

A NOVA ESTRUTURA DO SISTEMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO EXÉRCITO E A PRODUÇÃO DE CONHECIMENTOS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA A ÁREA DE DEFESA

The New Structure of the Army System of Science and Technology and the Production of Knowledge and Technological Innovations to the Defense Issue

PAULO CÉSAR PELLANDA¹

RESUMO

Este artigo trata do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército e da sua nova concepção, sob a ótica da sua relação com a produção de conhecimentos e inovações tecnológicas para a área de Defesa. Por meio de uma pesquisa qualitativa e exploratória e uma abordagem estruturalista para o tema, o trabalho estabelece bases conceituais que verificam as premissas consideradas no projeto de transformação do sistema e analisa as características das dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa com vistas à produção de conhecimentos e inovações tecnológicas que justificam a transformação proposta. Especial atenção é dedicada ao papel da Universidade, representada no caso em estudo pelo Instituto Militar de Engenharia. Dessa forma, investigam-se as relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de ensino e pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico e processos de produção do conhecimento baseados na inter, multi e transdisciplinaridade.

Palavras-chave: Engenharia de defesa. Inovação tecnológica. Pesquisa e desenvolvimento.

ABSTRACT

This paper deals with the Brazilian Army Science and Technology System and its new design, from the perspective of their relationship with the production of knowledge and technological innovations to the field of defense. By means of a qualitative exploratory study and a structuralist approach to the subject, the work provides the conceptual foundations that verify the assumptions considered for the design of system transformation and analyzes the characteristics of the current dynamics of science and research to produce knowledge and technological innovations that justify the proposed transformation. Special attention is devoted to the role of the University, represented in this particular case by the Military Institute of Engineering. Therefore, we investigate the relationships between basic science and technological innovation, strategies for teaching and research, current dynamics of science and research to produce knowledge, ways of measuring benefits of scientific research, decision making processes in research systems and the role of the University in the technological development and processes of knowledge production based in the inter, multi and transdisciplinarity.

Keywords: Defense engineering. Technological innovations. Research and development.

¹ Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME). Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

E-mail: <pcpellanda@iee.org>

Doutor em Controle Automático (École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de Espace - ENSAE - Paris).

I INTRODUÇÃO

O papel preponderante da Ciência e Tecnologia (C&T) na Era do Conhecimento amplifica a sua importância estratégica. As atividades de pesquisa científico-tecnológica e de inovação são hoje, incontestavelmente, componentes fundamentais da presença atuante e autônoma de uma nação, como também da agregação de valor a produtos e processos, com reflexos diretos nas possibilidades de inserção competitiva no mercado mundial. Não é por acaso que muitas nações se referem à C&T como uma questão de poder capaz de dividir o mundo entre os países que produzem conhecimentos, tecnologias e inovações e aqueles que, no máximo, conseguem copiá-los. O desenvolvimento científico e tecnológico tornou-se, com isso, fator determinante na geração de renda e na promoção de bem-estar social. Por esta razão, os altos estudos políticos e estratégicos brasileiros (BRASIL, 2006) consideram, também, a expressão Científica e Tecnológica como uma das Expressões do Poder Nacional.

O Brasil possui um Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) bem estruturado, que conta com um forte núcleo no ensino de pós-graduação stricto sensu. Nesse contexto, os diversos órgãos do Ministério da Educação e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), têm procurado implementar medidas para a formação de recursos humanos e o fomento à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em áreas direcionadas ao desenvolvimento industrial destacadas na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (SALERNO; DAHER, 2006). Portanto, o País tem por objetivo estratégico a inserção comprometida da C&T no setor produtivo para atingir a inovação e consequente agregação de valor aos produtos da economia nacional, elementos essenciais para o desenvolvimento socioeconômico.

No âmbito da Defesa Nacional, a postura estratégica predominantemente dissuasória adotada pelo Estado brasileiro apoia-se fortemente na componente tecnológica (BRASIL, 2005; ACOCELLA, 2006), na medida em que esta se torna, cada vez mais, um fator determinante na comparação da capacidade militar de defesa das nações. Além disso, a necessidade e o desafio

de vigilância e defesa do nosso território de dimensões continentais e das nossas riquezas naturais, em especial da cobiçada Região Amazônica e da, assim chamada, Amazônia Azul,² estão conduzindo a uma crescente conscientização da importância da área científico-tecnológica para a soberania e segurança nacionais. Ressalte-se que, historicamente, nos países do Primeiro Mundo, o desenvolvimento industrial e as novas descobertas tecnológicas estavam, até o fim da Guerra Fria, e ainda estão com menor intensidade, intimamente associados com a existência de uma forte indústria de defesa. Neste sentido, o fomento da pesquisa científico-tecnológica e inovação na área de defesa constitui um eixo fundamental da soberania do País e da preservação de seus legítimos interesses e deve considerar, não somente a elaboração de agendas de pesquisa apropriadas, mas também a criação de quadros de recursos humanos e de estruturas institucionais para a pesquisa e para o correto direcionamento dos seus programas de apoio.

Várias iniciativas governamentais recentes, tais como o Plano de Apoio Conjunto Inova Aerodefesa e o Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional – Pró-Defesa, entre outros, indicam uma retomada, já sentida nos meios acadêmico, institucional e industrial, do fomento às pesquisas em defesa e à Base Industrial de Defesa, tendo como efeito um aumento da demanda por qualificação de alto nível nessa área. Também, outras oportunidades de parcerias e cooperação para o desenvolvimento de tecnologias duais se apresentam com alguns Ministérios e Governos Municipais e Estaduais, na área de segurança pública e garantia da lei e da ordem, e com empresas, como a Petrobras e a Embraer, que necessitam de produtos com elevado conteúdo de tecnologias sensíveis sujeitas a barreiras técnicas, comerciais ou diplomáticas e a regimes de controle impostos pelos países desenvolvidos. Assim sendo, a consecução da Política de Defesa Nacional (PDN) (BRASIL, 2005) se depara atualmente com a dificuldade do desequilíbrio entre a demanda e a oferta internas de recursos humanos com alto grau de qualificação na área de C&T voltada para os assuntos de defesa e da implantação de programas e estruturas que favoreçam a transferência do conhecimento científico-tecnológico estratégico para o setor produtivo de Materiais de Emprego Militar.

As Forças Armadas tiveram grande importância na construção do aparato nacional de C&T - aí incluída a pioneira pós-graduação do Instituto Militar de Engenharia (IME) - e são reconhecidas pelos resultados alcançados em efetivas parcerias com a indústria. No entanto, a C&T militar, mercê de dificuldades de ordem variada, em grande parte perdeu o passo da C&T nacional. No sentido de reverter esse quadro, no âmbito do MD, estabeleceu-se o objetivo de estruturar o Sistema de Ciência e Tecnologia de Interesse da Defesa (SisCTID), integrado ao SNCT, e participe do esforço de desenvolvimento nacional

² Área formada pela soma da Zona Econômica Exclusiva (faixa litorânea de 200 milhas marítimas de largura) e da Plataforma Continental.

(BRASIL, 2003). Em consonância com esse objetivo e com a necessidade de modificações sistêmicas e estruturais no Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército (SCTEx) para fazer face aos desafios impostos pelos Projetos Estratégicos e pelo Processo de Transformação do Exército (BRASIL, 2010), o seu Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) estabeleceu diretrizes para o Projeto de Transformação do SCTEx (BRASIL, 2012a), com base principal na implantação do Polo Científico-Tecnológico do Exército em Guaratiba (PCTEG) (BRASIL, 2012b), que englobará em um único complexo grande parte do sistema, notadamente os subsistemas responsáveis pela geração de conhecimentos e inovações em produtos de defesa de interesse da Força Terrestre.

A ideia da transformação do SCTEx parte de duas premissas básicas (BRASIL, 2012a). A primeira é a de que “a sua concepção atual não favorece a geração de inovações, na qualidade e quantidade demandadas pelo Processo de Transformação do Exército”. A segunda estabelece que

o modelo atual direciona o esforço do sistema para o atendimento das necessidades correntes do Exército, o que não se coaduna com os ciclos de PD&I, ocasionando um descompasso entre as expectativas da Força e as entregas do sistema. (BRASIL, 2012a)

Então, o processo consistirá em transformar o SCTEx em um Sistema de Ciência, Tecnologia e **Inovação** do Exército (SCTIEx) que traga vantagem operacional à Força Terrestre, agregando valor ao seu poder de combate pelo atendimento das suas necessidades correntes, mas que, ao mesmo tempo, atenda suas necessidades futuras. Assim sendo, “o SCTIEx deverá ser regido por um novo paradigma: **trabalhar voltado para o futuro**”.

Outros trabalhos recentes relacionados com o tema deste artigo foram considerados neste estudo. Particularmente, Costa (2012) analisou formas de mobilização e inserção dos setores governamentais, industriais e acadêmicos em um modelo sistêmico, visando ao atendimento das demandas das Forças Armadas. Pegado (2012), por sua vez, concluiu sobre os requisitos necessários e desejáveis para que a implantação de um parque tecnológico endógeno estimule a indústria de Defesa. Enquanto o primeiro aborda o tema sob o prisma das políticas de estímulo à inovação na indústria de defesa, o segundo analisa com maior foco os fatores de sucesso dos parques tecnológicos.

Este trabalho foca o SCTEx e a sua nova concepção (SCTIEx), particularmente, sob a ótica da sua relação com a produção de conhecimentos e inovações tecnológicas para a área de Defesa. Por meio de uma pesquisa qualitativa e exploratória e uma abordagem estruturalista para o tema, o trabalho visa não somente estabelecer bases conceituais que verifiquem as suposições apresentadas, mas também analisar as características das dinâmicas atuais da ciência e da

pesquisa para a produção de conhecimentos e inovações tecnológicas que justifiquem a transformação proposta. Este tema é atual e relevante e se justifica pela importância do vetor C&T no processo de transformação do Exército Brasileiro que está em andamento, mas também pela falta de sustentação científica das premissas que baseiam o Projeto de Transformação do SCTEx.

Especial atenção é dedicada ao papel da Universidade, representada pelo IME, no caso do SCTIEx. Dessa forma, pretende-se investigar as relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de ensino e pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico e processos de produção de conhecimentos e inovações baseados na inter, multi e transdisciplinaridade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO

Uma revisão da teoria sobre os assuntos e fundamentos relacionados com o tema do artigo é apresentada nesta Seção. Parte-se de uma discussão sobre novos conceitos e formas de pesquisa científica e inovação tecnológica, passando por aspectos importantes da inter, multi e transdisciplinaridade e culminando com a classificação do tema Defesa como um objeto transdisciplinar. Apresentam-se, então, de forma analítica, as características de uma nova forma de produção do conhecimento e conclui-se com uma abordagem sobre a P&D em Defesa nos Estados Unidos da América (EUA).

2.1 Conceitos Básicos

2.1.1 Pesquisa Básica e Pesquisa Aplicada

A pesquisa científica é comumente dividida em pesquisa básica (acadêmica, fundamental ou pura), ou seja, o processo de busca de conhecimento está voltado para interesses futuros, sem ter previamente em vista uma aplicação imediata, e em pesquisa aplicada (tecnológica), ou seja, o processo de busca de conhecimento está relacionado a um objetivo prático específico (BRASIL, 2007). O antagonismo entre a pesquisa básica e a aplicada não é novo e certamente não se esgotará tão cedo. Ele envolve o governo de uma nação, o dinheiro dos contribuintes e as prioridades que a administração no poder procura dar à sua atuação (SCHWARTZMAN, 2002; SILVEIRA, 2005). Esta questão, em particular, é discutida com mais detalhes nas Seções 2.2 e 2.3.

Partindo de qualquer ponto de vista razoável sobre os objetivos da pesquisa básica e da aplicada, não se pode duvidar que essas categorias de pesquisa sejam conceitualmente distintas. A qualidade que define a pesquisa básica é a procura pela ampliação da compreensão dos fenômenos de um campo da ciência.

Ainda que a pesquisa básica tenha sido definida de várias formas e envolva uma grande variedade de passos, sua propriedade essencial e definidora é a contribuição que ela procura trazer ao corpo de conhecimento explicativo geral de uma área da ciência (STOKES, 2005). Em conformidade com essa concepção, a OECD (2005) define a pesquisa básica como “atividade teórica ou experimental empreendida primordialmente com o fim de adquirir novos conhecimentos sobre os fundamentos subjacentes aos fenômenos e fatos observáveis”, embora esta definição ainda lhe acrescente uma renúncia à aplicação prática (STOKES, 2005). Algumas vezes a pesquisa básica é definida em termos de certas características que a tornam diferente da pesquisa aplicada – tais como originalidade, liberdade dos pesquisadores, avaliação pelos pares dos resultados publicados e distância no tempo entre a descoberta e a utilização prática. Mas a qualidade específica da pesquisa básica reside no seu ímpeto em direção a um entendimento mais amplo dos fenômenos de certo campo (STOKES, 2005). Este autor também cita exemplos dessa qualidade, com base em fatos históricos de pesquisas desenvolvidas que, ao serem guiadas em cada estágio pela procura do entendimento (pesquisa básica), ampliaram as fronteiras de determinadas áreas do conhecimento humano.

O conceito de que a pesquisa básica procura ampliar o campo do entendimento fundamental, enquanto a pesquisa aplicada se volta para alguma necessidade ou aplicação útil para a sociedade é ilustrado por Stokes (2005) com base nas pesquisas de Pasteur que identificaram microorganismos responsáveis pela fermentação do suco de beterraba que podiam sobreviver sem oxigênio livre. A compreensão desse fato forneceu à indústria um meio eficiente de controlar a fermentação e limitar o desperdício no processo de fabricação de álcool. Se o objetivo da pesquisa básica consiste no entendimento e o da pesquisa aplicada na utilização, não resta dúvida que esses tipos de pesquisa são conceitual ou analiticamente diferentes. A visão predominante a respeito da pesquisa científica inclui com frequência um elemento adicional que conduz à seguinte observação (STOKES, 2005): “presume-se que uma tensão inerente entre os objetivos de entendimento geral e de utilização aplicada mantém as categorias da pesquisa básica e da pesquisa aplicada empiricamente separadas”.

Essa visão, conhecida como o paradigma do pós-guerra, foi apresentada, em 1945, ao Presidente dos EUA, Harry Truman, por Vannevar Bush, que era o diretor do então recém-criado Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento (OSRD, do inglês Office of Scientific Research and Development), por meio de um relatório intitulado *Science, the Endless Frontier* (BUSH, 1945) que fora solicitado, em 1944, pelo Presidente Franklin Delano Roosevelt com a finalidade de prever o papel da ciência em tempo de paz (FOUNTAIN, 2004; ROCHA, 2004; STOKES, 2005; DIAS; DAGNINO, 2006). O relatório de Bush estabeleceu uma visão de como os EUA poderiam

manter seu investimento em pesquisa científica após o término da guerra e, alguns anos mais tarde, as ideias apresentadas sobre a ciência básica e sua relação com a inovação tecnológica tornaram-se o alicerce da política científica americana para as décadas que sucederam a guerra.

A crença de que os progressos científicos são convertidos em utilizações práticas por meio de um fluxo dinâmico no espaço unidimensional, que vai da ciência à tecnologia, tem sido comum em todos os países entre os administradores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (STOKES, 2005). Bush endossou essa crença ao dizer que os progressos da ciência são a principal fonte da inovação tecnológica, e isso acabou sendo absorvido pela visão predominante do relacionamento entre ciência e tecnologia. Essa “sequência tecnológica” unidimensional veio a ser conhecida mais tarde como transferência de tecnologia e denominada de Modo 1 de produção do conhecimento por Nowotny et al (2003), para diferenciar do que eles chamariam de Modo 2 e do que Stokes (2005) chamou de pesquisa básica inspirada pelo uso (ou Quadrante de Pasteur), outra forma menos ordenada de gerar conhecimentos científicos e seus usos (conforme a discussão apresentada na Seção 2.2).

2.1.2 Inovação Tecnológica

Diversos autores abordam o conceito de inovação tecnológica. Figueiredo (2009), por exemplo, apresenta esse tema sob uma perspectiva histórica, mas também discute os diferentes graus de inovação e as características do processo inovador; tudo sob um enfoque conciliador de vários outros autores. Para o contexto deste artigo, contudo, é suficiente lembrar apenas conceitos sintéticos e centrais, ou seja, que representem certo consenso entre as diferentes fontes bibliográficas atuais.

Segundo a OECD (2005), inovação tecnológica é a introdução no mercado de um produto (bem ou serviço) ou de um processo produtivo (método de produção ou distribuição) tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado. Além dos dois tipos de inovação citados (de produtos e de processos), uma inovação pode ser ainda classificada como dos tipos organizacional – quando se refere a mudanças em práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas da instituição ou empresa – ou de marketing – quando envolve novos métodos de marketing (OECD, 2005). A inovação tecnológica pode resultar de P&D, de novas combinações de tecnologias existentes, da aplicação de tecnologias existentes em novos usos ou da utilização de novos conhecimentos adquiridos. Portanto, o desempenho de um sistema de C&T pode ser também avaliado pelo nível de inovação que ele propicia.

2.1.3 Inter, Multi e Transdisciplinaridade

Os conceitos de inter, multi e transdisciplinaridade

talvez tenham sido mais bem construídos no contexto da educação e aparecem em diversas publicações dessa área. Nesta seção, os conceitos apresentados em (CETRANS, 2002; MENEZES; SANTOS, 2002; SOMMERMAN, 2003) são adaptados para um contexto mais geral de produção do conhecimento e apresentados de forma sintética.

A multidisciplinaridade se refere ao estudo de um tema por um conjunto de disciplinas simultaneamente, mas sem se valer das relações que porventura existam entre elas. O ambiente de pesquisa multidisciplinar possui uma estrutura tradicional de linhas de pesquisa em áreas disciplinares. Ou seja, um determinado objeto é estudado por meio da busca de informações e conhecimentos de diferentes campos, sem a necessidade ou a preocupação de que haja uma interação entre eles. Essa forma de pesquisa ocorre quando, para a solução de um problema ou para o avanço do seu entendimento, obtém-se informação de diferentes áreas do conhecimento sem que elas sejam ampliadas, modificadas ou enriquecidas; por isso é considerada pouco eficaz para a produção e a transferência de conhecimentos.

A interdisciplinaridade pode ser considerada como uma evolução natural da multidisciplinaridade e pressupõe não somente a interação, mas também a integração, entre duas ou mais áreas disciplinares para favorecer a transferência mútua de métodos e de experiências e, dessa forma, o enriquecimento recíproco, pelo avanço das fronteiras da ciência e da tecnologia. Tanto a multi quanto a interdisciplinaridade se baseiam no fato de que houve uma fragmentação crescente das áreas do conhecimento (disciplinas), decorrente de uma acentuada especialização. No entanto, a finalidade de ambas permanece inscrita na pesquisa disciplinar.

A transdisciplinaridade, por outro lado, não considera a existência de fronteiras entre as disciplinas, contrapondo-se de certa forma ao próprio conceito de disciplina. Ou seja, ela se baseia no conhecimento socialmente construído e culturalmente inspirado e que busca tratar os problemas de uma forma transversal, ignorando o ambiente de conhecimento verticalizado e fragmentado, no qual cada campo do conhecimento os estuda, propondo teorias e soluções de forma isolada dos demais. Sob a ótica da transdisciplinaridade, a divisão do conhecimento em áreas cada vez mais especializadas resulta também na fragmentação das mentalidades e das consciências, conduzindo a uma perda da noção do universo onde o objeto de estudo está inserido. O ambiente transdisciplinar admite, dessa forma, vários e diferentes níveis de realidade, conforme os diversos níveis de percepção individual ou coletiva desta. Assim, nenhum nível de realidade constitui um lugar privilegiado de onde se possa compreender todos os outros níveis, ou seja, uma opinião diferente pode não estar errada, mas ser baseada em outra verdade, segundo outro nível de percepção ou compreensão.

A segmentação do conhecimento e a multiplicação das disciplinas ocorrem naturalmente da necessidade de

tratar fenômenos ou sistemas cada vez mais complexos e podem ser vistas como resultados tanto benéficos quanto perversos do mundo moderno. A crescente verticalização na direção de níveis cada vez mais profundos da realidade e rumo ao detalhe, resultou na acumulação de uma massa gigantesca de conhecimentos, compartimentalizada em disciplinas e especialidades vizinhas, porém que se ignoram umas às outras e raramente se tocam. Se por um lado a fragmentação das áreas de pesquisa propicia o aumento acelerado do universo de conhecimentos em um ambiente complexo, por outro, ela dificulta a compreensão do todo. Um sistema complexo, por exemplo, não pode ser explicado como a soma das propriedades das suas partes ou subsistemas, pois as dinâmicas destes podem exercer tamanha influência mútua, que o comportamento global se distancia significativamente daquele apresentado pela junção dos comportamentos das partes isoladas. Assim, a partição disciplinar do conhecimento ou a sua separação em subáreas disjuntas e a profunda especialização são paradoxalmente vantajosas e constrangedoras à compreensão da complexidade dos fenômenos naturais e sociais.

Einstein demonstrou, por volta de 1954, estar ciente de que a geração compartimentalizada de novos conhecimentos sobre um fenômeno ou uma realidade não significa necessariamente que se aumente a capacidade de compreendê-la de forma global, ao questionar “Quem teria imaginado, em 1900, que em cinquenta anos saberíamos muito mais e compreenderíamos muito menos?” (CETRANS, 2002).

A transdisciplinaridade é, portanto, um meio de integrar conhecimentos em benefício do desenvolvimento social e da compreensão global de fenômenos e problemas complexos. Porém, torna-se cada vez mais difícil a integração dos conhecimentos acumulados por conta da explosão disciplinar que estrutura o próprio processo dessa acumulação. A interdisciplinaridade seria uma forma de romper as barreiras disciplinares e de se chegar à transdisciplinaridade, pois o desafio de um ambiente transdisciplinar é ultrapassar as barreiras das disciplinas sem perder as especialidades. Diferentemente da inter e multidisciplinaridade, as soluções transdisciplinares não são necessariamente derivadas de disciplinas preexistentes e nem sempre contribuem para a formação de novas disciplinas. Também não se pode ver as pesquisas disciplinares, inter, multi e transdisciplinares como antagônicas, mas elas são de fato complementares e devem permear os sistemas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

2.1.4 Defesa: Objeto Transdisciplinar

Um objeto transdisciplinar emerge do conjunto dos diferentes níveis de realidade, não pode ser explicado ou compreendido por nenhuma disciplina isoladamente e é também circunstancial pela dificuldade de se mapear o seu comportamento futuro (CETRANS, 2002). O tema

Defesa Nacional, na sua complexidade, é um objeto transdisciplinar, pois nenhuma disciplina é capaz, por si só, de fornecer as soluções para os problemas que se apresentam nesse campo e o estabelecimento de hipóteses de emprego de meios militares e civis e de novas capacidades emerge de uma conjuntura onde vários níveis de realidade são possíveis, segundo as diferentes percepções dos diversos atores ou especialistas envolvidos (sujeitos transdisciplinares).

Os sistemas de defesa são, em seus variados aspectos, os objetos da engenharia de defesa e compreendem todos os aparatos tecnológicos capazes de defender uma região ou a soberania de um país frente a uma ameaça externa. A engenharia de defesa estuda os sistemas de defesa segundo três prismas básicos: o terreno, o fluxo de informações e os sistemas de armas (PELLANDA, 2008). Um sistema de armas é um instrumento de combate capaz de desempenhar uma missão militar operando como uma entidade singular, englobando o pessoal e todos os elementos necessários, como equipamentos, técnicas operativas, instalações e serviços de apoio (BRASIL, 2008).

Este autor formalizou, pela primeira vez, um conceito para a engenharia de defesa (PELLANDA, 2008):

é a área da engenharia que trata de todos os ramos relacionados à indústria de defesa e aos sistemas de defesa. É um empreendimento multi e interdisciplinar que se desenvolve em um ambiente transdisciplinar, integra conhecimentos originários de engenharias, física, química, biologia e ciência dos materiais e se configura como uma área complexa que engloba aspectos de análise e síntese relativos ao desenvolvimento, projeto, otimização, integração, certificação, avaliação, operação e logística de sistemas aplicados à defesa. Assim, a engenharia de defesa integra conhecimentos de vários ramos da engenharia e das ciências, com foco na pesquisa básica e aplicada voltadas para o desenvolvimento de sistemas de defesa.

Os processos de ensino/aprendizagem da engenharia de defesa e da produção do conhecimento e inovações nessa área, particularmente, requerem uma abordagem que venha a torná-los mais dinâmicos, possibilitando a articulação, a contextualização, a religação e a globalização dos conteúdos a serem desenvolvidos, estudados ou trabalhados, de maneira que os pesquisadores possam construir suas próprias competências e seu próprio conhecimento sobre os assuntos inerentes às diferentes áreas envolvidas e relacioná-los com outras áreas do conhecimento.

2.2 Nova Forma de Produção do Conhecimento

O trabalho de Gibbons et al (1994) apresentou uma visão sobre as tendências para a dinâmica da ciência

e da pesquisa nas sociedades contemporâneas, a qual se refletiria em uma maneira diferente de produção do conhecimento baseada na transdisciplinaridade. Dentre os revisores da obra estavam tanto filósofos, historiadores e sociólogos, que acharam a argumentação dos autores simplista ou banal; ou analistas de políticas de C&T, que levantaram contra-argumentações tais como a evidência empírica das tendências identificadas no livro e o fato de que essas tendências não eram novas (NOWOTNY et al, 2003).

No entanto, a tese levantada de que a produção do conhecimento e o processo de pesquisa estavam sendo radicalmente transformados foi reconhecida por pesquisadores e responsáveis pelas políticas de C&T (NOWOTNY et al, 2003; ROCHA, 2004; STOKES, 2005; SILVEIRA, 2005). Essa tese foi chamada de “Modo 2” e se baseia na tendência observada de que a produção do conhecimento seria socialmente distribuída, orientada para aplicações, transdisciplinar e sujeita a múltiplas auditorias.

Intrinsecamente à noção de Modo 2 (ou de conhecimento socialmente distribuído) está a ideia de que ele não pode ser capturado e transmitido pelas formas tradicionais de publicações acadêmicas. Segundo a tese, o velho paradigma da descoberta científica (o assim chamado “Modo 1”), caracterizado pela hegemonia da ciência teórica ou, em parte, da ciência experimental, pela taxonomia de disciplinas e pela autonomia de cientistas e de universidades, estava sendo substituído por um novo modelo de produção do conhecimento. Alguns defensores desse novo modelo são também aqueles que têm mais a ganhar com ele (NOWOTNY et al, 2003). São eles:

- responsáveis pelas políticas de C&T, que tentam criar melhores mecanismos para ligar a ciência à inovação;

- pesquisadores da área de gestão, que lutam para se livrar da condescendência de disciplinas mais estabelecidas e mais acadêmicas;

- pesquisadores de universidades mais recentes ou de outras Instituições de Ensino Superior de fora dos sistemas acadêmicos e científicos estritamente definidos, que buscam se firmar nos campos da pesquisa.

Por outro lado, os autores do paradigma Modo 2 reconhecem que os mais céticos e que têm mais a perder com a tese são os pesquisadores de áreas disciplinares de instituições bem estabelecidas, pois temem que a qualidade da ciência seja corrompida se tais ideias niveladoras contaminarem as políticas de investimento em C&T e que suas próprias autonomias sejam colocadas em perigo se outras ligações mais explícitas e esclarecedoras forem estabelecidas entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica.

Apesar de o novo modelo ter sido rediscutido por Nowotny et al (2001) como forma não só de responder às críticas, mas também com a finalidade

de desenvolvê-lo ainda mais e de evitar que ele caísse no relativismo e na sobre-simplificação do argumento, algumas dificuldades de entendimento caracterizadas pelas seguintes questões apresentadas pelos mesmos autores foram tratadas em (NOWOTNY et al, 2003):

- Como descrever e defender, em uma linguagem acadêmica tradicional (Modo 1, na terminologia dos autores), ideias que tentam analisar como esta linguagem está sendo superada (Modo 2)?

- O Modo 2 não é somente um conceito inerentemente aberto para manipulação e exploração, ele é também um projeto, um exemplo de distribuição social do conhecimento que ele próprio objetiva descrever.

Algumas ideias principais expostas por Nowotny et al (2003), embora tenham sido apresentadas há uma década, continuam bastante atuais. Essas ideias são discutidas nesta seção com o intuito de melhor caracterizar o (supostamente) novo ambiente de produção de conhecimento e de inovação em que se insere o SCTEx.

2.2.1 Mudanças no Ambiente de Pesquisa

A natureza do processo de pesquisa está sendo transformada, apesar de a novidade e intensidade dessa transformação não serem bem compreendidas nos meios acadêmicos. No entanto, três tendências são geralmente aceitas como significantes: (a) o direcionamento das prioridades de pesquisa, (b) a contratação da pesquisa, e (c) a auditoria da ciência.

O primeiro elemento, o aumento do direcionamento das prioridades de pesquisa, é observado:

- em programas de fomento da Comunidade Europeia, amplos no seu escopo, que têm tentado moldar as prioridades e construir uma capacidade de pesquisa para atender necessidades econômicas e sociais identificadas, com apoio da comunidade de pesquisa porque eles têm trazido recursos adicionais;

- nos EUA, onde a tendência de desenvolver programas de pesquisa dedicados tem aumentado em todos os ministérios; tais programas tentam, ao mesmo tempo, focar agendas políticas de curto prazo como desenvolver capacidades de pesquisa de longo prazo;

- em muitos países, inclusive no Brasil, onde os conselhos de pesquisa e órgão de fomento têm adotado de forma crescente prioridades de pesquisa pró-ativas (ou top-down), em lugar de políticas essencialmente reativas (bottom-up), pelas quais a melhor proposta de pesquisa identificada por um processo de revisão por pares é financiada independentemente do foco dos seus objetivos.

Hoje, os programas temáticos no Brasil são mais enfatizados (como, por exemplo, os Fundos Setoriais de C&T do MCTI e as Redes Temáticas da Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.) e, por conseguinte,

as universidades e centros de pesquisa começaram a gerenciar as suas prioridades de pesquisa de forma mais agressiva, ao invés de simplesmente prover um ambiente de apoio.

O segundo ponto é a clara tendência da “pesquisa contratada”, um modelo cada vez mais presente já que o financiamento público puro (e, de certa forma, desinteressado pelos resultados) para as pesquisas tem se tornado menos adequado e os pesquisadores têm se voltado progressivamente para fontes alternativas de recursos, como, por exemplo, aqueles oriundos de grandes empresas cujos produtos são de alto teor tecnológico. A universidade e os institutos de pesquisa estão, então, mais cientes do valor da propriedade intelectual gerada pelas suas pesquisas, uma vez que elas tendem a gerar recursos financeiros para os contratantes.

O que leva as universidades e centros de pesquisa a buscar um melhor proveito da propriedade intelectual é o equilíbrio das suas contas, visto que os investimentos públicos com a educação superior e a pesquisa têm sido insuficientes para fazer face aos seus custos e que os produtos do conhecimento estão cada vez mais valorizados no mercado em termos de um retorno financeiro imediato. Embora esses motivos sejam compreensíveis, o objetivo de explorar a propriedade intelectual tem duas consequências importantes:

- Quem possui o direito à propriedade intelectual? O pesquisador individual, o grupo de pesquisa, a comunidade de pesquisa ou a instituição? Assim, a negociação da divisão dos direitos à exploração da propriedade intelectual pode transformar o caráter organizacional das instituições.

- A exploração da propriedade intelectual desafia a ideia (ideal?) de ciência como um bem público. Se a propriedade intelectual tem um valor financeiro, ela não pode ser publicada livremente em periódicos baseados em revisão por pares ou em conferências científicas abertas a todos. Este ponto é particularmente crítico na área de defesa, na qual se somam aspectos de sigilo relacionados com a segurança e soberania dos estados. No entanto, sabe-se que a qualidade da ciência é fortemente determinada pela sua exposição à crítica e à contra-argumentação e esse processo se torna muito mais difícil se a circulação das descobertas científicas for restrita.

O terceiro elemento é a crescente ênfase no gerenciamento da pesquisa e, em particular, no esforço de avaliar sua efetividade e sua qualidade. Os conselhos de pesquisa e órgãos de fomento, sempre que possível, tentam incluir e avaliar todo estilo de pesquisa e tornar o processo de avaliação o mais transparente possível por meio da publicação dos detalhados critérios usados pelos comitês de consultoria ad hoc e pela identificação de seus membros, provendo também uma realimentação (limitada) sobre os graus atribuídos por esses comitês. No entanto, distorções são produzidas e hierarquias são reforçadas pela taxonomia dos processos de avaliação,

notadamente pela separação das áreas de avaliação. Dessa forma, a pesquisa interdisciplinar tende a se desagregar e, conseqüentemente, a ser desvalorizada a verdadeira pesquisa criativa situada nas fronteiras das áreas do conhecimento. Outra crítica é que os mecanismos de auditoria da pesquisa científica e do seu gerenciamento têm encorajado os pesquisadores a adotar uma produção de estilo industrial, ou seja, é mais seguro fornecer resultados previsíveis, e supostamente de segunda linha, no prazo do que pesquisa inovadora com atraso. Apesar disso, os processos de avaliação e auditoria têm sido internalizados pelas instituições e movidos para o domínio da competência organizacional e gerencial.

2.2.2 Novo Enfoque de Ciência

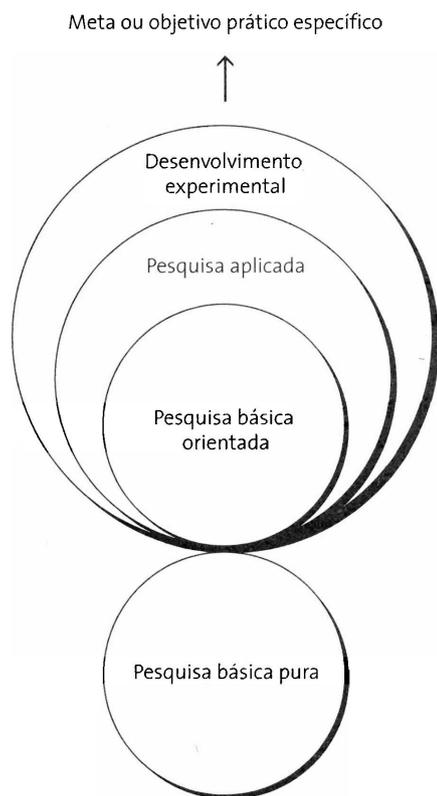
Como resultado dessas e de outras tendências, a pesquisa que é descrita como básica, pura, fundamental ou desinteressada, tem se tornado gradativamente uma preocupação menor, mesmo nas universidades. O conhecimento científico é visto, atualmente, não como um bem público, mas mais como propriedade intelectual, a qual é produzida, acumulada e comercializada como um bem ou serviço. Uma nova linguagem foi inventada – a linguagem da aplicação, relevância, contextualização, transferência de tecnologia, gestão do conhecimento e inovação.

2.2.3 Modo 2 de Produção do Conhecimento

O Modo 2 de produção do conhecimento tem várias características (NOWOTNY et al, 2003). Em primeiro lugar, ele é desenvolvido em um contexto de aplicação. Contudo, ele difere do processo de aplicação pelo qual a ciência pura, gerada em ambientes teórico-experimentais, é aplicada, a tecnologia é transferida e o conhecimento é subsequentemente gerido. O contexto de aplicação no Modo 2 descreve o ambiente global no qual os problemas científicos aparecem, as metodologias são desenvolvidas, os resultados são disseminados e os usos são definidos. Ou seja, ao contrário do pensamento de Bush (1945) e de Brooks (1979) em que o processo de pesquisa pode se estabelecer de um modo sequencial e unidimensional (Modo 1), no Modo 2 de produção do conhecimento o processo não segue ordenamentos pré-definidos.

Para reforçar essa primeira característica, vários cientistas têm argumentado que a pesquisa aplicada inclui estudos que também buscam um entendimento mais básico de uma área (STOKES, 2005). Daí vem o conceito de pesquisa básica inspirada pelo uso (ou orientada) como um subconjunto da pesquisa aplicada, conforme ilustra a Figura 1, que rompe com a ideia de um espectro unidimensional e sequencial na relação entre a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. Stokes (2005) também apresenta muitas evidências históricas que quebram o paradigma de Bush e criam o modelo de quadrantes da pesquisa científica (Figura 2).

Figura 1 - Esquema dos conceitos de pesquisa básica e de pesquisa aplicada.



Fonte: Stokes (2005).

Figura 2 - Modelo de quadrantes da pesquisa científica.

Pesquisa inspirada por:

		Considerações de uso?	
		Não	Sim
Busca de entendimento fundamental?	Sim	Pesquisa básica pura (Bohr)	Pesquisa básica inspirada pelo uso (Pasteur)
	Não		Pesquisa aplicada pura (Edison)

Fonte: Stokes (2005).

A célula superior esquerda delimita a pesquisa básica que é conduzida somente pela busca do conhecimento científico, sem considerações sobre utilização prática. Pode ser chamada de Quadrante de Bohr, uma vez que a procura de um modelo atômico por Niels Bohr se caracterizou como uma pura viagem de descoberta. A célula no canto direito inferior inclui a pesquisa conduzida exclusivamente com vistas a objetivos aplicados, sem procurar uma compreensão mais geral dos

fenômenos de um ponto de vista científico. Essa célula é chamada de Quadrante de Edison, dada a forma estrita com que ele impediu que seus colaboradores buscassem explicar cientificamente as descobertas quando desenvolvia um sistema de iluminação elétrica rentável comercialmente. O canto superior direito representa o campo da pesquisa básica que busca estender as fronteiras do conhecimento, mas que é também inspirada por considerações de uso, o chamado Quadrante de Pasteur; em vista do claro exemplo de combinação desses objetivos no direcionamento do pesquisador para o entendimento e o uso, pois procurava ao mesmo tempo entender e controlar os processos microbiológicos que descobriu. Por fim, o quadrante inferior à esquerda inclui a pesquisa que não é inspirada pelo objetivo do conhecimento científico nem pelo de uso, mas que também não é vazia. Esse quadrante inclui as pesquisas que exploram fenômenos muito particulares, impulsionadas pela curiosidade do investigador (STOKES, 2005).

Uma segunda característica do Modo 2 é a transdisciplinaridade, pela qual se mobiliza um conjunto de perspectivas teóricas e de metodologias práticas para resolver problemas. O ato criativo reside na capacidade de mobilizar e gerenciar essas perspectivas e metodologias, assim como no desenvolvimento de novas teorias ou conceituações ou no refinamento de métodos de pesquisa. Em outras palavras, o Modo 2 é incorporado na expertise de pesquisadores individuais e de grupos de pesquisa (conhecimento tácito) tanto quanto, ou possivelmente mais do que, codificado e transmitido em produtos de pesquisa convencional tais como artigos de periódicos ou patentes (NOWOTNY et al, 2003).

Uma terceira característica está relacionada com a maior diversidade de lugares nos quais o conhecimento é produzido e de tipos de conhecimentos produzidos. O primeiro fenômeno desta característica não é propriamente novo e se refere às comunidades de pesquisa virtuais que atravessam as fronteiras nacionais e culturais. No entanto, no Modo 2, a dinâmica dessas comunidades tem se transformado, uma vez que a comunicação que restringia as interações entre os seus membros é agora instantânea devido ao avanço das tecnologias de informação. Essa mudança se intensificou pelo segundo fenômeno, o fato de que as comunidades de pesquisa têm hoje fronteiras abertas que permitem a novos tipos de organizações do conhecimento se juntar às atividades de pesquisa, tais como institutos de políticas (sociais, econômicas, estratégicas, científico-tecnológicas, de P&D etc.), consultores de gestão, bem como organizações do terceiro setor, grupos ativistas etc. (NOWOTNY et al, 2003).

Uma quarta característica é que o Modo 2 é altamente reflexivo. O processo de pesquisa não pode mais ser caracterizado como um objetivo de investigação do mundo natural ou social. Ao contrário, o processo de pesquisa tem se tornado um processo intenso de diálogo contínuo (e talvez sem fim) e de discussão entre os atores

e os sujeitos de pesquisa, a tal ponto que o vocabulário básico da pesquisa (o que, quem, qual, como) está prestes a perder o seu significado. Como resultado, as noções tradicionais de auditoria têm sido radicalmente revisadas. As consequências previstas e intencionais do novo conhecimento não podem ser vistas como estando fora do processo de pesquisa porque o ambiente de solução dos problemas influencia na escolha da área do problema, no projeto de pesquisa, assim como no uso final da solução.

Uma quinta característica é encontrada nas novas formas de assegurar a qualidade. No Modo 2 de produção do conhecimento, os pares científicos não podem mais ser identificados de maneira confiável, pelo fato de que não existe mais uma classificação estável de disciplinas codificadas a partir da qual se possa delinear um conjunto de pares. Então, as formas reducionistas de controle de qualidade não podem ser facilmente aplicadas a um conjunto de questões de pesquisa muito mais amplo, e critérios claros e imutáveis não estão mais disponíveis. Ao contrário, deve-se aprender a conviver com múltiplas definições de qualidade, um fato que complica seriamente e pode até comprometer os processos de escolha, priorização e seleção sobre os quais os responsáveis pelas políticas de C&T e as agências de fomento têm que se apoiar.

Essas cinco características foram desenvolvidas em vários contextos. Não obstante a ameaça à autonomia científica e à qualidade da pesquisa, o primeiro e já mencionado contexto foi o da pesquisa contratada, pela qual a pesquisa foi revitalizada na sua prioridade, no seu uso e nos recursos por ela demandados, uma vez que o financiamento público é inerentemente restritivo e insuficiente. O segundo foi o desenvolvimento de uma grande massa de educação superior e de pesquisa no terceiro quarto do Século XX, as quais propiciaram o aparecimento de novas sinergias e uma larga distribuição social da produção do conhecimento. O terceiro contexto foi o proporcionado pelo papel das ciências humanas na produção do conhecimento, que, ao contrário do Modo 1, em que eram vistas como as menos comprometidas com a pesquisa, na perspectiva do Modo 2 elas têm um alto grau de comprometimento, pois incorporam noções de flexibilidade da qual as ciências naturais e mesmo as sociais desconfiam. A globalização foi o quarto contexto, em que o Modo 2 é uma ferramenta útil para desbloquear e amenizar alguns fenômenos contraditórios como, por exemplo, a tensão entre a modernidade (valores iluministas e cultura científica) e a modernização (a aplicação da ciência e da tecnologia). Os dois últimos contextos são também os menos desenvolvidos: a potencial reconfiguração ou transformação das instituições que se voltam para uma produção do conhecimento mais amplamente distribuída e de maior flexibilidade; e o gerenciamento do conhecimento Modo 2. O mundo moderno está repleto de instituições experientes que não são essenciais somente para o avanço social e o progresso

tecnológico, mas também para moldar as identidades de pessoas e grupos e influenciar as próprias instituições e os usos do conhecimento. De forma similar, a produção do conhecimento, embora amplamente distribuída, transdisciplinar, heterogênea e reflexiva, tem que ser gerenciada. Mais escolhas sobre prioridades científicas têm que ser feitas de forma cada vez mais urgente e esta explosão de escolhas torna mais difícil agregá-las em um quadro de programas de pesquisa planejado. Isso significa que o problema do gerenciamento da pesquisa deve ser conduzido de uma forma diferente no Modo 2 de produção do conhecimento (NOWOTNY et al, 2003).

2.3 Pesquisa e Desenvolvimento em Defesa nos EUA

Nesta seção, são apresentadas resumidamente as experiências do Departamento de Defesa (DoD, do inglês Department of Defense) dos EUA na área de P&D, com foco nas estratégias para a pesquisa básica (FOUNTAIN, 2004) e nas formas de parcerias com as universidades para fazer face aos desafios que se apresentam nesse campo (IAFRATE, 2002).

2.3.1 Necessidade de Novas Estratégias Para a Pesquisa Básica

As Forças Armadas dos EUA possuem hoje um nível sem precedente de superioridade tecnológica em todo o espectro de ameaças militares em relação aos demais países. O estágio atual de avanço na área de C&T de defesa foi alcançado principalmente por meio de financiamentos de longo prazo, providos pelo governo americano e por meio do DoD, à pesquisa básica e ao desenvolvimento tecnológico durante a Guerra Fria (FOUNTAIN, 2004).

O grande impulso que culminou no atual avanço tecnológico dos EUA foi uma decisão, tomada logo após a II Guerra Mundial, de criar uma grande força motriz nacional para o incentivo e o fomento público às pesquisas científicas. A base dessa decisão foi apresentada pelo relatório de Bush (1945) que, como já descrito anteriormente, estabeleceu uma visão de como os EUA poderiam manter seu investimento em pesquisa científica após o término da guerra com base em um modelo unidimensional e sequencial da relação entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada.

O plano do OSRD era de financiar amplamente os projetos científicos em laboratórios acadêmicos independentes dos estabelecimentos militares, ou seja, as universidades ficariam encarregadas dos trabalhos de pesquisa fundamental e os laboratórios governamentais e os arsenais fariam o desenvolvimento tecnológico militar em cooperação com a indústria. Ficou, portanto, estabelecida a ideia de que as aplicações desenvolvidas a partir da pesquisa básica frequentemente surgiriam muitos anos depois que os trabalhos de pesquisa fossem iniciados e que poderia não existir um benefício claro de

boa parte desses trabalhos.

Durante os 50 anos que sucederam a II Guerra Mundial (período da Guerra Fria), o financiamento público da pesquisa básica pelo DoD foi bem sucedido porque pôde aproveitar o longo prazo dos projetos de pesquisa que produziram tecnologias maduras para o desenvolvimento. No entanto, com o fim da Guerra Fria e o surgimento de um mercado tecnológico global, muitas tecnologias críticas de defesa estão prontamente disponíveis tanto aos países aliados como aos adversários e, no novo ambiente de mudanças rápidas, o DoD não pode mais dispor de cinco décadas para pesquisar, desenvolver e desdobrar tecnologias críticas para o combatente (FOUNTAIN, 2004).

A despeito de a dinâmica do processo de financiamento público da pesquisa básica de defesa em universidades continuar sendo lenta e focada em objetivos mal formulados, o DoD tem mantido a mesma infraestrutura e a mesma política de fomento que foi desenvolvida para a Guerra Fria. De forma a se manter à frente dos adversários potenciais com acesso às tecnologias críticas disponíveis no mercado mundial, segundo Fountain (2004), o DoD necessita encurtar o tempo de desenvolvimento de novas tecnologias e adequar os objetivos tecnológico para a obtenção de modernos sistemas de combate e à guerra contra o terrorismo.

2.3.2 O Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD e a Pesquisa em Defesa

O Programa de C&T do DoD é definido e coordenado por meio de cinco documentos que podem ser divididos em quatro grupos:

- **Estratégia de C&T de Defesa:** estabelece as áreas para investimento de alta prioridade e, então, implementa os objetivos previstos por meio das agências ou serviços designados para conduzir cada área de pesquisa. Esse processo permite ao DoD combinar recursos e reduzir redundâncias.

- **Plano de Área de Tecnologia de Defesa e documento de Objetivos Tecnológicos de Defesa:** estabelecem o foco, o conteúdo e os principais objetivos dos esforços globais do DoD em C&T. Resumem a estratégia de investimentos para a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de tecnologias avançadas em áreas críticas para o DoD. O plano detalha também aproximadamente 200 Objetivos Tecnológicos de defesa estabelecidos para os serviços e agências.

- **Plano de C&T de Combate Combinado:** assegura que esforços conjuntos sejam compreendidos em todas as áreas de desenvolvimento de tecnologias avançadas e de pesquisa aplicada. Esse documento resume os Objetivos de Capacidade de Combate Combinado, com o propósito primário de assegurar que o programa de C&T contemple futuras capacidades do combate

combinado.

- **Plano de Pesquisa Básica:** apresenta os objetivos do DoD e as suas estratégias de investimento para a pesquisa básica conduzida por universidades, indústrias e laboratórios. Apoiar as necessidades de pesquisa de longo prazo do DoD. Conforme o exposto nas Seções 2.1.1 e 2.2, normalmente é difícil delinear o limite entre a pesquisa básica e aplicada. No contexto do DoD, entretanto, a primeira deve disponibilizar muitas aplicações e usos potenciais futuros, enquanto a segunda deve buscar preencher as lacunas de conhecimento para o domínio de uma aplicação específica.

Os quatro primeiros documentos são planos quadrienais, enquanto que o quinto é atualizado de dois em dois anos. Esse conjunto de planos são os guias para a preparação do orçamento do DoD e dos Program Objective Memoranda (POM). Juntos, o Plano de C&T de Combate Combinado e o Plano de Área de Tecnologia de Defesa garantem que as necessidades de curto e médio prazos das forças combinadas sejam adequadamente balanceadas e contempladas nas atividades de planejamento, programação, orçamento e avaliação do DoD. As áreas técnicas contempladas nos dois planos são diferentes, mas a participação ativa dos laboratórios de serviço, das agências de defesa e dos combatentes provê os requisitos que orientam as áreas da pesquisa básica. Esses requisitos são avaliados pelo DoD por intermédio das Avaliações e Revisões de Áreas Tecnológicas (TARA, do inglês Technology Area Reviews and Assessments). Representantes da academia, governo e indústria participam dessas avaliações, que são efetuadas com base nas suas características de completude, equilíbrio, relevância e planos de transição, com o objetivo de evitar duplicações desnecessárias com outros programas do DoD.

Os programas do DoD são também confrontados com as diretrizes do Diretor de Pesquisa de Defesa & Engenharia do Escritório do Secretário de Defesa, a Estratégia de C&T de Defesa, o Plano de C&T de Combate Combinado, o Plano de Área de Tecnologia de Defesa e o Plano de Pesquisa Básica. É dada uma ênfase especial na capacidade de resposta dos programas aos Objetivos Tecnológicos de Defesa, os quais estabelecem quais avanços tecnológicos devem ser buscados, para qual ano fiscal, para qual benefício específico, ultrapassando qual barreira tecnológica e para que serviço.

Nesse sentido, o Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD é principalmente utilizado para desenvolver os POM. Contudo, uma crítica a esse processo é que não há critérios efetivos para avaliar a habilidade desses programas em cumprir os requisitos de combate combinado. Simplesmente, não existe nenhum mecanismo pronto para avaliar se tais requisitos são cumpridos antes que uma dada tecnologia seja empregada.

A pesquisa básica em defesa é também conduzida por um processo competitivo pelo qual pesquisadores individuais ou grupos de pesquisa submetem propostas

de projetos de pesquisa para concorrer a financiamentos, bolsas e apoio à infraestrutura. Na academia, a revisão e avaliação de propostas de pesquisa por pares têm também sido utilizadas como forma de assegurar que os fundos de agências federais sejam direcionados para os melhores projetos, garantindo assim a qualidade na alocação de recursos. No entanto, essa avaliação ocorre somente no início do processo de fomento, com poucas verificações subsequentes da qualidade dos resultados da pesquisa. Os recursos deveriam ser direcionados prioritariamente aos esforços que demonstrem as mais altas produtividades segundo alguma métrica escolhida. Porém, medir resultados de pesquisa e, em particular, de produtividade da pesquisa básica é uma questão altamente problemática. De fato, a pesquisa básica não é determinística, sendo difícil antever se um projeto terá sucesso ou mesmo prosseguirá na direção proposta originalmente.

Atualmente, não existe uma forma amplamente aceita no governo federal e na comunidade científica americana para priorizar decisões sobre a alocação de recursos entre e através das diversas áreas disciplinares. Enquanto métricas tais como quantidade e qualidade de publicações revisadas por pares, citações, estudantes de pós-graduação, prêmios de pesquisa e o nível de fomento externo são indicadores de um programa de pesquisa vibrante, elas não mostram necessariamente como as necessidades do combatente estão sendo atendidas. Sem alguma prestação de contas sobre os resultados da pesquisa individual ou institucional para o processo TARA, a alocação de fundos com base nas métricas mencionadas e no mérito científico não atenderá a todas as necessidades do programa de pesquisa básica do DoD (FOUNTAIN, 2004).

Acordos de P&D cooperativos são outra forma de parceria entre o DoD e as indústrias e universidades. O foco é o compartilhamento de dados, competências e propriedade intelectual, podendo também envolver pessoal, serviços, materiais, equipamentos e instalações, com ou sem reembolso ao DoD. Os direitos de invenção e de propriedade intelectual são flexíveis e negociados como parte do acordo. A despeito desses esforços, similarmente ao que ocorre no Brasil, o montante de ajuda federal provida ao DoD para a pesquisa básica é muito pequeno em comparação com aquele destinado a outras áreas, como os Institutos Nacionais de Saúde, Departamento de Energia, *National Science Foundation* ou NASA.

É importante ressaltar que, nos anos de 1970, a indústria americana investiu em pesquisa básica no apoio à infraestrutura para grandes grupos interdisciplinares. A indústria pode tirar grandes benefícios da pesquisa se ela for gerenciada corretamente. Quando adequadamente gerenciada, atrai as melhores pessoas, move a ciência básica para a invenção e para novas tecnologias, as quais geram inovações para as empresas. Equipes de trabalho em um único quadro corporativo, com potentes ferramentas de capital e um gerenciamento dirigido para os objetivos,

têm demonstrado que podem conduzir grandes projetos, frequentemente com mais sucesso do que consórcios acadêmicos reconhecidamente competentes, mas dispersos. Esse conceito não é novo e é similar ao do Projeto Manhattan que criou a bomba atômica, ao mesmo tempo que fez grandes avanços no campo da física de altas energias.

Existem também centenas de laboratórios e centros de pesquisa que foram criados com o intuito de desenvolver, por intermédio da pesquisa aplicada, produtos de defesa. Eles foram criados devido à percepção que essa pesquisa seria mais bem conduzida por meio de uma organização controlada pelo meio civil com estreita ligação com o Exército e a Marinha, mas com financiamentos diretos do Congresso. Estudos recentes sobre a situação desses laboratórios indicaram inequivocamente que são um componente essencial da máquina combatente dos EUA, mas estão em estado de crise severa (FOUNTAIN, 2004). Esses estudos afirmam que esse sistema de laboratórios tem sido tão pouco apoiado financeiramente que perderá a capacidade de atrair e reter cientistas e engenheiros de alto nível, essenciais para realizar a pesquisa necessária à preservação da superioridade tecnológica militar americana, salvo se receba ajuda urgente do DoD ou do Congresso Nacional. Eles indicam também que um laboratório ideal de C&T de defesa deve ser avaliado pelas seguintes características que demonstram a sua capacidade de contribuir para o sistema a que pertence: C&T focadas nas necessidades do combatente, desenvolvimento de capacidades inovadoras, eficiente geração de tecnologia em relação aos recursos recebidos, efetiva evolução tecnológica, alto envolvimento nos processos decisórios do sistema e alta prioridade nos principais clientes.

2.3.3 Transformações na Pesquisa Básica de Defesa

A estratégia de financiamento à pesquisa básica do DoD é fortemente dependente de avaliação baseada na revisão por pares. Uma mudança julgada fundamental, mas muito difícil de ser implementada, é o estabelecimento de um conjunto de métricas para avaliar o resultado técnico-científico de cada projeto de pesquisa. Outra transformação necessária é que as avaliações dos projetos devam ser feitas periodicamente por meio de painéis externos, independentes e conduzidos por pares, incluindo cientistas do meio acadêmico, de agências governamentais e da indústria. O processo deve também incluir uma avaliação sobre os benefícios práticos da pesquisa.

Essa proposta parece similar ao processo TARA discutido anteriormente. Apesar desse processo não avaliar a pesquisa propriamente, ele estabelece um grupo consultivo para cada Objetivo Tecnológico de Defesa ou Objetivo de Capacidade de Combate Combinado, com a finalidade de conduzir as avaliações necessárias

da pesquisa financiada. Toda pesquisa apoiada pelo DoD recebe, geralmente a cada dois anos, formulários de avaliação periódica da agência de fomento ou de um de seus grupos consultivos. Os pesquisadores devem também submeter relatórios anuais sobre o andamento dos projetos financiados. Nos dois processos, devem ser relatados os esforços e resultados em termos das métricas estabelecidas.

Uma questão recorrente é sobre quais as melhores métricas a serem usadas para medir a efetividade da pesquisa básica. Algumas recomendações têm sido feitas desde a década de 1990, como planos estratégicos plurianuais e métricas para avaliar o seu progresso em direção aos objetivos. As métricas sugeridas incluem: listas de artigos técnico-científicos submetidos ou publicados em período julgados pertinentes, número de cientistas ou estudantes apoiados pelos planos, relatórios sobre as invenções decorrentes da pesquisa, descrições dos avanços teóricos ou experimentais e montante de tecnologia transferida. As quatro primeiras métricas são fáceis de enumerar e analisar via painéis de avaliação. Nesse contexto, tecnologia transferida é definida como qualquer interação ou desenvolvimento específico que constitui transferência de resultados de pesquisa, tais como: patentes, novas empresas geradas com base nos resultados da pesquisa, interações com a indústria ou laboratórios de P&D do Exército e transferência de informações que podem impactar o desenvolvimento de novos produtos.

Se por um lado, métricas como essas indicam o tamanho e a “saúde” de um programa de pesquisa, por outro, elas não são relevantes para o objetivo de alcançar as necessidades tecnológicas do DoD. Em outra perspectiva, tem havido um esforço para melhorar o gerenciamento da pesquisa básica de responsabilidade do governo pelo reforço ou adoção das melhores práticas de gerenciamento e não pelo foco na predição do seu resultado. Foi proposto utilizar critérios de **qualidade, relevância e desempenho** como métricas diretivas para os investimentos em programas de pesquisa básica. A intenção dessas iniciativas é levar informações mais precisas relacionadas com o desempenho dos programas para dar suporte a decisões sobre alocação de recursos.

De maneira a medir a **qualidade** de um programa, as agências devem examinar periodicamente seus projetos pela comparação relativa com outros programas, agências e países, em termos da excelência técnica e científica. Para mostrar **relevância**, os programas de pesquisa devem identificar e priorizar os objetivos da sua pesquisa e demonstrar as ligações com as iniciativas e com os objetivos relevantes nacionais. O **desempenho** de um programa é, então, avaliado pelo estabelecimento e cumprimento de uma série de objetivos de pesquisa plurianuais altamente prioritários. Torna-se, portanto, essencial que os programas estabeleçam planos claros e flexíveis, com bases bem definidas e que sejam ligados aos

objetivos estabelecidos nos documentos listados na Seção 2.3.2.

O DoD tem procurado também estabelecer alianças tecnológicas colaborativas e criar centros de pesquisa afiliados a Universidades, que são **parcerias entre a academia, o governo e a indústria**. O objetivo é combinar a habilidade da universidade em produzir pesquisa de ponta, a experiência da indústria em transformá-la em tecnologia e o conhecimento dos cientistas do governo em dirigir os esforços de pesquisa, de forma a atender as necessidades do combatente. Cada programa dessas parcerias usa alguma forma de gerenciamento da pesquisa com a participação de organizações do Exército, de outras agências do DoD e do governo.

O DoD provavelmente continuará a financiar universidades públicas de forma a manter uma forte base de pesquisa científica, embora reconheça que o seu impacto em prover capacidades tecnológicas ao combatente é mínima, caso não sejam estabelecidos mecanismos efetivos para assegurar a qualidade global dos programas de pesquisa.

2.3.4 Desafios e o Papel da Universidade

Os desafios para o DoD e as potencialidades da universidade são apresentados em lafrate (2002) e revisitados nesta seção. A discussão está focada no modo como o DoD e a universidade podem trabalhar em parceria para vencer esses desafios e, a despeito de ter sido lançada há mais de uma década, se apresenta bem atual, se comparada com estudos mais recentes (UNITED STATES, 2012).

Três fatores entrelaçados direcionam o processo sequencial da pesquisa, desenvolvimento e obtenção de produtos de defesa nos EUA: as ameaças percebidas, o clima político e a realidade econômica. Esses fatores mudam com o tempo e impactam o orçamento do Exército americano para a área de C&T. O impacto se dá na variação anual dos recursos conforme as necessidades de obtenção, uma vez que o orçamento para a pesquisa se mantém aproximadamente constante. Ao contrário, a pressão sobre a pesquisa e sobre aqueles que a conduzem muda muito entre os momentos de alta e de baixa necessidade de obtenção. Quando as ameaças são reduzidas, o orçamento para a obtenção de produtos de defesa é menor, o financiamento para a C&T se mantém estável e é focado nas necessidades de curto prazo, porque os recursos disponíveis são mais para aquisição do que para avanços e modernização.

Nos últimos anos, o complexo industrial militar se voltou para a economia globalizada de mercado livre e novas ameaças emergiram, tanto externa como internamente. Apesar disso, trabalha-se ainda com a antiga estratégia de defesa e de projeção do poder com foco no uso de recursos e poder próprios para cumprir missões militares em qualquer lugar do planeta. O DoD se

depara atualmente com mudanças no seu papel e nas suas missões, os quais estão sendo revistos, e o orçamento para P&D e obtenção é ainda restrito. O fato é que a ciência e a tecnologia são pontos chave na gestão dessas mudanças e gerenciá-las é um grande desafio.

Os principais desafios tecnológicos emergem das novas necessidades de projeção do poder americano que devem ter características de forças ultraleves, mas também letais, móveis, autocontidas e aptas a dominar a informação pelo sensoriamento e tecnologia eletrônica. Os principais desenvolvimentos e capacidades tecnológicas necessárias estão listados na bibliografia indicada no início desta Seção e não são aqui replicadas.

A parceria com universidades continua a ser um dos vetores na busca dessas capacidades. Para a maioria das universidades americanas, a primeira prioridade é formar a futura força de trabalho, em especial, no que concerne à educação em engenharia e em ciências básicas. Além disso, a universidade deve entender e articular princípios e conceitos de ciência e engenharia e explorar seu potencial para utilização. A terceira prioridade é a condução da pesquisa como parte integral do processo de educação. Algumas universidades têm incubadoras e interação com complexos industriais, mas isso não é um modelo comum.

Uma das mais altas prioridades das universidades americanas é a habilidade para conduzir a pesquisa de uma forma interdisciplinar. Em meados dos anos 1960, e durante a década seguinte, os programas disciplinares eram a maior fonte de progresso da pesquisa. Atualmente, oportunidades para avanços significativos na pesquisa emergem de esforços interdisciplinares. Esforços conjuntos envolvem equipes de diferentes disciplinas focando objetivos de pesquisa comuns. Com o financiamento das pesquisas em universidades pelo DoD e em outras iniciativas interdisciplinares por institutos e agências civis, surge a tendência de se formarem grupos de professores e pesquisadores de vários departamentos e até de diferentes instituições e uma quantidade substancial de pessoas trabalhando sinergicamente em pesquisas de interesse comum.

São muitos os benefícios da pesquisa interdisciplinar. Universidades ou departamentos isolados podem participar de áreas de pesquisa com potenciais linhas de fomento. Eles podem igualmente participar da solução de problemas interessantes, aumentando a fronteira do conhecimento em ciência e tecnologia. A pesquisa interdisciplinar traz também um benefício coletivo. Os departamentos e faculdades participantes começam a trabalhar em conjunto e aprendem os vocabulários uns dos outros. Existe, também, um componente educacional muito forte. Os estudantes aprendem a ver e analisar os problemas por meio de várias disciplinas. Acima de tudo, buscam-se ligações com a indústria com a finalidade de transferir tecnologias e, fundamentalmente, abrir caminhos para o emprego de futuros profissionais onde eles possam realmente melhorar a competitividade e a

postura de defesa.

Algumas tendências nas estratégias de pesquisa acadêmica foram identificadas nos EUA. Uma das estratégias para melhorar a qualidade da pesquisa é não somente desenvolver áreas para as quais se tenha um pendor natural baseado em um núcleo de competências existente, mas também desenvolver uma forte ligação entre a pesquisa e o processo educacional. Tipicamente, a universidade tem dois objetivos; um é ser competitiva na busca por fomento à pesquisa, o outro é estabelecer vínculos com a indústria para pesquisa e educação, transferindo-lhe estudantes treinados e tecnologia. Um planejamento comum é depreender esforços em demandas de mercado, encorajando os departamentos ou faculdades à pesquisa interdisciplinar e moldando interesses em áreas emergentes duais.

O Escritório de Pesquisa do Exército americano tem desenvolvido vários modelos para a pesquisa cooperativa na qual a universidade, o laboratório do DoD e a indústria buscam juntos os mesmos objetivos de encontrar soluções para problemas de defesa. Assim, tem havido uma transformação dos laboratórios em alianças cooperativas ou colaborativas. O papel da universidade é educar e formar a força de trabalho, desenvolver princípios e conceitos avançados e encorajar a sua compreensão e a aplicação. A indústria provê a aplicação e as bancadas de teste, fabrica e transforma o conhecimento em tecnologia, disponibiliza e robustece a tecnologia e desenvolve mercados de uso dual. Esse é um dos grandes modelos entre outros que têm sido desenvolvidos nas agências para tentar fazer com que os três setores trabalhem juntos para resolver problemas relacionados com a missão do combatente.

3 TRANSFORMAÇÃO DO SCTEx

A Seção 2.3 apresenta o modelo de P&D em defesa adotado nos EUA. Verifica-se que mesmo nos EUA, onde os investimentos em CT&I de defesa e a capacidade industrial e de infraestrutura são elevados, há um descompasso entre o setor produtivo, áreas do governo e o setor acadêmico. A configuração desse modelo, assim como o do SCTEx, foi concebida sob influência das ideias do paradigma do Pós-Guerra ou do Modo I de produção do conhecimento, que dissociava a pesquisa científica básica da pesquisa aplicada e em que as universidades ficariam encarregadas dos trabalhos de pesquisa fundamental e de resultados práticos de longo prazo, e os laboratórios e institutos de P&D e os arsenais fariam o desenvolvimento tecnológico militar em cooperação com a indústria para atender as necessidades correntes. Assim, estabeleceu-se, no âmbito do SCTEx, que aquela seria atribuição do IME e esta seria exclusividade do Centro Tecnológico do Exército (CTEx) e do parque fabril.

Em face das dinâmicas atuais de produção do conhecimento, transferência de tecnologia e produção de inovações tecnológicas, discutidas na Seção 2, não é difícil de concluir que a estrutura atual do SCTEx,

bem como o seu processo de planejamento, execução e controle da P&D, não obstante as mudanças e incentivos recentemente implementados pelo DCT, atendem apenas parcialmente as necessidades atuais de produção do conhecimento e de sua transferência para o desenvolvimento e desdobramento de tecnologias críticas para o combatente, uma vez que ainda carece de mecanismos mais efetivos para o estabelecimento de: estratégias e objetivos claros não somente para a pesquisa aplicada, mas também para a pesquisa básica (ou pesquisa básica inspirada pelo uso); integração de esforços entre os órgãos do sistema e entre estes e outras instituições governamentais e privadas e o setor industrial; estruturas organizacionais e processos flexíveis para permitir uma rápida adaptação aos novos projetos e desafios; métricas adequadas para a auditoria da pesquisa; linhas de pesquisa interdisciplinares; e um efetivo sistema de gestão do conhecimento e da inovação.

Contudo, nos EUA assim como no Brasil, notam-se algumas tendências de modificações nesse modelo no sentido do Modo 2 de produção do conhecimento, em que predomina uma forma mais cooperativa de pesquisa na qual a universidade, os laboratórios, os centros de P&D e a indústria buscam juntos (e de forma interdisciplinar) os mesmos objetivos de encontrar soluções para problemas de defesa, evitando a separação entre a pesquisa básica e aplicada e alcançando uma transição rápida e eficiente do conhecimento científico para a tecnologia aplicada.

Uma análise sumária dos documentos (BRASIL, 2012a) e (BRASIL, 2012b), que estabelecem as bases para o projeto do novo SCTIEx, é suficiente para confrontar as características da estrutura e dos processos vislumbrados para este novo sistema com aquelas discutidas neste artigo que emergem como propícias para a produção do conhecimento (Modo 2). Verifica-se que existe uma harmonia no sentido de que elas convergem para a construção de uma atmosfera criativa que favorece o surgimento de inovações. A base do (novo) SCTIEx é a criação de um Polo Científico-Tecnológico que congrega, em um único sítio, os institutos de P&D existentes, novos institutos a serem criados, nova Agência de Gestão da Inovação, novo Centro de Desenvolvimento Industrial, nova Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Defesa e o IME, de forma a promover a cultura da produção e transferência de tecnologias e da inovação distribuída e aberta e a sua gestão sem perda do foco na análise prospectiva, por meio da interação e integração dos elementos que o constituem.

4 CONCLUSÃO: CONTRIBUIÇÕES E PERSPECTIVAS

Este artigo apresenta um levantamento da bibliografia, em nível nacional e internacional, sobre elaboração de agendas de pesquisa, relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção

de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico, particularmente naquele voltado para a Defesa. Foram discutidos, especialmente, processos de ensino e de produção do conhecimento baseados na inter, multi e transdisciplinaridade e caracterizada a área de Defesa Nacional como um objeto transdisciplinar.

A interdisciplinaridade emerge, nesse contexto, como a característica que mais favorece a estruturação de um sistema de CT&I com base na Engenharia de Defesa, pelo enriquecimento dos processos de ensino/aprendizagem e de produção e transferência do conhecimento que ela proporciona, onde a pesquisa básica orientada para as aplicações relevantes deve receber lugar de destaque dentro de uma nova dinâmica vigente de produção do conhecimento, reconhecida pela literatura científica. Outro elemento que se apresenta e se destaca nessa dinâmica é a tendência para o direcionamento das prioridades, o gerenciamento e a auditoria da pesquisa e para o desenvolvimento conjunto e cooperativo entre a academia, os institutos de P&D e a indústria, consideradas as questões da transferência de tecnologia, dos direitos de propriedade intelectual e da gestão do conhecimento. Foi observado também que o modelo de P&D em defesa adotado nos EUA inclui o estabelecimento de estratégias e objetivos claros e também um plano de pesquisa básica e tende a se adaptar àquelas dinâmicas como forma de alcançar uma transformação rápida e eficiente do conhecimento científico para a inovação tecnológica.

Observa-se que essas dinâmicas e características não estão conjuntamente presentes no atual SCTEx, cuja estrutura e processos não as favorecem porque foram concebidos sob a influência de ideias de um outro paradigma. Portanto, confirmam-se as suposições apresentadas nas diretrizes para o projeto de transformação do sistema. Também, uma análise comparativa das características da nova estrutura e dos novos processos com aquelas discutidas neste artigo mostra que a transformação proposta conduzirá a um SCTIEx mais bem capacitado a alcançar uma transição rápida e eficiente do conhecimento para a inovação, o que justifica o esforço a ser depreendido.

No entanto, o estudo realizado instiga a investigação e análise futuras de outros aspectos que podem ser considerados relevantes no projeto de transformação do SCTEx:

a) Criação de um órgão que seja encarregado do planejamento estratégico, do estabelecimento de objetivos de pesquisa e do controle dos processos nas áreas de ensino, pesquisa e inovação, possivelmente coordenando a componente horizontal de uma efetiva organização matricial.

b) Inclusão, nos planos de investimento, de um Plano de Pesquisa Básica ligado aos objetivos de PD&I (com viés maior para a pesquisa básica orientada) e às previsões e prospecções tecnológicas (com foco

maior na pesquisa básica pura). O plano deve priorizar políticas pró-ativas (ou top-down), em lugar de políticas essencialmente reativas (ou bottom-up), sem, contudo, descartar totalmente a condução da pesquisa básica por um processo competitivo, pelo qual pesquisadores individuais ou grupos de pesquisa submetem propostas de projetos de pesquisa para concorrer a financiamentos, bolsas e apoio à infraestrutura. Os planos de PD&I devem também garantir que as necessidades de curto e médio prazos da Força sejam adequadamente balanceadas e contempladas nas atividades de planejamento, programação, orçamento e avaliação.

c) Criação de um processo de auditoria da pesquisa nos moldes daquele proposto pelo DoD, que utiliza qualidade, relevância e desempenho como métricas diretas para os critérios de investimento em programas ou projetos de pesquisa. Outras referências (DAGNINO & GOMES, 2003; CARNEIRO JÚNIOR, 2003; VIOTTI, 2003; ROCHA, 2004; RAND, 2006) também fornecem subsídios para a consolidação de um sistema de métricas e indicadores de CT&I que norteiam a formulação e a avaliação de políticas para a área e permitem o acompanhamento e a avaliação dos esforços e resultados obtidos. Não se deve esquecer, contudo, que métricas convencionais não mostram necessariamente a efetividade da transferência de tecnologia e como as necessidades do combatente estão sendo atendidas. Deve-se também levar em conta as características que demonstram a capacidade de um programa de pesquisa de contribuir para o sistema a que pertence. Nesse aspecto, um ponto interessante a ser avaliado, com o andamento de um Plano de Pesquisa, são os indicadores do real grau de integração entre as diferentes linhas e áreas de pesquisa e os projetos de desenvolvimento tecnológico, a serem verificados com base na efetiva participação de pesquisadores nos projetos e na formação e aperfeiçoamento de recursos humanos. Além disso, nos processos de avaliação, devem participar agentes dos diversos órgãos do SCTIEx e de fora do sistema.

d) Criação de mecanismos de integração com os sistemas de CT&I da Marinha e da Aeronáutica, particularmente com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, com o Instituto de Pesquisas da Marinha e com o Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. No que concerne ao IME, seria interessante o estabelecimento de uma parceria com o ITA, com a finalidade de explorar as complementaridades dos programas de pós-graduação.

e) No projeto de transformação do IME e sua transferência para o PCTEG, há que se considerar uma estrutura menos departamentalizada, que favoreça a interdisciplinaridade e a interação entre as diversas linhas de pesquisa, além de outros institutos e indústria.

f) O alto custo da infraestrutura de PD&I deve induzir à racionalização dos meios existentes nas diferentes forças nessa área, por intermédio de um efetivo esforço do Ministério da Defesa no sentido de combinar recursos e reduzir redundâncias nos planos de

investimento, de promover a interação entre os diversos institutos e grupos de pesquisa e de integrar capacidades científico-tecnológicas. Ações orquestradas têm maiores chances de promover uma rápida transição à inovação e de contemplar as necessidades correntes e futuras do combate combinado e da interoperabilidade.

Um sistema assim concebido aumentaria também as possibilidades de captação de recursos de outras fontes de fomento à pesquisa para fazer face às enormes necessidades tecnológicas futuras da Força Terrestre e da Defesa Nacional. Uma combinação de esforços de pesquisa intra e extramuros – com estreito acompanhamento e gerenciamento – é necessária para resolver os imensos desafios tecnológicos que se apresentam no porvir.

Finalmente, é difícil prever com maior precisão quais as implicações futuras da transformação do SCTEx e de uma possível reestruturação mais abrangente do SisCTID. No entanto, existem momentos paradoxalmente de crises e oportunidades, em que decisões ousadas, amparadas em diagnósticos realistas, amplos e imparciais e em planejamentos estratégicos adequados, propiciam a transformação de círculos viciosos de estagnação em círculos virtuosos de mudanças em direção à produtividade e à modernidade. Esta é, de fato, uma época de crises e oportunidades para o SCTEx, na qual mudanças são iminentes. Com uma apropriada liderança e o foco no que é importante, o sistema, por intermédio dos seus recursos humanos, pode moldar o seu próprio destino de uma forma prolífica para o seu desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Referindo-se de maneira simples, objetiva e desafiadora a uma situação análoga, William James Perry, Secretário de Defesa dos EUA no período de fevereiro de 1994 a janeiro de 1997, proferiu as seguintes palavras por ocasião do fim da Guerra Fria (IAFRATE, 2002) – com as quais conclui-se este artigo:

Há um momento em que uma porta se abre e deixa o futuro entrar. [...] Por meio de nossas ações, podemos moldá-lo ao invés de sermos moldados por ele.

REFERÊNCIAS

ACOCCELLA, E. C. A Postura Estratégica Dissuasória e os Objetivos para a Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional. **PADECEME**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 76-81, 2006.

BRASIL. Ministério da Defesa. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Concepção Estratégica do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional**. Brasília, 2003.

BRASIL. **Política de Defesa Nacional**. Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005, Brasília, 2005.

_____. Ministério da Defesa. **Manual básico - volume I: Elementos Doutrinários**. Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2006.

_____. Exército Brasileiro. Centro Tecnológico do Exército. **Requisitos técnicos básicos no 02/08 do sistema míssil antiaéreo de baixa altura**. Rio de Janeiro, março de 2008.

_____. Comando do Exército. **O Processo de transformação do Exército**. 3ª Edição, Brasília, 2010.

_____. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretriz para o projeto de transformação do sistema de ciência e tecnologia do Exército**. Brasília, 2012a.

_____. **Diretriz para o projeto do pólo científico e tecnológico do Exército em Guaratiba**. Brasília, 2012b.

_____. Estado-Maior do Exército. **Plano básico de ciência e tecnologia do Exército 2007-2011**. Brasília, 2007.

BROOKS, H. Basic and applied research, in categories of scientific research. In: National Science Foundation Seminar, 1979. **Annals...** Washington: NSF, 1980, p. 14-18.

BUSH, V. **Science, the endless frontier**: a report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development. Arlington: NSF, 1945. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/about/history/vbush1945.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

CARNEIRO JÚNIOR, S.; LOURENÇO, R. Pós-graduação e pesquisa na universidade. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CENTRO DE EDUCAÇÃO TRANSDISCIPLINAR DA ESCOLA DO FUTURO DA USP (CETRANS). **Educação e transdisciplinaridade, II**. Editora TRIOM, São Paulo, 2002.

COSTA, P. R. **Elementos para o delineamento de um modelo sistêmico para a indústria nacional de defesa**. 2012. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia, Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2012.

DAGNINO, R.; GOMES, E. O Processo Decisório na universidade pública brasileira: uma visão de análise de

políticas. In: SOBRINHO, J. D.; RISTOFF, I. D. **Avaliação e Compromisso Público**. Campinas: Insular, 2003. p. 159-187.

DIAS, R.; DAGNINO, R. P. Sessenta anos do relatório science: the Endless Frontier. In: VI JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 2006. **Annales...**, Bogotá, Colômbia, 2006.

FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação**: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. São Paulo: LTC, 2009.

FOUNTAIN III, A. W. **Transforming defense basic research strategy**: U.S. Army War College strategy research project. Pennsylvania: U.S. Army War College, 2004. 31p.

GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. **The new production of knowledge**: The dynamics of science and research in contemporary societies. London: Sage, 1994.

IAFRATE, G. J. The challenge of defense R&D: the role of the university. In: TEICH, A. H.; NELSON, S. D.; LITA, S. J. **AAAS Science and Technology Policy Yearbook 2002**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 2002.

MENEZES, E. T. de; SANTOS, T. H. dos. **Dicionário interativo da educação brasileira: EducaBrasil**. São Paulo: Midiamix, 2002. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

NOWOTNY, H.; SCOTT, P.; GIBBONS, M. **Re-Thinking science**: knowledge and the public in an age of uncertainty. Cambridge: Polity Press, 2001.

_____. 'Mode 2' revisited: the new production of knowledge. **Minerva**, [S.l.], v. 41, n. 3, p. 179-194, 2003.

OECD. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação: organisation for economic co-operation and development. 3. ed. [S.l.], 2005.

PEGADO, H. de A. **O Parque Tecnológico do Exército como Ferramenta de Inovação da Indústria de Defesa**. 2012. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Curso de Política Estratégia e Altos Estudos Militares, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2012.

PELLANDA, P. C. **A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência**

e **Tecnologia do Exército Brasileiro**. 2013. 118 f. Monografia (Mestrado)-Curso de Direção para Engenheiros Militares, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2008.

RAND EUROPE RESEARCH. Measuring the benefits from research. **Rand Corporation research Brief Series**. Cambridge, 2006. Disponível em: <http://www.rand.org/pubs/research_briefs/2007/RAND_RB9202.pdf>. Acesso em: 12 maio 2013.

ROCHA, I. **Gestão de organizações de conhecimento**. Brasília: FINADESP; Brasília: UCB/Universa, 2004.

SALERNO, M. S.; DAHER, T. **Política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal (PITCE): balanço e perspectivas**. 2006. Disponível em: <<http://investimentos.mdic.gov.br/public/arquivo/arq1272980896.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2013.

SCHWARTZMAN, S. A pesquisa científica e o interesse público. **Revista brasileira de inovação**, Campinas, v. 1, n. 2, p 361-395, 2002.

SILVEIRA, M. A. da. **A Formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2005.

SOMMERMAN, A. **Formação e transdisciplinaridade: uma pesquisa sobre as emergências formativas do CETRANS**. 353 f. Monografia. Mestrado Internacional em Ciências da Educação, Universidade Nova Lisboa – Portugal e Université François Rabelais de Tours – França, 2003.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005. 246p.

UNITED STATES. National Academy of Sciences. **Assuring the U.S. Department of Defense a Strong Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Workforce**. The National Academies Press, Washington, 2012.

VIOTTI, E. B. Fundamentos da evolução dos indicadores de CT&I. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no brasil**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

Recebido em 03 de outubro de 2013
Aprovado em 08 de dezembro de 2013