1950 e 1970 sugere que a construção de um sistema de C&T complexo como o norte-americano requereu um esforço orçamentário significativo durante praticamente duas décadas”. Segundo as autoras, “dado que a riqueza e a diversidade institucional norte-americana são, muito provavelmente, características que explicam a liderança tecnológica do país, esse período inicial de construção institucional reveste-se de crucial importância” para a compreensão do sistema de C&T norte-americano.

De fato, várias características importantes emergem desse período. Primeiro, a variedade e a diversidade institucional no sistema norte-americano começam a se desenhar já nesse momento de constituição, associadas a uma competitividade sistêmica entre as instituições. Além disso, desde sua criação, as instituições de pesquisa já tinham missões específicas e equipes interdisciplinares, seguindo o modelo de ciência conectada proposto por Bush. Embora a maior parte das instituições criadas nesse período fosse voltada para a defesa, é razoável supor que essa cultura institucional tenha se disseminado pelo restante do sistema norte-americano ao longo do tempo.

Outras características fundamentais desse sistema são sua elevada descentralização e a autonomia das instituições na execução de seus programas e orçamento. Muitas dessas agências são responsáveis, elas mesmas, pela negociação dos seus

orçamentos no Congresso norte-americano, em um processo em que seus dirigentes comparecem ao Congresso para expor as suas solicitações orçamentárias e programas aos respectivos subcomitês. Isso não significa, contudo, que os orçamentos das principais agências sofram variações significativas ao longo do tempo. Pelo contrário, a evolução do orçamento federal norte-americano em C&T mostra uma relativa estabilidade ao longo do tempo, com variação maior na distribuição desse orçamento entre as agências.

Por um lado, essa autonomia das agências garante que suas ações em C&T sejam mais próximas as suas missões específicas. Por outro lado, isso também significa que não há uma coordenação centralizada das ações, ou do orçamento federal, em C&T. Segundo Sarewitz (2003), “*The first thing to note here is that there is neither a capacity nor an intent to undertake centralized, strategic science policy planning in the U.S.*”⁹ Segundo o autor, a proposta orçamentária é elaborada pelo *Office of Management and Budget* a partir da consulta aos diferentes ministérios e agências em um processo cumulativo e, essencialmente, definido de baixo para cima. Além disso, esse processo é influenciado, de forma também descentralizada, por inúmeros comitês do Congresso levando o autor a ir mais longe nas suas conclusões: “*From this perspective, it can reasonably be asserted that there is no such thing as science policy in the United States*” (Sarewitz, 2003).

A instituição que mais se aproxima de ter uma função de coordenação ou de articulação entre as diferentes agências envolvidas na política de C&T é o *Office for Science and Technology Policy* (OSTP). O OSTP é um escritório de assessoria direta ao presidente norte-americano em temas relacionados à política científica e tecnológica e conta com um *staff* de aproximadamente cem pessoas. Sua missão é desenvolver e implementar políticas e orçamentos para C&T que reflitam as prioridades da Administração.

Para isso, o OSTP funciona como secretaria executiva dos dois principais conselhos que articulam a política norte-americana para C&T. O primeiro deles é o *National Science and Technology Council* (NSTC), um conselho ministerial que reúne todos os principais ministros e presidentes de agências responsáveis pela política norte-americana de C&T. Esse conselho é presidido pelo presidente da república e define as prioridades da política de C&T norte-americana.

O segundo conselho relevante é o *President’s Council of Advisors on Science and Technology* (PCAST). Esse conselho é formado por dezenove cientistas e engenheiros de destaque em suas áreas, reúne-se bimestralmente e prepara relatórios para assessorar o presidente da república em diversas áreas. Esse conselho evidencia uma das fortes características da política de C&T norte-americana: sua capacidade

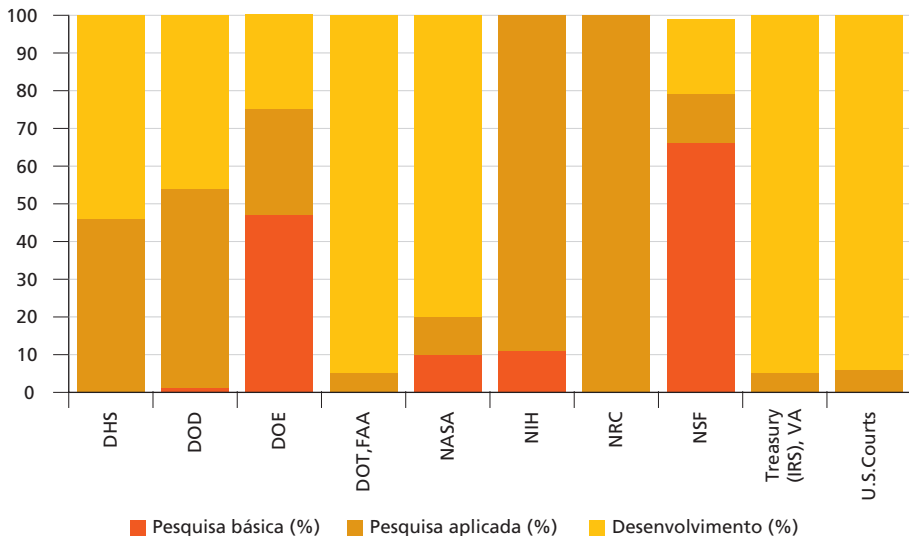
9. Tradução das autoras: “A primeira coisa a notar é que não há nem uma capacidade nem uma intenção de realizar o planejamento estratégico da política científica de modo centralizado nos Estados Unidos”.

de ouvir a comunidade acadêmica e utilizar suas competências para ajudar a definir as prioridades em termos de políticas públicas.

Como não é o OSTP que define os orçamentos de C&T das agências nem há relação de subordinação entre as agências, instituições de pesquisa e o OSTP, sua função é preponderantemente de articulação entre os diferentes órgãos de governo e, principalmente, entre governo e academia. Mecanismos formais de consulta à comunidade científica norte-americana são frequentemente usados para definição das prioridades de investimento do governo e das próximas missões a serem perseguidas pelo país. A área onde a comunidade acadêmica tem menos influência, talvez seja o próprio setor de defesa, em que a definição de prioridades é mais fortemente influenciada por questões de segurança nacional.

Por fim, um aspecto importante, embora talvez não determinante, na capacidade norte-americana de investir em pesquisa orientada a missões específicas, tem relação com a forma de execução dessa pesquisa. Em algumas agências, boa parte da pesquisa realizada é pesquisa aplicada. Os dados consolidados pela NSF em 2013 e apresentados em De Negri e Squeff (2014) mostram que 31% dos recursos federais para P&D são investidos em pesquisa básica e 69% em pesquisa aplicada (23%) e desenvolvimento (46%). As autoras mostram também que agências mais voltadas a missões específicas parecem ter uma participação maior de desenvolvimento, *vis à vis*, pesquisa básica.

GRÁFICO 2
Distribuição entre pesquisa básica e aplicada nas principais agências responsáveis pela política de C&T norte-americana
(Em %)



Fonte: National Science Foundation. Extraído de Squeff e De Negri (2014).

Além disso, existe uma grande diversidade de formas contratuais pelos quais o governo norte-americano investe em P&D. Além dos investimentos diretos realizados em institutos de pesquisa federais e nos *Federally Funded Research and Development Centers* (FFRDCs), existem diversas maneiras de apoiar ou contratar P&D realizada por terceiros. São elas: *i) grants* (ou subvenções); *ii) acordos de cooperação*; e *iii) contratos*.

Segundo definições do próprio governo norte-americano,¹⁰ as subvenções (*grants*) são prêmios ou assistências financeiras concedidas por uma agência federal para um beneficiário desenvolver um projeto público ou um serviço autorizado pela legislação norte-americana.

Um acordo de cooperação é uma espécie de subvenção que requer um envolvimento substancial da agência concedente no desenvolvimento do projeto e que possui requisitos específicos em relação a outras subvenções. Os acordos de cooperação são uma forma intermediária entre o contrato, no qual existem produtos claramente definidos e maior *enforcement* do setor público e os *grants*, em que o objetivo é estimular uma determinada pesquisa, mas que não se prevê a entrega de um produto ao final do projeto. No caso dos acordos de cooperação, a aplicação dos recursos pelos pesquisadores não é tão flexível como no caso dos *grants* e espera-se, ao final do projeto, algum tipo de resultado concreto.

Contratos, por sua vez, são acordos entre o governo federal e um fornecedor que proverá bens ou serviços em troca de uma taxa específica. Essa é a forma mais evidente de se proceder em uma política de inovação pelo lado da demanda. Como vimos no capítulo 9, contudo, existe uma variedade enorme de contratos na legislação norte-americana, sendo que alguns foram desenvolvidos especificamente para possibilitar investimentos em P&D. Para contratação de P&D, é possível remunerar o fornecedor com base nos custos de desenvolvimento do projeto, o que é essencial no caso em que o produto ou serviço a ser adquirido ainda precisa ser desenvolvido.

Além dessas formas, no final dos anos 1980, foi criado um tipo de contrato com características especiais, chamado genericamente de *Other Transactions* e foi dada a algumas agências a prerrogativa de realizar esse tipo de contrato.

An other transaction (OT) is a special vehicle used by federal agencies for obtaining or advancing research and development (ReD) or prototypes. An OT is not a contract, grant, or cooperative agreement, and there is no statutory or regulatory definition of 'other transaction'. Only those agencies that have been provided OT authority may engage in other transactions (Halchin, 2011).

10. Disponíveis em: <goo.gl/N0vweF>.

A primeira agência a utilizar esse tipo de contratação foi a Nasa. Sua criação foi justificada para dar maior discricionariedade para as agências no momento da contratação de projetos de P&D. Reconhecia-se que contratos de P&D tinham particularidades e que nem sempre poderiam cumprir os regulamentos e exigências requeridos pelo setor público, tal como discutido nos capítulos 3, 7 e 9. Algumas das exigências presentes na Federal Acquisition Regulation (FAR) e que não se aplicam às *Other Transactions* são: *i*) competição entre os fornecedores; *ii*) requisitos baseado em custos e; *iii*) alocação dos direitos de propriedade intelectual (Cassidy *et al.*, 2013).

A autorização para uso dessa modalidade é concedida pelo Congresso norte-americano e, atualmente, várias agências podem utilizar essas formas mais flexíveis de contratação em seus projetos de P&D, entre elas o Departamento de Defesa (incluindo a Darpa), o Departamento de Energia e o Departamento de Saúde (incluindo os NIH). Contudo, é patente que a Nasa é a principal usuária desse tipo de contratação, com mais de 3 mil contratos realizados nessa base, em 2014, contra apenas 79 no Departamento de Defesa.¹¹

A escolha do tipo de contratação também varia substancialmente entre as diferentes agências. Entretanto, parece haver uma relação positiva entre as fases finais do processo de P&D (pesquisa aplicada, desenvolvimento e engenharia) e a utilização de contratos. Nota-se que agências ou departamentos onde as ações de P&D têm maior ênfase em desenvolvimento e engenharia (tais como Nasa ou Departamento de Defesa) possuem um percentual maior de contratos em relação ao P&D total.¹²

Esta seção buscou explicitar algumas das características iniciais do sistema norte-americano que ajudam a explicar porque esse sistema é tão bem-sucedido em perseguir e alcançar missões específicas. A própria história da constituição do sistema de C&T norte-americano dentro do modelo de ciência conectada, cuja finalidade era a supremacia militar, ajuda a explicar essa cultura de “orientação à missão” hoje disseminada pelas principais instituições de pesquisa do país.

A diversidade de formas de execução do investimento em pesquisa, seja básica, seja aplicada, também garante que seja possível executar missões específicas de forma mais eficiente. O fato de boa parte do investimento e das instituições serem focados em pesquisa aplicada e desenvolvimento também ajuda a explicar alguns dos resultados concretos do investimento público em P&D. A possibilidade de governo e instituições públicas contratarem o desenvolvimento de novas tecnologias é uma ferramenta importante no alcance de suas missões.

11. Segundo relatório do Government Accountability Office (GAO) sobre *Other Transactions* (“*Other Transaction’ Agreements Limited and Mostly for Research and Development Activities*”), disponível em: <goo.gl/NP1Qf4>.

12. Tal como pode ser visto no capítulo 9 deste livro.

Essa orientação a missões não tem, contudo, relação com uma governança centralizada, ao contrário. O sistema norte-americano é altamente descentralizado e as instituições gozam de relativa autonomia para executar suas missões. O fato de o investimento público em P&D ser executado em agências e departamentos com missões específicas também garante uma maior aderência dos investimentos em C&T com resultados concretos.

Como veremos nas próximas seções, a Darpa é um caso único, mesmo dentro do sistema norte-americano. Contudo, nela estão fortemente presentes todos os traços de uma ciência conectada e orientada a missões específicas.

3 HISTÓRICO DA DARPA

A Arpa¹³ foi criada em 1958 como uma divisão do DoD focada na manutenção da superioridade tecnológica dos Estados Unidos. Sua criação é considerada uma resposta dos Estados Unidos ao lançamento, pela então União das Repúblicas Socialistas e Soviéticas (URSS), do satélite Sputnik. Com a Arpa, os Estados Unidos visavam tornar-se precursores em tecnologias de defesa, criando surpresas tecnológicas para seus adversários em vez de serem surpreendidos, como ocorreu nesse episódio. Se oficialmente o lançamento do satélite, em 1957, coincidiu com o Ano Internacional da Geofísica, proclamado pela Assembleia Geral da ONU, como período ideal para o lançamento de satélites artificiais para estudo da Terra e do sistema solar, foi com espanto e receio que os Estados Unidos testemunharam o sucesso do então rival em colocar em órbita – inclusive sobre o território norte-americano – um satélite dez vezes maior, que planejavam apenas para o ano seguinte. Além do Sputnik, a URSS havia lançado também um míssil balístico intercontinental.

Como indicado por Singh (2014), a visão com a qual a agência foi criada, pelo Senado, era a de ser responsável pela concepção e execução de projetos de P&D que expandissem as fronteiras da tecnologia e da ciência, para além das demandas militares imediatas.

A criação da agência foi reputada ainda por Bonvillian (2008) como um esforço do presidente Eisenhower para unificar os esforços de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) em defesa do país, dado que a fragmentação e a desconexão existente entre os programas espaciais das Forças Armadas teriam sido fator determinante da “derrota” americana nessa primeira disputa espacial com a URSS.

Considera-se que a agência teve o seu período formativo até 1975, como uma divisão do DoD focada na manutenção da superioridade tecnológica.

13. Em março de 1972, a agência passou a ser chamada Darpa, tendo sido depois renomeada Arpa em fevereiro de 1993 e, por fim, redesignada como Darpa em março de 1986.

Entre 1958 e 1965, a ênfase era em espaço, defesa míssil-balística e detecção nuclear. Na década de 1960, todos os programas civis migraram para a Nasa e os programas espaciais militares para cada Força. Isso permitiu que a Darpa focasse esforços nos programas Defender (defesa míssil-balística), Vela (teste de detecção nuclear) e Agile (P&D contra insurgência) e assim iniciasse o trabalho em processamento computacional, ciências comportamentais e dos materiais. Os programas Defender e Agile formaram a base das capacidades da agência em sensores, energia direcionada e vigilância, radar, sensoriamento infravermelho e detecção de raios X e gamma. A agência também teve um papel precoce no Transit, considerado o precursor do *Global Positioning System* (GPS). Ao longo da década de 1960, com a transferência dos programas já maduros para as forças, a ARPA redefiniu seu papel e concentrou-se em um grupo diverso de pequenos programas exploratórios de pesquisa.

No início da década de 1970, a ênfase foi em programas de energia direta, processamento de informação e tecnologias táticas. A agência apoiou a evolução da Arpanet, *Packet Radio Network*. Essa linha de trabalho, iniciada nessa época culminou na internet e em pesquisas na área de inteligência artificial, reconhecimento de discurso e processamento de sinais. A Darpa financiou ainda o desenvolvimento do sistema NLS (*oN-Line System*) e “*Mother of All Demos*”¹⁴ e “*Aspen Movie Map*” (uma espécie de mapa interativo), este possivelmente o primeiro sistema de hipermídia e precursor da realidade virtual.

Em 1973, as emendas Mansfield¹⁵ limitaram expressamente o orçamento para a pesquisa em defesa pela Arpa/Darpa a projetos com aplicações militares diretas, o que gerou muitos questionamentos à época. Entre 1976 e 1981, a agência impulsionou áreas tecnológicas ligadas ao combate terrestre, aéreo, naval e espacial, armamento tático e antiarmamento, sensoriamento remoto para vigilância, tecnologias de *laser* de alta energia para defesa missilística, guerra submarina, mísseis de cruzeiro avançado, aeronaves avançadas e aplicações de defesa para computação avançada.

Nos anos 1980, por sua vez, a atenção da agência foi centrada em processamento de informação e programas de aeronaves, como o *National Aerospace Plane* (NASP) ou *Hypersonic Research Programme*. O programa computacional estratégico permitiu à Darpa explorar tecnologias avançadas de processamento e de redes e fortalecer as relações com universidades após a guerra do Vietnã. A agência buscou ainda novos conceitos de satélites pequenos e leves (*Lightsat*) e direcionou novos programas à indústria de defesa, tecnologia submarina e antiarmamento.

Entre 1975 e 1989, a agência liderou o desenvolvimento de importantes tecnologias como a *stealth*, a primeira transmissão sem fio da Arpanet (*Advanced Research*

14. Apresentação feita por Douglas Engelbart em 1968 que demonstrou elementos centrais da computação pessoal moderna.

15. Mais informações em: <goo.gl/LnVTgm>.

Projects Agency Network) e o projeto Guerra nas Estrelas, tendo a sua atuação pautada predominantemente em resposta à ameaça soviética. Já no período pós-soviético, de 1991 até a atualidade, a instabilidade internacional fomentou o desenvolvimento de robôs, de defesa bioquímica e de treinamento computacional simulado.

As sucessivas fases por que passou a agência foram sumariadas por Fuchs (2010) no quadro 1.

QUADRO 1

A evolução da Darpa: uma cronologia da história da organização

Década	1958	1960	1970s	1980s	1990s	2000s
Nome	Arpa (1958-1975)		Darpa (1972-1993)		Arpa (1993-1996)	Darpa (1996-2008)
Era	Pesquisa Básica		Missões Militares	Foco na indústria	Competitividade, internacionalização	Indústria Militar
Presidente	Eisenhower (1953-1961)	Eisenhower (1953-1961); Kennedy (1961-1963); Johnson (1963-1969)	Nixon (1969-1974); Ford (1974-1977); Carter (1977-1981)	Reagan (1981-1989)	Bush (1989-1993); Clinton (1993-2001)	Bush Jr. (2001-2008)
Ambiente político e legislativo	Guerra Fria Sputnik (1957)	Guerra Fria Guerra do Vietnam (1959-1975)	Guerra Fria Guerra do Vietnam (1959-1975) Lei Mansfield (1969)	Fim da Guerra Fria Guerra nas Estrelas Noyce – mais VC (1978) Preocupação com a competitividade em relação ao Japão: Lei de Pesquisa Cooperativa Nacional (1984)	Craig Fields é obrigado a deixar a Darpa pelo foco excessivamente industrial (1990); Sematech deseja internacionalização (1995); DARPA criticada pela lenta transição para produtos militares (1997); expansão das ligações interorganizacionais e internacionais de PeD	Ataques de 11/09/01; Bush Jr invade Iraque (2003); crescente preocupação com a competitividade americana em relação à Índia e à China; Críticas à Darpa por não financiar pesquisa básica (Lazowski House Statement, 2005)
Diretores da Darpa	Johnson (1958-1960)	Betts (1960-1961) Ruina (1961-1963) Sproull (1963-1965) Herzfeld (1965-1967) Rechtin (1967-1970)	Lukasik (1970-1975) Heilmeir (1975-1977) Fossum (1977-1981)	Cooper (1981-1985) Duncan (1985-1988) Colladay (1988-1989) Fields (1989-1990)	Reis (1990-1992) Denman (1992-1995) Lynn (1995-1998) Fernandez (1998-2001)	Tehter (2001-2008)
Ambiente da Darpa	Predominância da rivalidade entre as Forças; evitar a surpresa tecnológica	Mérito científico em detrimento do foco militar; foco nas melhores pessoas – independência e qualidade intelectual	Testes no meio do período, entregáveis, medidas de sucesso	Iniciativa estratégica de computação (1983); Sematech (1987); pirâmide de tecnologias. Conexão entre a academia e indústria	Prioridades de Fernandez: pessoas, competição, alcance, experimentação (1998)	Etapas, marcos, accountability, “Transformando Fantasia” (2001-2003); Superando a lacuna”

Fonte: Fuchs (2010).

O estudo da autora enfatiza especialmente o mandato de Tony Tether como diretor da Darpa, por ser considerado um momento de inflexão importante na história da agência, com reflexos que persistem até a atualidade na sua forma de atuação. O período entre 2001 e 2008 teria assistido a mudanças de grande magnitude na agência, tendo gerado muitas reclamações da comunidade científica na área de computação – que historicamente reunia os beneficiários preferenciais e protagonistas dos casos de sucesso da Darpa. As críticas indicavam que “a Darpa não era mais a mesma”. De acordo com

Fuchs (2010), contudo, essas mudanças e as críticas decorrentes não eram novas na história da agência, que já havia vivenciado anteriormente repetidas mudanças no seu foco e também nas suas estruturas de governança. O quadro 2 expõe os principais pontos de mudanças, como apontados por Fuchs (2010).

QUADRO 2

Mudanças nos mecanismos de financiamento da Darpa (1992-2008)

	1992-2000	2001-2008
Mudanças na estrutura de financiamento da Darpa	Financiamento de pesquisa universitária, basicamente.	Financiamento migrou das universidades para a indústria (especialmente fornecedores estabelecidos)
	BAA (<i>Broad Agency Announcements</i>), poucos freios e contrapesos no alcance das metas dos programas.	Convites com múltiplas fases: intervalos de 12-16 meses, e fundos vinculados a revisões do tipo “segue/interrompe” ligadas a entregáveis pré-definidos.
	Convites abertos a qualquer um que desejasse ser o <i>prime contractor</i> .	Muitos convites excluem universidades e <i>start-ups</i> como <i>prime contractors</i> , exigindo a formação de equipes com fornecedores estabelecidos como <i>prime contractors</i> .

Fonte: Fuchs (2010).

Fuchs agrupa as mudanças em décadas. Ela cita autores que indicam que o financiamento a universidades na era Tether caiu pela metade (Lazowska e Patterson, 2005). Contrasta ainda com o período anterior, na década de 1990, em que havia flexibilidade e mais arbítrio para os pesquisadores; na gestão Tether os financiamentos foram vinculados a revisões do tipo “segue/interrompe” (*stop/go*) ligadas a entregáveis pré-definidos que precisavam ser atingidos em períodos determinados de tempo (tipicamente entre 6 e 9 meses). O foco em marcos estabelecidos e nessas revisões era uma reminiscência da Darpa na gestão Heilmeyer (1975-1977). Outro aspecto da década de 2000 foi a atribuição de graus de sigilo e restrições crescentes à participação de cidadãos não norte-americanos, decorrente do *USA Patriot Act*¹⁶ assinado pelo presidente George W. Bush após os atentados de 11 de setembro de 2001. Muitos convites e anúncios excluía a possibilidade de universidades e *start ups* serem *prime contractors*, exigindo a formação de equipes e forçando esses entes a se associarem a fornecedores mais tradicionais (Defense Science Board, 2005). Fuchs sustenta que essas mudanças nos objetivos imediatos e no modo de atingir esses objetivos são comuns na história da agência, que teria desenvolvido a resiliência necessária para continuar tendo êxito em sua missão a despeito delas.

4 ORGANIZAÇÃO E FORMA DE FUNCIONAMENTO

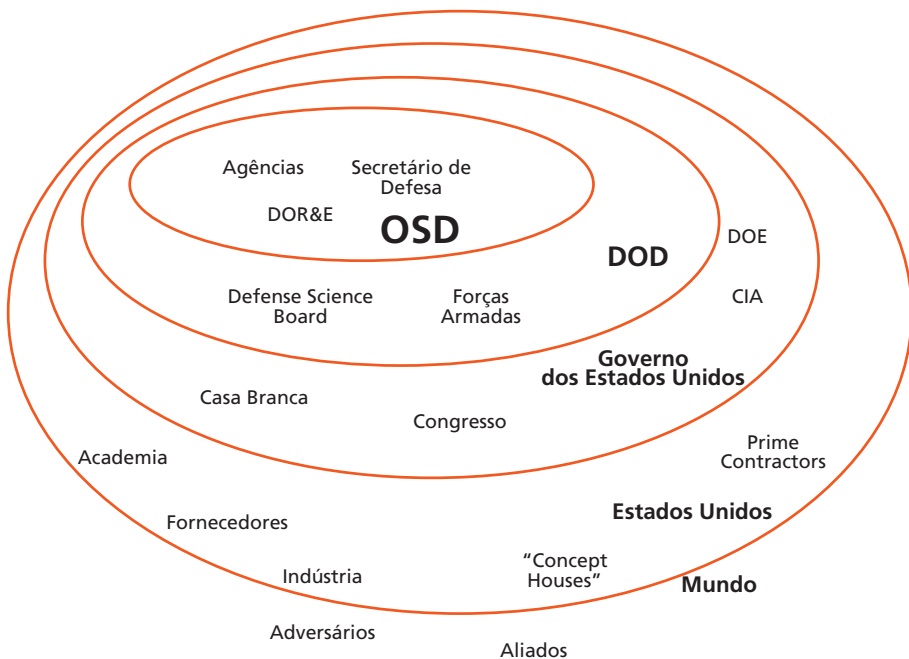
A Darpa mantém, desde a sua criação, uma estrutura organizacional bastante enxuta, ágil e com poucos níveis hierárquicos. Quando foi criada, em 1958, a agência respondia diretamente ao secretário de Defesa, mas, atualmente, ela está ligada ao diretor de

16. Acrônimo para “*Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism Act de 2001*”.

Pesquisa e Engenharia em Defesa (Defence Research and Engineering – DDR&E), que, por sua vez, se reporta ao subsecretário de Aquisição, Tecnologia e Logística.

As interações da agência ocorrem com atores em múltiplos níveis de atuação, e essa capacidade de desenvolver relacionamentos frutíferos com entes diversos e de funcionar como “nó de rede” entre atores que, de outro modo não atuam juntos, já foi apontado como um dos fatores determinantes do sucesso da agência (Fuchs, 2010). A estrutura do macroambiente em torno da agência é exposta na figura 1.

FIGURA 1
Macroambiente de atuação da Darpa

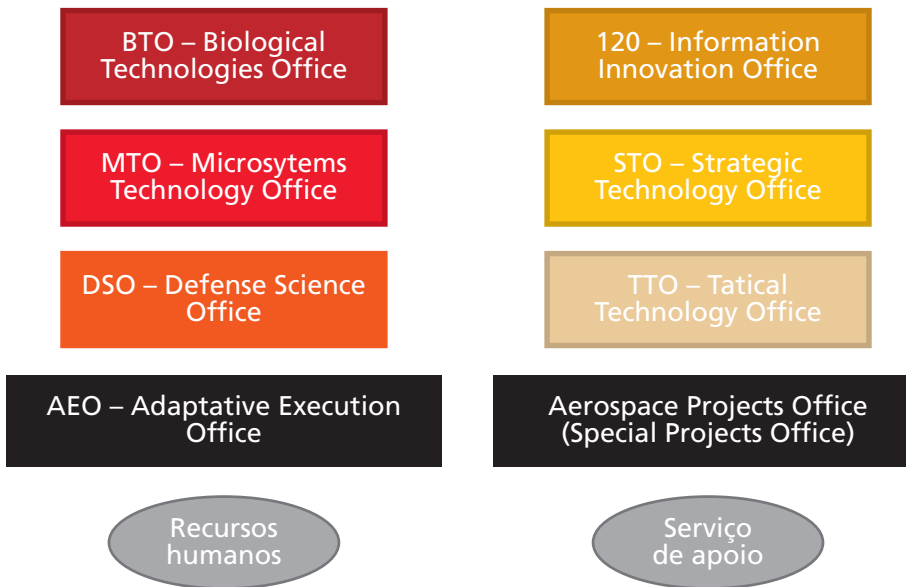


Fonte: Singh (2014).

Já no âmbito interno, a Darpa mantém em torno de 220 pessoas atuando, dos quais aproximadamente 100 são gerentes de projetos, que são contratados por tempo determinado, entre 3 e 5 anos e com o objetivo de coordenar um projeto específico. A equipe de apoio reúne 120 pessoas em áreas como finanças, contratos, Recursos Humanos (RH), segurança e jurídica (Dugan e Gabriel, 2013). É importante ressaltar que a Darpa não possui nem opera laboratórios próprios, sendo tão somente um escritório de financiamento de projetos tecnológicos para a área de defesa, prescindindo assim de investimento de longo prazo em instalações.

No organograma da agência, há apenas três níveis hierárquicos: o diretor da agência, a direção dos seis escritórios técnicos e os gerentes de projeto alocados entre os escritórios. Além do diretor, há um vice-diretor geral e também vice-diretores para cada um dos escritórios de tecnologia. Além dos seis escritórios técnicos, há dois escritórios adicionais, um responsável pelo gerenciamento de projetos especiais e outro pela transição das tecnologias desenvolvidas pelos projetos da agência em capacidades do DoD. O apoio gerencial e administrativo é prestado na agência por um escritório de RH e pelo escritório de serviços de apoio, que congrega funções como segurança, inteligência, tecnologia da informação, infraestrutura, cooperação internacional, entre outros. Todos os escritórios reportam diretamente ao diretor da Darpa (Singh, 2014).

FIGURA 2
Organização da Darpa



Fonte: Darpa (2016).¹⁷

Como destaca Singh (2014), essa estrutura reflete um profundo envolvimento dos vários escritórios técnicos com as Forças Armadas dos Estados Unidos, com forte sinergia entre o pesquisador, o desenvolvedor e o usuário. Uma breve descrição das principais atribuições de cada um dos escritórios é feita, conforme descrita a seguir.

- 1) BTO – O BTO é focado em alavancar avanços em engenharia e ciências da informação para conduzir e remodelar biotecnologia focada na vantagem

17. Disponível em: <goo.gl/61tkYw>.

tecnológica. BTO é responsável por toda a área de neurotecnologia, interface homem-máquina, desempenho humano, doenças infecciosas e ainda pelos programas de biologia sintética dentro da agência.

- 2) I2O – O I2O explora tecnologias dedica-se aos campos da ciência da informação e *software* para antecipar e criar mudanças rápidas no complexo cenário de segurança nacional de informação. A carteira de investigação do I2O está focada na antecipação de novos modos de guerra nestas áreas emergentes e no desenvolvimento de conceitos e ferramentas necessárias para fornecer vantagem decisiva para os Estados Unidos e seus aliados.
- 3) DSO – O escritório de Ciências de Defesa (DSO) identifica e busca tecnologias de alto risco e alto retorno, fazendo a ponte entre a ciência básica e as aplicações militares. Lida com iniciativas de pesquisa básica em um amplo espectro de áreas do conhecimento científico, por vezes remodelando campos existentes ou criando disciplinas inteiramente novas – e transforma essas iniciativas em algo radicalmente novo. As áreas de interesse do DSO englobam física, química, matemática e materiais, bem como tópicos multidisciplinares, tais como sistemas homem-máquina, *design* e complexidade.
- 4) MTO – criado em 1992, o Microsystems Technology Office ajuda a criar e evitar surpresa estratégica por meio de investimentos em componentes microeletrônicos compactos, como microprocessadores, sistemas microeletromecânicos (MEMS) e dispositivos fotônicos.
- 5) STO – o Escritório para as Tecnologias Estratégicas da Darpa é focado em tecnologias que permitem o combate em rede para aumentar a eficácia militar, a alavancagem de custo e adaptabilidade. Buscam tecnologias que possam ter impacto no teatro de operações global e que possam ser usadas por todas as Forças. As áreas de interesse do STO incluem: gestão do combate e comando e controle (BMC2); Comunicações e Redes (C&N); Inteligência, Vigilância e Reconhecimento; Guerra Eletrônica; *Positioning, Navigation and Timing* (PNT); e Tecnologias e sistemas estratégicos de base.
- 6) TTO – A missão do Escritório de Tecnologia tática da Darpa é fornecer ou impedir a surpresa estratégica e tática por meio de desenvolvimentos de alto risco e demonstração de novas plataformas revolucionárias em sistemas de terra, Maritime (superfície e submarino), sistemas de ar e sistemas espaciais.

A Darpa adota uma abordagem de portfólio para a gestão dos seus projetos, que incorporam pesquisa básica, pesquisa aplicada e também desenvolvimento e demonstração (Dubois, 2011). Os projetos possuem alto risco e buscam retornos elevados. Segundo Dugan e Gabriel, (2013), a cultura organizacional da agência

encoraja a tomada de riscos e tolera falhas, pois, no escopo do portfólio, não há problemas se alguns projetos não funcionarem individualmente como esperado, pois a composição da carteira de programas garante que os resultados da agência sejam positivos como um todo.

Dugan e Gabriel (2013) intitulam o modelo de atuação da Darpa como o modelo “Forças Especiais”.¹⁸ Esse é um afastamento radical do modelo linear de Ciência e Tecnologia (C&T), segundo o qual a ideia central é “gaste muito dinheiro em pesquisa e idealmente alguma coisa boa vai sair disso” (*science-push*). No modelo Darpa de atuação, coloca-se uma alternativa, e o registro de sucessos obtidos pela agência mostra que inovações disruptivas podem ser produzidas de forma consistente, em prazos curtos, por organizações focadas, enxutas e ágeis. Os programas da Darpa financiam pesquisas nas organizações contratadas cujos participantes reúnem-se pelo menos duas vezes por ano para revisar o progresso e os objetivos.

Dubois (2011) pontua a diferença entre o modelo tradicional de desenvolvimento tecnológico e o modelo da Darpa. Segundo o autor, um ex-diretor da agência, o método tradicional, que envolve longas propostas submetidas à avaliação por pares, demanda muito tempo e usualmente leva a um uso ineficiente dos recursos. Isso ocorreria porque a pesquisa realiza, por indivíduos concorrentes trabalhando de forma isolada, e leva a uma ampla gama de tecnologias e descobertas, das quais apenas uma fração é combinada de forma útil para a geração de novos produtos e processos. Dubois (2011) aponta que mesmo a utilização de *roadmaps* tecnológicos, criados para acelerar esses processos, teria limitações, como, por exemplo, assumir que todos partem do mesmo ponto e que o objetivo é dado, o que afasta o desenvolvimento de soluções concorrentes e o foco nas necessidades dos usuários.

O modelo adotado pela Darpa, por sua vez, define antecipadamente o produto ou processo necessário e antecipa as necessidades tecnológicas, de modo que as equipes de pesquisa possam coordenar mais efetivamente seus esforços para obter uma taxa maior de retorno. Soma-se a isso o fato de que as equipes envolvidas nos projetos da agência trabalham de forma articulada nos níveis de pesquisa básica, aplicada e desenvolvimento e demonstração. O contato frequente entre os desenvolvedores de tecnologia e os seus usuários finais ocorre com o PM realizando o papel de “*parteiro da tecnologia*”, assegurando que as descobertas importantes migrem do laboratório para o mercado rapidamente.

Em outras palavras, o que o autor argumenta é que, no caso da Darpa, os projetos são orientados pela demanda. É a partir da identificação de uma necessidade tecnológica, geralmente altamente disruptiva, que nasce um novo projeto de pesquisa dentro da agência.

18. Essa é uma referência dos autores às unidades militares de elite das Forças Armadas de diversos países, que são assim denominadas por serem treinadas para a guerra irregular.

4.1 O papel do gerente de programas

Os projetos de pesquisa, ou programas, da agência são concebidos pelos “*Program Managers*” (PM) e possuem duração finita. Grande parte da literatura já produzida sobre a Darpa destacou a centralidade do papel dos “*program managers*” (PM), os gerentes de projeto. Segundo Dugan e Gabriel (2013), eles seriam uma estirpe diferente de líderes de projetos que orquestram todo o esforço: eles determinam que partes do trabalho são necessárias para produzir um resultado global específico, conduzem as competições entre propostas e ideias e contratam organizações para fazer o trabalho. Os PM são aqueles que definem e propõem novos programas que eles acreditam que trarão mudança revolucionária. São pessoas que já possuem resultados expressivos no seu campo de atuação e possuem capacidades de liderança excepcional. Um PM efetivo da Darpa é a pessoa o mais próximo possível de desafios críticos e possibilidades tecnológicas nas suas áreas de atuação.

Essas pessoas podem ser contratadas da indústria, da academia, de organizações sem fins lucrativos, dos laboratórios governamentais e dos *federally funded research and development centers* (FFRDCs) e, usualmente, são identificados por meio das redes de relacionamento da agência ou por indicação dos atuais e antigos PM. A agência tem múltiplos atrativos: desempenhar serviços ao país, a honra de ser convidado para trabalhar em uma agência de elite com uma história célebre e a oportunidade de buscar algo “incrível”. Como dito por Steve Welby, então diretor adjunto do *Tactical Technology Office* da Darpa, a Darpa faz amplos esforços para trazer para a agência PMs com perfil empreendedor, os empodera, os protege da burocracia governamental e rapidamente faz com que eles iniciem os projetos que precisam ser feitos e encerrem os que precisam ser encerrados (*Steering Committee for Workshops on Issues of Technology Development for Human and Robotic Exploration and Development of Space, Aeronautics and Space*, 2005).

Jay Schnitzer, ex-diretor do Defense Sciences Office (DSO), citou as qualidades que os PM precisam reunir: excelência técnica na sua área, combinar autoconfiança extraordinária e pouca arrogância, capacidade de avaliar um projeto como um todo sem perder de vista o acompanhamento de suas partes, agir com senso de urgência e um forte desejo de mudar o mundo. Além disso, eles devem ter bons projetos, mas que não sejam apostas certeiras – esses casos prescindiriam da atenção da Darpa.

A rotatividade desse grupo de funcionários é frequentemente apontada como fator importante para os resultados da agência, pois embora a função de *program manager* seja um trabalho no governo, ela difere radicalmente das premissas da carreira de servidor civil e, ao mesmo tempo, também não se parece com um trabalho na academia. Os mandatos tipicamente têm em torno de quatro anos. A ideia subjacente a essa característica é a de que novas ideias dependem de pessoas novas, e os PM recém-contratados usualmente chegam à agência com o desejo de

redirecionar o trabalho desenvolvido pelos antigos PM. Como definiu a revista *Esquire*,¹⁹ são quatro anos para “fazer o impossível”. Em um horizonte temporal pré-definido, os esforços dos PM são focados, possuindo simultaneamente a responsabilidade e a autoridade para agir com o objetivo de desenvolver novas capacidades militares, cujas demandas são também bem compreendidas por eles. A finitude do contrato e a possibilidade real de moldar todo o futuro de uma área do conhecimento – ou até de mesmo criar novas áreas –, em torno de seu trabalho, seria, de acordo com a publicação, um dos fatores determinantes para o entusiasmo dessas pessoas em assegurar que a Darpa siga cumprindo a sua missão.

Outro aspecto que diferencia as contratações da Darpa do serviço público tradicional é a flexibilidade assegurada por uma autorização especial na seção 5 do US Code.²⁰ Mediante essa autorização, a agência pode contratar rapidamente e pagar salários competitivos com a indústria, atraindo desse modo as pessoas mais talentosas para a função.

A proatividade dos PM da Darpa os diferencia de seus pares que ocupam a mesma função em outras agências e ministérios. Na Darpa eles precisam estar sempre buscando uma nova grande oportunidade tecnológica, conversando com novos potenciais fornecedores e também com os usuários. Enquanto em outras agências o papel do PM é predominantemente no acompanhamento de projetos, na DARPA, além disso, toda a concepção do projeto, a busca de fontes de conhecimento e a orquestração de esforços para a sua consecução partem do PM. Como exemplifica Colatat (2015), os programas de pesquisa da Darpa não são desenvolvidos por pesquisadores, como é comum em outras agências governamentais que financiam pesquisa como a *National Science Foundation* (NSF) e o *National Institutes of Health* (NIH), sendo, por sua vez, totalmente desenvolvidos pelos PM da Darpa e executados pelos parceiros contratados, por meio do uso de diferentes instrumentos legais, mas nos quais se destacam as encomendas tecnológicas.

A relevância dessa proatividade de atuação é debatida no trabalho de Fuchs (2010). A autora destaca que, para além dos atributos organizacionais, os processos de ação usados pelos PM são determinantes nas novas rotas tecnológicas que a agência estabelece, tendo identificado processos por meio dos quais os PM aproveitam as redes sociais existentes para iniciar e encorajar novas rotas tecnológicas. Fuchs afirma que os PM se veem como nós centrais pelos quais a informação flui da comunidade ampla de pesquisa. Exercendo esse papel, estão em constante contato com a comunidade, reunindo pessoas para realizar *brainstorms* sobre novas rotas tecnológicas, compreendendo temas emergentes de pesquisa, associando esses temas

19. Disponível em: <goo.gl/aZ3Ckx>.

20. US Code é a compilação das leis norte-americanas.

emergentes a necessidades militares, “apostando nas pessoas certas” e conectando comunidades até então desconectadas.

Fuchs (2010) indica que o PM não é apenas um conector, mas também um condutor e integrador de sistemas. Há, de modo mais relevante, o papel que ele ocupa para mudar a forma da rede, ao identificar e influenciar novas rotas para o desenvolvimento tecnológico.

Dugan e Gabriel (2013) apontam que há duas maneiras de identificar projetos: um é reconhecer a emergência de um campo científico ou detectar um campo científico que tenha atingido um ponto de inflexão. O segundo modo é identificar projetos que cubram uma necessidade emergente do usuário final – os militares – para a qual tecnologias existentes não sejam suficientes. Nesse segundo formato, os PM normalmente chegam com ideias que respondam a uma oportunidade tecnológica, no que Dubois (2011) nomeia de “identificação do milagre”. Eles têm em média 18 meses para estabelecer uma visão para esse “milagre”, em um processo que envolve, além da clara compreensão das necessidades militares, um esforço focado e uma busca metódica de ideias geradas fora da agência. Para tanto, os PM são incentivados a entrar em contato com todos aqueles da comunidade científica que estejam atuando em pesquisas que possam gerar frutos alinhados à visão desejada.

Esse trabalho de forte interlocução inclui conversas com líderes militares para identificar tecnologias que poderiam conferir vantagem militar relevante e ainda um forte engajamento com a academia para identificar futuras abordagens de pesquisa que possam dar frutos. Esse engajamento com a academia ocorre por meio de visitas e viagens e também nos eventos que a agência organiza, como *workshops* prévios, e faz *requests for information* (RFI)²¹ à comunidade.

Colatat (2015) afirma que esses *workshops* têm um papel crucial no desenvolvimento e na gestão dos programas. Os PM frequentemente usam *workshops* enquanto estão no processo de desenvolver um novo programa de pesquisa ou na busca de uma ideia potencial para um novo programa. Com apenas uma definição aproximada do programa em vista, o PM simplesmente tenta iniciar um diálogo sobre as possibilidades e desenvolver um sentido mais apurado dos desafios e oportunidades técnicas. Esses *workshops* exploratórios podem ser muito benéficos para os cientistas participantes, que podem visualizar o que a Darpa tem em mente, dar suas contribuições ao programa e, idealmente, aderir a ele no futuro a sua área de *expertise*.

Informados pelo lado da demanda e pela oferta, os PM então desenham programas de pesquisa detalhados que são submetidos aos diretores e vice-diretores dos escritórios de tecnologia da agência. Dubois (2011) afirma que esse trabalho de construção do programa assemelha-se a um jogo de xadrez multidimensional,

21. Exemplo de um RFI da Darpa em vigor, à época da preparação deste estudo, está em <goo.gl/gQpEVz> .

com muitas peças diferentes a serem usadas (grupos de pesquisa diferentes), em diferentes localidades (como nas casas dos tabuleiros) e com diferentes capacidades necessárias ao programa (pesquisa básica, aplicada, experimentos, conhecimento teórico, por exemplo). Se o programa não for considerado ambicioso o bastante, ou caso prescindia de base técnica, ele pode ser rejeitado. Programas promissores, mas ainda não maduros o suficiente, podem ser solicitados a ser mais trabalhados antes de nova submissão. É importante que o programa tenha como objetivo inovações disruptivas e não incrementais, pois a pesquisa da Darpa, segundo um cientista financiado por ela, “pode ser bastante radical e não precisa estar no mesmo ritmo do que outras pessoas na comunidade de pesquisa estão pensando” (Colatat, 2015).

Segundo Dubois (2011), a apreciação dos programas pela direção da Darpa contempla as seguintes questões: O que você está tentando cumprir? Como isso é feito hoje e com que limitações? O que há de realmente novo na sua abordagem que eliminará as limitações atuais e melhorará o desempenho? Em quanto? Se o programa tiver êxito, que diferença fará? Quais são os exames finais e intermediários ou aplicações em escala real que provam as suas hipóteses? Qual é a estratégia de saída da Darpa? Quanto custará?

Se o programa for aprovado,²² o PM deve emitir um *Broad Agency Announcement* – BAA. Contudo, em diversas ocasiões, a agência organiza o *Proposers Day* ou *Industry Day*, um evento prévio ao lançamento do BAA para dar informações aos potenciais proponentes sobre os objetivos do BAA em vias de ser lançado. O evento pode ser acompanhado presencialmente ou por videoconferência e, para aqueles fisicamente presentes, pode ser agendada uma conversa privada (*sidebar meeting*) com o PM. Como parte desses eventos, há palestras sobre como construir um programa para a Darpa e apresentação de estudos de caso.

Os BAA são o mecanismo principal que o DoD usa para apoiar os estágios iniciais de atividades de P&D e representam a solicitação oficial de propostas e a definição formal do programa. Os BAA são mais usados para casos em que a P&D não está relacionada a uma solução específica de sistemas, *hardware* ou serviços, mas, sim, à necessidade de avançar no conhecimento e, especialmente, quando se espera que as propostas apresentem abordagens variadas. As propostas no BAA são avaliadas por procedimento de *peer review*, com base e critérios especificados.

Embora em alguns casos a agência possa emitir o RFP – *Requests for proposals*, que são o instrumento adequado para os casos em que o objeto é um sistema, serviço ou *hardware* bem-especificado, os BAA são mais frequentes. Nessa modalidade, as propostas não precisam ser confrontadas entre si, uma vez que não são submetidas de acordo com um comunicado comum, e a base para avaliação não é o custo ou

22. Segundo Colatat (2015), esta aprovação não é automática e esse procedimento não é apenas uma formalidade. O autor relata que tomou conhecimento de um PM que não teve nenhum projeto aprovado durante o seu período na Darpa.

o preço que o governo pagará, mas, sim, a importância técnica da proposta para os programas. Em um BAA, diversas propostas podem ser aceitas, devendo apenas serem acomodadas no valor de financiamento disponível estabelecido.

Os avaliadores das propostas submetidas nos BAA não são pesquisadores da academia, mas funcionários do governo com conhecimento técnico relevante, frequentemente de laboratórios ou FFRDCs do DoD, que avaliam conjuntamente as propostas com base na sua capacidade de atingir as metas definidas. Os revisores julgam o programa em termos de sua aplicabilidade às missões do Departamento e geralmente verificam se se tratam realmente de ideias novas. Isso permite fornecer aos PM um feedback se a ideia tem aplicação no DoD e se gera uma nova capacidade.

Os membros do painel de seleção são específicos para cada programa e escolhidos pelo PM. Esses painéis são análogos aos painéis de revisão da NSF, mas com algumas diferenças: na NSF a revisão científica é vital para contemplar as visões da comunidade científica e porque o mérito científico é um critério central, de forma que a proposta tende a ser financiada se o painel a avaliar positivamente. Na Darpa, a avaliação é feita nos termos definidos pelo PM. Como exemplo, os membros do painel podem ter que responder a questões como: de que forma a proposta contribui aos objetivos do projeto? Como consequência, o PM da Darpa possui um forte poder de veto sobre o painel.

Baseado no conjunto de propostas, o PM desenvolve uma estratégia particular para atingir os objetivos do programa usando uma combinação das propostas individuais. Após a avaliação do painel, o PM recomenda o financiamento de um grupo de propostas e apresenta os achados do painel para os diretores e vice-diretores. Se os gestores concordarem com o PM, as concessões serão feitas aos proponentes.

Os recebedores primários dos fundos da Darpa são pesquisadores e organizações de pesquisa na indústria ou em universidades, com valores menores indo para o governo norte-americano e os laboratórios nacionais (FFRDCs). Usualmente, um mesmo programa pode ter uma série de recebedores, com uma combinação desses diferentes grupos. Como afirma Colatat (2015), é frequente que os programas da agência demandem uma combinação de tecnologias que vá além do escopo de ação de um único cientista. Os BAAs bem-definidos e os *workshops* prévios aos BAAs dão uma boa ideia do tipo de colaboração que é exigida e reduzem o espaço de busca, o que torna mais fácil para os pesquisadores interessados identificarem novos colaboradores. Em muitas propostas, a Darpa antecipa que a formação de equipes deve ser obrigatoriamente feita entre os proponentes para que seja possível cobrir o espectro dos objetivos estabelecidos para o programa. Para tanto, são disponibilizados *websites* de “teaming”. A agência não impõe o uso do *site* tampouco colaborações específicas, mas ele é uma estrutura útil para revisões de programas pelos pesquisadores interessados.

Diversos autores reputam essa formação de novas equipes orientadas a um projeto como uma característica importante do chamado “modelo Darpa”. Dubois (2011) indica que o *mix* de colaboradores conectados que a Darpa tipicamente constrói, reunindo uma gama ampla de *expertise* tecnológica e de áreas do conhecimento, e envolvendo pesquisadores universitários e firmas tecnológicas que frequentemente não são fornecedores de defesa importantes. Os achados de Colatat (2015) destacam as “novas colaborações” como um dos aspectos mais favoráveis do modelo de ação da instituição. Essas novas colaborações referem-se à tendência de cientistas iniciarem, por meio dos projetos contratados pela agência, um trabalho colaborativo com cientistas com quem nunca tinham trabalhado antes. Assim constitui-se uma determinada heterogeneidade entre times colaborativos, e esse fator pode estar correlacionado com novas combinações de ideias e conhecimentos e assim com resultados tecnológicos inovadores.

Uma vez iniciado o processo, os agraciados nos BAA passam a ser acompanhados de perto pelo PM, com entregas estabelecidas (*milestones*) e prazos determinados. A forma da concessão também é reveladora da orientação aplicada da Darpa. Uma concessão da agência é tipicamente estruturada como um contrato, que lança as bases para o trabalho e vincula os agraciados a objetivos específicos do programa, com tarefas baseadas no projeto e organizadas em torno de um desafio central. A produtividade científica é tida como um subproduto, e não um objetivo em si. Dugan e Gabriel (2013) indicam que o trabalho do PM na gestão do projeto implica o acompanhamento de talentos de uma ampla gama de disciplinas, organizações e formações, e mantê-los muito focados e atuando em contratos que duram o tempo em que eles contribuem para o objetivo geral do contrato é uma de suas principais tarefas. Os autores afirmam que mesmo que uma organização envolvida no projeto não esteja obtendo resultados, seus esforços podem ser redirecionados e seu contrato renovado caso o seu trabalho seja importante para atingir os objetivos do programa.

Colatat (2015) indica que alguns pesquisadores – particularmente os da academia – podem incomodar-se com a abordagem intensamente gerencial da Darpa (por exemplo, atualizações mensais do projeto, incerteza sobre a continuidade do financiamento, em ser “fritado” em público nas revisões). A experiência específica, contudo, os torna mais propensos a trabalhar no sistema Darpa, tornando-os mais atrativos como futuros colaboradores.

5 ORÇAMENTO E FORMAS DE EXECUÇÃO

A Darpa tem um orçamento de cerca de US\$ 2,9 bilhões anuais, ou cerca de 2% do total dos investimentos em P&D do governo americano, que chegaram, em 2016, a US\$ 135 bilhões. Esse valor também é relativamente pouco em relação ao orçamento de P&D do Departamento de Defesa, que gira em torno de US\$ 65 bilhões.

No entanto, esse orçamento é bastante estável ao longo dos anos, o que é recorrentemente citado como um dos fatores de sucesso da instituição. Para se ter uma ideia, em 2005, o orçamento da agência foi de US\$ 3 bilhões e, em 2017, a solicitação de orçamento encaminhada ao congresso norte-americano foi de US\$ 2,97 bilhões. Essa estabilidade também se manifesta na distribuição dos recursos aplicados entre pesquisa básica, aplicada e desenvolvimento. Como podemos ver na tabela 1, a maioria absoluta dos recursos da agência é voltada para pesquisa aplicada e desenvolvimento.

TABELA 1
Orçamento da Agência de Projetos Avançados para a Defesa (*Defense Advanced Research Projects Agency – Darpa*), anos selecionados
(Em US\$ mil)

Distribuição dos investimentos	2003	2012	2016
Pesquisa básica	171.383	327.763	389.663
Pesquisa aplicada	1.186.601	1.188.288	1.209.380
Desenvolvimento avançado de tecnologias	1.185.297	1.152.108	1.302.079
Gestão	111.698	145.919	71.571
Total	2.654.979	2.814.078	2.972.693

Fonte: *President's budget request for Darpa* (vários anos). Disponível em: <goo.gl/YPGFef>.

Enquanto outras agências do governo norte-americano utilizam subvenções ou acordos de cooperação como principal forma de execução dos projetos, no caso da Darpa, esses não são os principais instrumentos utilizados. Segundo informações colhidas nas entrevistas realizadas, a execução do orçamento pela Darpa é feita prioritariamente por meio de contratos de P&D e de *Other Transaction* (OT). As subvenções, que é uma das formas mais comuns utilizadas por outras agências para realizar P&D, é, no caso da Darpa, absolutamente irrelevante.

TABELA 2
Formas de execução do orçamento da DARPA (2016)
(Em %)

Meio de contratação	%
Contratos de compra (<i>Procurement contracts</i>)	74,5
Outras transações (<i>Other transactions - OT</i>)	20,2
Acordos de cooperação (<i>Cooperative agreements</i>)	4,9
Subvenções (<i>Grants</i>)	0,4

Fonte: Darpa (2016).²³

Obs.: Esses percentuais dizem respeito à parcela (cerca de metade) do orçamento da agência, que é executada pelo escritório de contratos da própria agência, mas é uma boa aproximação do orçamento da Darpa como um todo, uma vez que os recursos orçamentários da agência podem ser executados por outras instituições federais.

23. As autoras agradecem a Dick Urban, assessor especial da Darpa, pelas informações prestadas.

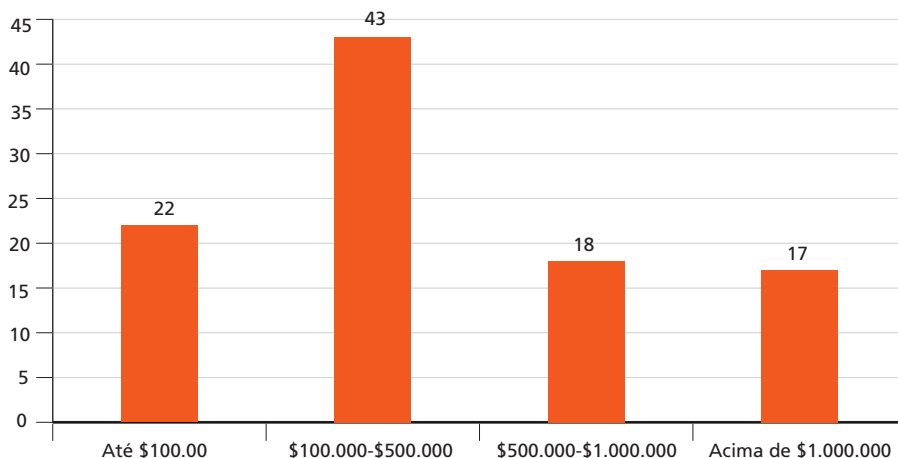
No caso da Darpa, esse tipo de contratação, mais flexível, é utilizado, principalmente, para o desenvolvimento de protótipos. A agência informa que este instrumento (OT) dá às partes liberdade para chegarem a um acordo mais próximo do que seria um acordo comercial. Segundo a agência:

*The authority states that the Director of DARPA and the Secretary of Military Departments may use the authority to carry out prototype projects that are directly relevant to enhancing the mission effectiveness of military personnel and the supporting platforms, systems, components, or materials proposed to be acquired or developed by the Department of Defense, or to improvement of platforms, systems, components, or materials in use by the armed forces.*²⁴

As informações detalhadas sobre os contratos realizados sob a cláusula OT não estão disponíveis publicamente, ao contrário das informações sobre os contratos de aquisição de P&D. Uma análise das informações dos contratos, realizada pela Darpa, em 2014,²⁵ mostra mais de 2 mil contratos naquele ano, totalizando cerca de US\$ 1,6 bilhão em investimentos realizados, por meio de contratos de aquisição, dos quais US\$ 1,4 bilhão foram classificados como de P&D. Apesar de a comparabilidade entre as informações orçamentárias e a base de dados de contratos não ser direta,²⁶ essas informações podem proporcionar uma análise mais acurada da execução orçamentária da Agência.

GRÁFICO 3

Distribuição da frequência de contratos realizados pela Darpa, segundo faixa de valor (2014)
(Em %)



Fonte: USASpending. Disponível em: <www.usaspending.gov>. Elaboração das autoras.

24. Disponível em: <goo.gl/ZchoZa>.

25. Dados disponíveis em: <goo.gl/30a1Pg>.

26. Os dados não são diretamente comparáveis, entre outras razões, porque o valor total do contrato é atribuído ao ano de assinatura do mesmo, enquanto sua execução pode se distribuir durante vários anos fiscais e, portanto, vários orçamentos. Além disso, o ano fiscal vai de outubro a setembro e os dados do USASpending foram coletados para o período de janeiro a dezembro.

Uma análise detalhada desses contratos evidencia, em primeiro lugar, que o tamanho médio dos contratos realizados pela Darpa está em torno de US\$ 750 mil. Nota-se que mais de 40% dos contratos realizados estão entre US\$ 100 e US\$ 500 mil e apenas 17% são contratos de grande porte, acima de US\$ 1 milhão. No entanto, vale lembrar que esse não é o valor médio de um projeto Darpa. Um programa de pesquisa da instituição pode conter diversos contratos, cada um destinado a produzir uma parte dos resultados necessários e todos eles sob a gestão do *program manager* responsável. Segundo informações colhidas em entrevistas na agência, um programa Darpa custa entre US\$ 50 e US\$ 100 milhões. Um exemplo de programa de grande porte da agência é o “*Organs on chip*”, no qual a Agência repassou US\$ 37 milhões para o *Wyss Institute*, em Boston, para simular órgãos humanos em chips.²⁷

Outra informação relevante que emerge dessa base de dados é o tipo de contrato realizado. Como vimos no capítulo 9 deste livro, pela legislação americana, existem diversas formas de remuneração de contratos, desde contratos por preço fixo até aqueles que usam por base os custos do fornecedor e que são mais adequados a projetos de P&D. No caso da Darpa, cerca de 75% do valor contratado (ou cerca de US\$ 1,3 bilhão, em 2014) está em contratos em que a remuneração cobre os custos incorridos pelo fornecedor, além de uma taxa fixa (*cost plus fixed fee*). A segunda forma mais relevante de contratação (com 10% do valor dos contratos) cobre apenas os custos (*cost no fee*).

Do ponto de vista da distribuição regional dos contratos, não por acaso, mais da metade do valor contratado pela DARPA em 2014 está localizado nos três estados onde estão os maiores *clusters* de pesquisa e desenvolvimento do país, Califórnia e Massachusetts, e onde está localizada a instituição, na Virgínia.

Uma análise de uma amostra não representativa de projetos de subvenção e acordos de cooperação entre 2001 e 2013, também disponíveis em *sites* do governo americano,²⁸ permite observar que não há diferença significativa no tamanho médio dos *grants* e acordos de cooperação em relação aos contratos.

6 CONCLUSÕES: PRINCIPAIS FATORES DE SUCESSO

A análise da forma de operação e funcionamento de uma agência como a Darpa mostra-nos que, além da disponibilidade de recursos e capital humano, as instituições e sua história são elementos cruciais em um sistema de C&T bem-sucedido. Mas quais são os fatores que fazem da Darpa um modelo único? Que elementos explicam seu sucesso e as recorrentes tentativas de replicar esse modelo em outros contextos e países?

27. Disponível em: <goo.gl/vFVWC>.

28. No *site* <www.grants.gov>, estão disponíveis os anúncios de *grants* de várias agências de fomento do país. Apesar de esse *site* ter sido concebido para divulgar as oportunidades abertas, existe a possibilidade de se extrair uma base de dados referente aos *grants* já concedidos. No entanto, as agências não são obrigadas a informar os *grants* nessa página.

Em primeiro lugar, é fundamental ter em conta o contexto no qual a agência foi criada, durante a Guerra Fria e com uma missão ousada: a de garantir a superioridade tecnológica norte-americana em defesa. Assim, desde sua criação, a agência foi contaminada por esse sentido de missão e pela necessidade de produzir uma ciência conectada aos grandes desafios do país.

Essa missão não implica, contudo, subordinação às equipes burocráticas do Departamento de Defesa. É natural que, pela própria razão de ser dessas equipes, eventuais demandas de pesquisa tenham baixa complexidade tecnológica e sejam voltadas para a resolução de pequenos problemas do dia a dia. Portanto, apesar de existirem mecanismos de contato e interlocução com as Forças, a Darpa possui elevada liberdade e autonomia para decidir sobre seus programas de pesquisa.

Os programas de pesquisa da agência são, contudo, tão disruptivos e inovadores, porque essa decisão é tomada por uma equipe altamente qualificada. Nesse sentido, a capacidade de atração de cientistas de ponta, provenientes de empresas, instituições de pesquisas ou universidades, é uma característica fundamental para o sucesso da agência. Essa capacidade está relacionada tanto com a possibilidade de remuneração de acordo com as qualificações (a agência tem flexibilidade de negociação salarial) quanto com um elemento que é a chave para pesquisadores desse nível: o desafio. De fato, os desafios que se colocam para um *program manager* da Darpa são altamente motivadores. Eles têm um tempo limitado, orçamento e condições para desenvolver um programa de pesquisa que tem grandes chances de entregar uma nova tecnologia completamente inovadora.

Entre as condições oferecidas aos *program managers*, está o mandato e a responsabilidade total sobre os projetos que fazem parte do seu programa de pesquisa e sobre o orçamento. Um projeto que não esteja entregando os resultados acordados com a qualidade necessária pode ser terminado pelo gerente de programa. Isso faz com que os gerentes selecionem vários projetos destinados ao mesmo objetivo e possam, em um estágio posterior de desenvolvimento, ficar com aqueles cujos resultados são mais promissores. Essa é uma característica central relatada por vários entrevistados. Todos sabem que a agência contrata vários pesquisadores para desenvolver projetos similares e, no decorrer do processo, finaliza os projetos menos bem-sucedidos.

A possibilidade de um projeto contratado ou apoiado pela agência terminar antes da hora introduz um outro elemento explicativo do sucesso da agência: a competição. A seleção dos projetos a serem apoiados é feita de maneira competitiva. Além disso, os diferentes pesquisadores externos selecionados para desenvolver um projeto sabem que se sua ideia ou seus resultados não forem melhores do que os demais, seu projeto pode terminar antes do tempo previsto.

Essa constante avaliação baseia-se fortemente nos resultados e nos entregáveis previstos em cada projeto, o que significa que a agência é altamente focada em resultados. Cada programa é desenhado para atender a um desafio tecnológico relevante e para entregar uma solução para esse desafio. Nesse sentido, os projetos selecionados em cada programa também possuem metas intermediárias e resultados que devem ser entregues em cada fase de desenvolvimento.

O gerente de programa atua, e essa também é uma característica relevante, como um integrador de diversas partes de um programa de pesquisa. Para entregar a solução ao desafio tecnológico proposto por ele mesmo, ele fraciona o programa em diversos projetos com resultados específicos que concorrem para o alcance do resultado final do programa.

Por fim, as formas de contratação utilizadas pela agência permitem que o gerente de programas tenha esse tipo de atuação. A maior parte dos recursos de P&D executados pela agência é feito por meio de contratos de P&D, que possuem entregáveis bem definidos e podem ser suspensos, caso os resultados não sejam atingidos.

Em síntese, é um conjunto amplo e interligado de características que faz da Darpa um modelo único mesmo dentro de um sistema altamente eficiente como o norte-americano. As condições para que esse modelo seja replicado integralmente talvez sejam complexas demais, mesmo dentro dos Estados Unidos. No entanto, vários dos fatores de sucesso da Darpa podem sim inspirar modelos e experiências diferenciadas de se fazer pesquisa e desenvolvimento ou, pelo menos, nos levar a uma visão crítica sobre as limitações dos nossos próprios modelos.

REFERÊNCIAS

BONVILLIAN, W. B. The Once and Future Darpa. *In*: FUKUYAMA, F. **How to Anticipate Forcing Events and Wild Cards in Global Politics**. Washington: 2008.

_____. **All That Darpa Can Be**. 2015

BONVILLIAN, W. B.; VAN ATTA, R. Arpa-E and Darpa: Applying the DARPA model to energy innovation. **The Journal of Technology Transfer**, v. 36, n. 5, p. 469-513, 2011.

CARLETON, T. Changing culture through visionary thinking: applying the Darpa hard test for innovation. **Research-Technology Management**, v. 58, n. 3, p. 12, 2015.

COLATAT, P. An organizational perspective to funding science: collaborator novelty at Darpa. **Research Policy**, v. 44, n. 4, p. 874-887, 2015.

DEFENSE SCIENCE BOARD. **High Performance Microchip Supply**. Washington, DC: National Academies Press, 2005.

DUBOIS, L. **Darpa's approach to innovation: an alternative model for funding cutting-edge research and development**. Menlo Park, CA, 2011.

DUGAN, R. E.; GABRIEL, K. J. **Special Forces Innovation**: how Darpa attacks problems. **Harvard Business Review**, v. 10, p. 74-82, 2013.

FUCHS, E. R. H. Rethinking the role of the state in technology development: Darpa and the case for embedded network governance. **Research Policy**, v. 39, n. 9, p. 1.133-1.147, 2010. Retrieved from: <goo.gl/wiwHD0>.

HRUBY, J. M. *et al.* **The Evolution of Federally Funded Research & Development Centers**. 2011. Retrieved from: <goo.gl/W6qxdC>.

LAZOWSKA, E.; PATTERSON, D. A. An Endless Frontier Postponed. **Science**, v. 308, May 2005. Retrieved from: <goo.gl/WmfHEV>.

LEE, J.-H. *et al.* Can Bureaucrats Stimulate High-Risk High-Payoff Research? **KDI School of Pub Policy & Management Paper**, v. 15, p. 6, 2015. Retrieved from: <goo.gl/YUdkpy>.

RICHARDSON, J. J.; LARRIVA, D. L.; TENNYSON, S. L. **Transitioning DARPA technology**. DTIC Document. 2001. Retrieved from: <goo.gl/Zl7JGA>.

SAREWITZ, D. How science makes environmental controversies worse. **Environmental Science & Policy**, v. 7, n. 5, p. 385-403, 2004. Retrieved from: <goo.gl/uvRK7A>.

SINGH, B. Study of the US Darpa Model and its Applicability to the Indian Defence Research and Development System. **Manekshaw Paper**, n. 43. New Delhi: Centre for Land Warfare Studies, 2014.

WESTWICK, P. J. **The national labs**: science in an american system. London, England: Harvard University Press, 2003.

ANEXO A**QUADRO A.1****Relação das pessoas entrevistadas para subsidiar este estudo**

Nome	Função	Instituição
Ellison C. (Dick) Urban	Special Assistant – Strategic Execution e Analysis	Darpa
Sarah Campbell	International Cooperation Support Contractor	Darpa
Timothy Applegate	Director of Contracts	Darpa
Cheryl Martin	Acting Director ¹	Arpa-e
Matthew Tarduogno	Special Advisor	Arpa-e
Shane Kosinski	Deputy Director for Operations	Arpa-e
Patrícia K. Falcone	Associate Director	OSTP
Thomas Kalill	Deputy Director for Technology and Innovation	OSTP
Timothy Persons	Chief Scientist	GAO
Jeff Grover	Senior Procurement Analyst	DoD
Col Mark Snyder	International Programs Manager	DoD
John E. Meeuwissen	Professor of Acquisition Management	Defense Acquisition University

Elaboração das autoras.

Nota: ¹ Atualmente, não ocupa mais essa função.