

O INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA (IME) NO SÉCULO XXI

THE MILITARY INSTITUTE OF ENGINEERING (IME) IN THE XXI CENTURY

JOSÉ CARLOS ALBANO DO AMARANTE¹

RESUMO

O presente trabalho apresenta estratégias para a preparação de uma escola de engenharia militar, no caso o Instituto Militar de Engenharia (IME), para enfrentar os desafios deste século, no contexto da acelerada evolução científica e tecnológica e de um mundo globalizado. Contemplando o ambiente atual, ele analisa a Revolução Tecnológica, o papel da educação, aspectos psicossociais, econômicos, políticos e militares, e o fenômeno da globalização. Visa, pois, a adaptação da escola ao momento da informação, sintetizado pelo crescimento exponencial da capacidade de realização do homem, mediante a criação de núcleos de pesquisa e projetos para coordenar a execução de atividades interdisciplinares. Neste ambiente, ressalta-se a importância da visão humanística como um atributo do engenheiro da atual Idade do Conhecimento. São abordados tópicos relativos às tecnologias militares para o combate contemporâneo e futuro, à futura ambiência científico-tecnológica e à inovação dual, à preparação de recursos humanos e por fim aos desafios de adaptação para que o IME possa exercer o poder do conhecimento.

Palavras-chave: IME. Papel da educação. Revolução Tecnológica.

ABSTRACT

This paper presents strategies for preparing a military engineering college, The Military Institute of Engineering (IME), to meet the challenges of this century head on, in a scenario of quick scientific and technological moves of a globalized world. Facing the current environment, it analyzes the Technological Revolution, the role of education, psychosocial, economics, political and military aspects of the globalization phenomenon. It therefore aims at adapting the college to the information momentum, synthesized by the exponential capacity of man's accomplishment, through the creation of research and projects centers to coordinate the implementation of interdisciplinary activities. In this environment, the importance of humanistic vision of the engineer is highlighted as an attribute of the current Age of Knowledge. There is an approach to topics addressed to military technology in the contemporary and future combat, to the future scientific and technological ambience, to the dual innovation, to the human resources training and finally to the challenges of adaptation so that IME can exercise the power of knowledge.

Keywords: Military Institute of Engineering. Role of education. Technological Revolution.

¹ Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense (INEST/UFF) - Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

E-mail: <jcdoamarante@yahoo.com.br >

Doutor em Aeronautics and Astronautics (Stanford University).

I INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta estratégias para a preparação de uma escola de engenharia militar, no caso o Instituto Militar de Engenharia (IME) do Brasil, para enfrentar os desafios deste século, no contexto da acelerada evolução científica e tecnológica e de um mundo globalizado.

Contemplando o ambiente atual, ele analisa a Revolução Tecnológica, o papel da educação, aspectos psicossociais, econômicos, políticos e militares, e o fenômeno da globalização.

As estratégias foram e vêm sendo discutidas pelos componentes dos corpos docente e administrativo do IME e apontam para um modelo que esteja vinculado ao presente, evitando que o ensino continue ligado aos paradigmas da revolução industrial, caracterizada pelo reducionismo e pela ótica monodisciplinar.

Visa, pois, à adaptação da escola ao momento da informação, sintetizado pelo crescimento exponencial da capacidade de realização do homem, mediante a criação de núcleos de pesquisa e projetos para coordenar a execução de atividades interdisciplinares. Neste ambiente, ressalta-se a importância da visão humanística como um atributo do engenheiro da atual Idade do Conhecimento. Estabelecem-se as características e as condições de implantação de um projeto que visa a propiciar aos alunos contato permanente com assuntos relacionados aos anseios da Sociedade e às ciências ligadas ao Comportamento Humano, em complemento às disciplinas curriculares de engenharia.

Tal projeto propõe-se a desenvolver condições para o autoaprendizado e para a perfeita interação do profissional com o meio social. Prevê o desenvolvimento de atributos a somarem-se à competência científica e tecnológica, que facilitem a liderança de equipes de trabalho, no campo ou em escritórios, à seleção e obtenção de recursos e à adequada gerência de projetos. Enriquece-o a disponibilização, ao jovem universitário, de atividades culturais, tais como programas flexíveis de leitura, encontros de reflexão, espetáculos teatrais, musicais e atividades de esporte e lazer.

Ponto de grande importância é fazer com que o “engenheirando” frequente disciplinas, estranhas à sua grade acadêmica, em escolas conveniadas, voltadas para o ensino de ciências humanas, biológicas e sociais. Pretende-

se, assim, aprofundar relacionamentos de grupos que possuam perspectivas diferentes, diante do mundo.

É importante enfatizar que permanecem inalteradas as colunas mestras do ensino no IME: o pioneirismo e a excelência.

Dois áreas do conhecimento são evidenciadas nesta tradicional escola: o conhecimento, que conduz ao domínio da tecnologia militar, e a ambiência científico-tecnológica dual (militar e civil), que proporciona um relacionamento facilitador do emprego do conhecimento. Por essa razão, vamos discorrer sobre as áreas do conhecimento, que são do nosso interesse.

2 TECNOLOGIAS MILITARES PARA O COMBATE CONTEMPORÂNEO E FUTURO

A tecnologia de base eletrônica vem dominando o cenário da arte da guerra e influenciando a operacionalidade dos exércitos, por adotar, cada vez mais, duas tecnologias para preparar meios de combate. Embora incipientes, essas duas formas estão sendo empregadas em guerras contemporâneas, sendo também promissoras para o futuro nos meios militares: robótica e automação.

2.1 ROBÓTICA

Tem a finalidade de substituir funções originalmente realizadas pelo homem, pelas mesmas funções realizadas pela máquina, como é o caso do veículo aéreo não tripulado (VANT).

Assiste-se hoje à uma tendência disseminada entre as potências militares do mundo de emprego crescente da robotização na guerra. Há, contudo, um forte inconveniente operacional, no campo psicológico, relacionado à introdução dessa tecnologia. A perda de instintos de comisseração para com o inimigo é um problema psicológico a ser enfrentado no futuro em guerras robóticas que tenham efetivos humanos.

Com os VANTs, o homem está realizando a avant-première da robótica bélica. A primeira fase desse processo tem ocorrido pela utilização cada vez mais frequente de veículos aéreos não-tripulados (VANTs) como vetores de atuação para realizar incursões perigosas ao território dominado pelo adversário. A tecnologia do VANT é robótica e de primeira geração, podendo o veículo ostentar a capacidade de ser pilotado a distância ou mesmo possuir trajetórias pré-definidas. A ausência da figura humana na plataforma voadora estabelece um importante marco inicial, onde se inter-relacionam a robótica, a automação e a sistêmica. A criatividade do homem colocará no campo de batalha diferentes robôs, cujo limite superior parece apontar para o andróide, ou seja, o autômato com figura humana.

2.2 AUTOMAÇÃO

Esta tecnologia tem por objetivo realizar a

automação das funções tecnológicas do combate – sensoriamento, processamento e atuação (SPA) – em sistemas, valorizando a guerra cibernética.

Existe uma tendência mundial para a automação (SPA) tanto em sistemas militares quanto em sistemas civis. O espectro de repercussões tecnológicas da atualidade sinaliza para a automação das funções tecnológicas do combate.

É o caso do funcionamento automático de um sistema de armas, integrando as funções SPA. Tomemos como exemplo o Sistema “Patriot”, que fez sua estreia na Primeira Guerra do Golfo (1991) e, por isso, foi o primeiro sistema bélico automatizado. Ele ostentava o funcionamento automático, resultante da integração das funções tecnológicas, no ciclo do combate SPA. Ele empregou componentes que cumpriam o papel de sensor, processador e atuador, para abater o míssil iraquiano Skud, sem a intervenção humana.

Na medida em que substitui o componente humano nos processos envolvendo a tomada de decisão para resposta a determinadas ameaças, a automação constitui, de fato, o grau mais elevado da sofisticação tecnológica já atingido para fins militares.

3 GUERRAS CONTEMPORÂNEAS E DO FUTURO

As guerras, contemporâneas e futuras, estão convergindo para o emprego operacional cada vez mais frequente de três formas de combate que, embora já empregadas no presente, são também previstas para o futuro.

3.1 GUERRA ELETROMAGNÉTICA

A quarta dimensão do combate tem o propósito de estabelecer um confronto entre meios militares de sensoriamento (S), processamento (P) e atuação (A), que operam usando equipamento eletromagnético.

Na 2ª Guerra Mundial, o radar eletromagnético descerrou as cortinas de exploração de outras faixas do espectro eletromagnético, ampliando o conceito de visão ótica, para visão eletromagnética. A engatinhante tecnologia de sensoriamento abriu o campo visual para varrer a faixa das microondas.

A Ciência e a Tecnologia responderam rapidamente com uma notável expansão da exploração do campo eletromagnético (AMARANTE, 1992). Nas Guerras do Golfo (1991 e 2003), os aliados fizeram desfilar uma extensa gama de equipamentos de sensoriamento, processamento e atuação. Agora, os meios militares atuam em variadas bandas do espectro eletromagnético, varrendo o ultravioleta, o infravermelho, as ondas milimétricas, as micro-ondas e a radiofrequência.

A exploração da quarta dimensão do combate, a dimensão eletromagnética, poderá ser decisiva na guerra do futuro. Em relação às guerras recentes, a dimensão eletromagnética deverá ser ampliada, passando a

contribuir, por exemplo, para o emprego de atuadores de pulsos de energia concentrada (LASER). Como ampliação da capacidade de sensoriamento, todos os sintomas de presença e atividades de tropa poderão ser detectados. Por outro lado, a quarta dimensão deverá varrer as funções tecnológicas de combate (SPA).

3.2 GUERRA SISTÊMICA

A guerra sistêmica tem o propósito de empregar as funções tecnológicas do combate (SPA) nos meios de guerra, de forma integrada e automatizada, entre sistemas de defesa.

Uma arma pode ser interpretada como uma ferramenta usada para aplicar força ou energia com o objetivo de causar dano ou ferimento em pessoas, animais ou estruturas. Por sua vez, um sistema de armas é composto por uma arma acompanhada dos componentes necessários ao seu próprio funcionamento, no ciclo SPA, como dispositivos de sensoriamento de alvos, dispositivos de C2 (Comando e Controle), que servem para seleção e apontamento de alvos e dispositivos de guiamento, que permitem a perseguição e danificação do alvo selecionado.

A guerra do futuro poderá proporcionar ao mundo o mais avançado sistema de defesa já concebido. O atual nível de conhecimento tecnológico militar conduz ao desenvolvimento de um Sistema que englobe vários sistemas, usualmente chamado de Sistemão. Este dispositivo consiste na reunião das tecnologias e operações de todos os sistemas de combate presentes no teatro de operações.

A atual revolução em assuntos militares, cujo epicentro localiza-se nos Estados Unidos, está fundamentada no “sistema de todos os sistemas” ou “sistema centrado em rede”². Sua proposta central, no campo da sistêmica, é dotar a estrutura de defesa norte-americana de uma extensa e robusta rede de processamento, impossível de ser colocada inoperante. Se um elo da rede for atingido e colocado fora de operação, a rede é capaz de reestruturar-se, eliminando a necessidade da contribuição do elo destruído, destarte, voltando a atuar com a mesma eficácia do sistema anterior (ver United States of America, 2005).

Em outras palavras, o imenso desafio tecnológico do momento é “automatizar” o combate de todos os sistemas de armas, os equipamentos nas funções tecnológicas de combate (SPA) e os elementos operacionais de combate. Tudo isso controlado e comandado por uma grande rede apoiada em enorme banco de dados e integrada por enorme quantidade de computadores, realizando o tratamento de dados para orientar a atuação dos homens e máquinas em todos os escalões.

O resultado será um “Sistema” automatizado, organizado conceitualmente no ciclo SPA, envolvendo todo o poder de combate, seja com sistemas tecnológicos

de combate, seja com sistemas operacionais de combate.

Neste contexto, pode-se definir a Engenharia de Defesa como (Pellanda, 2008): “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 configura-se 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 sistemas de defesa são, em seus variados aspectos, 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. Ficou estabelecido que, no âmbito da Engenharia de Defesa do IME, seriam estudados os sistemas de defesa segundo três prismas básicos: o terreno, o fluxo de informações e os sistemas de armas. Um sistema de armas, em particular, 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.

3.3 GUERRA CIBERNÉTICA

A guerra cibernética tem por finalidade atingir a capacidade de processamento dos sistemas adversários na guerra convencional, na guerra assimétrica ou em atos terroristas. A cibernética, ou seja, a guerra de “softwares”, constitui-se no terceiro tipo de guerra entre sistemas.

Nesse tipo de guerra, o “hacker” politicamente motivado, ou seja o combatente “hacker”, atua com “softwares” maliciosos, para danificar a capacidade operativa de sistemas de combate e/ou de sistemas da infraestrutura pública ou privada do estado-nação adversário. Dessa maneira, o “hacker” pode realizar ações de sabotagem e/ou espionagem. Esse tipo de confronto tem um formato semelhante à guerra de informação, algumas vezes vista como análoga à guerra convencional.

No Século XXI, surge uma pluralidade de meios militares para serem empregados na avizinhante guerra cibernética, conceituada (CLARKE, 2010) como “ações adotadas por um estado-nação para penetrar nos computadores ou redes de outra nação com o propósito de causar estragos ou interrupções nos seus sistemas bélicos”. Dessa maneira, o conhecimento passou a ser avidamente procurado pelos países, não somente para o próprio crescimento econômico, mas sim com vistas ao alargamento militar.

No que concerne à cibernética, segundo

² Admiral Owens, William, “System of systems”, Institute National Security Studies, 1996, disponível em: <techdigest.jhuapl.edu/td1703/manthorp.pdf >

Bertalanffy (1968), esta é uma teoria dos sistemas de controle baseada na transferência da informação (comunicação) entre o sistema e o meio ambiente, e dentro do próprio sistema, e do controle (retroação) da função dos sistemas com respeito ao ambiente. O campo de emprego da cibernética são os sistemas e engenharias de softwares. Ela é, portanto, a ciência da comunicação e do controle.

Os ataques cibernéticos podem ser desferidos em operações militares e em atos terroristas, como afetando sistemas de fornecimento de energia, sistemas aéreos e sistemas hidrelétricos, dentre outros.

Especialistas avaliam que guerras futuras venham a começar na internet (Gallagher, 2012). A guerra cibernética é desencadeada quando um grupo de especialistas em tecnologia da informação ataca os sistemas do adversário. São criados, tipicamente, vírus ao estilo “cavalo de troia” e são realizados outros tipos de ataque pela internet que tentam sequestrar, extrair ou danificar dados de processamento do inimigo, imobilizando seus sistemas. Nesse tipo de operação, o sensoriamento assume papel de relevo. O vírus precisa ser detectado e identificado, antes de ser destruído. A função sensoriamento precisa localizar o ponto emissor dos vírus, antes ou após o processamento, a fim de poder empregar a sua arma de defesa cibernética contra o emissor de vírus inimigo.

A guerra cibernética consiste em diferentes ameaças. A espionagem, cuja ação visa a obter segredos de indivíduos ou grupos rivais, de computadores, de governos inimigos para alcançar vantagens militares, políticas ou econômicas, utilizando métodos ilegais em internet, rede, “softwares” e/ou computadores. A sabotagem, que consiste de atividades militares, empregando computadores e satélites para coordenação, que estão na situação de risco de interrupção de funcionamento. Além disso, ordens e comunicações podem ser interceptadas e substituídas. As infraestruturas de energia, água, combustível, comunicações e transporte são vulneráveis a interrupções na guerra cibernética, como ocorreu recentemente. Na Primeira Guerra da Web (2007), “sites” do governo, da imprensa e do sistema bancário da Estônia foram atacados com os chamados Distributed Denial of Service (DDos) (sigla em inglês para distribuição de negação de serviço), durante um período de sete semanas. Hackers ativistas, simpatizantes da Rússia, teriam efetuado esses ataques em desagravo pela remoção de uma estátua da época da União Soviética, que estava no centro da capital do país, Tallinn.

Essas cinco formas de fazer o combate estão intimamente ligadas com as funções básicas tecnológicas do combate (SPA) (ver Amarante, 2012).

4 A FUTURA AMBIÊNCIA CIENTÍFICO-TECNOLOGICA E A INOVAÇÃO DUAL

O século XXI, pela consolidação do

conhecimento científico, pode vir a ser considerado o “século do conhecimento”. O atual século continuará a abrigar o palco das explorações do Universo, das profundezas abissais dos oceanos e do mundo interior dos seres vivos a partir dos mapas genômicos e das células-tronco. A nanotecnologia deverá continuar seu importante progresso, trazendo avanços na medicina e na biologia, como um todo.

A ciência continuará a experimentar o processo holístico de síntese e a tecnologia ampliará a sua capacidade dual, podendo ser explorada tanto no campo militar quanto no civil. A tecnologia militar do futuro, descrita no item anterior, faria parte das pesquisas dos meios militares do Exército Brasileiro. O Instituto Militar de Engenharia, após criteriosa seleção, estabeleceria um rol de conhecimentos com elevada probabilidade de compor a ambiência científico-tecnológica brasileira, nos próximos trinta anos.

O trabalho de P&D relacionado com os conhecimentos selecionados iria proporcionar um ambiente rico para o crescimento do debate científico. Este debate, certamente, manteria o IME na tradicional posição de pioneirismo e excelência.

Vejamos os novos conhecimentos que poderiam conformar os desenvolvimentos tecnológicos ao longo do século XXI (AMARANTE, 2009). Eles vêm dominando tanto o cenário da arte da guerra, quanto o cenário das aplicações civis (BORDOGNA, 2001): a Teratecnologia, a Nanotecnologia, a Complexidade, a Cognição, o Holismo, a Ciência do Amanhã e a Neurociência.

4.1 TERATECNOLOGIA

A Tecnologia da computação

Supercomputador, numa definição simples e acessível, é um computador que está à frente dos demais, em capacidade de processamento, particularmente, considerando a velocidade de cálculo e a capacidade de solução de problemas complexos. Com o passar do tempo, como a evolução tecnológica é cada vez mais rápida, surgem supercomputadores mais potentes, deixando os antigos líderes simplesmente como desktops.

Costumamos fazer a seguinte pergunta (SIQUEIRA, 2012): “o que significa para você, leitor, um quadrilionésimo de segundo? Nenhum ser humano talvez tenha uma ideia aproximada do que seja um instante tão fugaz quanto esse.” Agora, imagine um supercomputador que faça 1 quadrilhão de cálculos por segundo. Com esse desempenho, cada cálculo dessas máquinas não demora mais do que um quadrilionésimo de segundo. Muitos leitores perguntariam: “Mas existem supercomputadores capazes de fazer 1 quadrilhão de cálculos por segundo?” Existem vários que alcançam essa velocidade de processamento. Não é ficção.

Os super rápidos

Uma pesquisa publicada no “site” www.top500.org nos dá, anualmente, a classificação dos

supercomputadores mais rápidos do mundo. Este ano o site divulga pela 35ª vez o ranking dessas supermáquinas. Vale a pena conhecer a lista atual dos 10 mais velozes do planeta. A primeira grande surpresa nessa lista é a estréia da China entre os 2 mais velozes do mundo:

1) Jaguar, fabricado pela Cray Supercomputer Company, é o grande campeão deste ano. Instalado no Departamento de Energia dos Estados Unidos (Oak Ridge Leadership Computing Facility), o Jaguar alcançou a velocidade de 1,75 petaflops por segundo.

2) Nebulae, supercomputador chinês instalado no Centro de Supercomputação de Shenzhen, na China, é um sistema Dawning TC3600 Blade construído com processadores Intel X5650 e NVidia Tesla C2050 GPUs. Teoricamente seria o supercomputador mais rápido do mundo, com 2,98 petaflop/segundo (Pflop/s) mas nos testes pelo sistema Linpack só alcançou a velocidade de 1,271 petaflop/s.

4.2 NANOTECNOLOGIA

É a tecnologia geradora de matérias-primas e produtos com tamanhos nanométricos, ou seja, com a dimensão maior, da ordem de um bilionésimo de metro. O livro *Máquinas da Criação*, de Eric Drexler, descreve a nascente tecnologia em que máquinas de tamanho nanométrico manipulariam átomos, moléculas e matéria. Levando o conceito de miniaturização ao extremo, a nanotecnologia tem o objetivo de construir estruturas complexas, átomo a átomo, molécula a molécula. Por vezes, ela é designada de “fabricação molecular”, englobando vários tipos de pesquisa que trabalham com dimensões inferiores a 1.000 nanômetros, sendo que um nanômetro é igual a 0,000.001 milímetros. Para realizar a fabricação molecular, a nanotecnologia utiliza os processos de montagem posicional e autorreplicação.

O primeiro pressupõe que cada átomo seja colocado no seu devido lugar, implicando a existência de robôs mínimos, cujas dimensões permitam a manipulação individual de átomos e moléculas. O segundo envolve a construção de sistemas capazes de copiarem a si próprios e de, com esse conhecimento, construírem outros produtos.

Em consequência, podemos entender a fabricação molecular como uma tecnologia futura que irá nos permitir a construção de grandes objetos, com a precisão atômica, de forma rápida, barata e virtualmente sem defeitos. Mecanismos robóticos irão posicionar e provocar reação em moléculas para construir sistemas com complexas especificações atômicas. Quando a fabricação molecular estiver disponível, ela irá oferecer computadores imensamente potentes, artigos de consumo de alta qualidade e dispositivos capazes de curar doenças, mediante a reparação do organismo em nível molecular.

São imensas as aplicações da nanotecnologia (ALVES, 2005). Em abril de 2005, em um painel, coordenado pelo JCB – *Canadian Joint Centre for*

Bioethics, e realizado com 63 especialistas mundiais, para identificação dos usos mais promissores dessa novel tecnologia, foram apontados: armazenamento, produção e conversão de energia; incremento na produtividade da agricultura; tratamento de água e recuperação ambiental; diagnóstico e screening (blindagem) de doenças; sistemas de entregas de drogas; processamento e armazenamento de alimentos; poluição do ar; construção; monitoramento de saúde; e vetores, detecção e controle de pragas.

4.3 COMPLEXIDADE

Aplicação aos fenômenos complexos naturais

A Complexidade corresponde à multiplicidade, ao acoplamento e à interação contínua da infinidade de sistemas e de fenômenos que compõem o mundo, as sociedades humanas, o homem e todos os seres vivos (MARIOTTI, 2007).

Em seu livro titulado *Complexidade: a ciência emergente no limiar da ordem do caos*, Mitch Woldrop (1993) escreve sobre um ponto, que permanece na fronteira do caos, onde os componentes de um sistema nunca se fixam o bastante, e ainda nunca propriamente se dissolvem na turbulência...”

Gell-Mann, que propôs a existência do quark como peça fundamental da estruturação atômica, recebeu por esta contribuição significativa o prêmio Nobel de Física, em 1969. No seu livro, *O quark e o jaguar*, argumentou que uma mesma teoria, a Teoria da Complexidade, poderia explicar o simples, na física do quark dentro de um átomo, e o complexo, na física de sistemas complexos adaptativos, caracterizada pela complexidade da caça noturna realizada por um jaguar. Como até hoje os progressos na Teoria da Complexidade foram pequenos, Horgan aproveitou a oportunidade para criticá-la.

Devemos estar conscientes, no entanto, de que existem sistemas adaptativos complexos que, segundo Gell-Mann, são sistemas que aprendem e evoluem lançando mão de informações adquiridas a partir de sua interação com o meio ambiente. Esses sistemas proliferam no mundo real, podendo envolver uma criança aprendendo a língua ou a evolução biológica resultante da interação com o ambiente, como ocorre com as bactérias que desenvolvem resistência a antibióticos. A ciência relacionada a esses fenômenos ainda está longe de ser compreendida, mas acreditamos que a chave para a adaptação ao meio ambiente e o correspondente aprendizado reside na neurociência, e mais especificamente na rede neural.

Somente com a intenção de proporcionar meios para uma avaliação da complexidade, associada a essa área do conhecimento científico, apontamos alguns temas de estudo que integram o conhecimento referente à Teoria da Complexidade: vida artificial, replicação genética, fractais, sistemas caóticos, sistemas dinâmicos complexos, sistemas adaptativos, criticalidade auto-organizada, autômatos celulares, redes neurais e o

cérebro, redes neurais e sistemas complexos, evolução de sistemas complexos (visão física, visão biológica, visão computacional e, finalmente, visão humana). Esses assuntos científicos ainda estão em fase evolutiva e não são totalmente dominados pelo homem.

Se examinarmos cuidadosamente a ciência e a engenharia, vamos constatar esta zona de fronteira em muitas escalas, disciplinas e lugares os mais inesperados. Um notório exemplo consiste na bem-comportada camada limite, inserida entre o caótico escoamento turbulento do ar e a superfície sólida pertencente ao objeto em voo aerodinâmico.

Aplicação aos fenômenos complexos militares

A complexidade militar corresponde à multiplicidade, ao acoplamento e à interação contínua da infinidade de sistemas e fenômenos que participam de combate entre adversários humanos.

A guerra é, na realidade, “um fenômeno extremamente complexo, resultando de diferentes influências: filosóficas, políticas, econômicas, tecnológicas, legais, sociológicas e psicológicas. Em todas essas esferas, o homem é o principal ator porque a guerra é relacionada a expectativas humanas e determinada por comportamento humano” (Amarante, 1994).

O Almirante Cebrowski (2000) (Comandante do Departamento de Transformação da Força do US DoD) classificou a Guerra Centrada em Redes como uma teoria emergente baseada em conceitos de complexidade, linearidade e caos. Ela é mais emergente e menos determinística; ela tem maior foco no plano comportamental do que no plano físico; e tem maior foco no relacionamento humano do que em coisas materiais.

O combate é, por sua natureza, uma atividade complexa. Mofat (2002) assevera que em algumas tentativas de representar a função processamento, das funções tecnológicas do combate, constataram que inevitavelmente levaram a modelos extremamente complexos.

Avanços realizados na Teoria da Complexidade (FORDER, 2000) indicam outra maneira de realizar tais estudos. A essência é encontrar uma forma de manter baixo o número de unidades em interação. Na realidade, acontece que se escolhermos um número suficientemente baixo, a representação do processamento (C2) será suficiente para controlar, de forma aceitável, o modelo de combate proposto, dentro do domínio da Teoria da Complexidade.

As Funções Tecnológicas do Combate (Amarante, 2012) oferecem uma ferramenta apta a estabelecer um mecanismo de acoplamento da estrutura tecnológica da unidade militar com a operacional, e vice-versa.

4.4 COGNIÇÃO

É o ato ou processo de conhecer, incluindo a

atenção, a percepção, a memória, o raciocínio, o juízo, a imaginação, o pensamento, e o discurso. A partir da década de 1950, estabeleceu-se uma convergência entre os conceitos computacionais e as funcionalidades do cérebro humano, tais como: armazenamento, reparação, memorização, e codificação de informação. Outra convergência é observada entre a cognição e a inteligência artificial: as tarefas cognitivas, quais sejam, o conhecimento, a aprendizagem, a explicação, a resolução de problemas, e o planejamento. As funções ativadas pelo campo da inteligência artificial³ provocam a elucidação, a representação, o processamento e a organização do conhecimento.

Bordogna acredita que a humanidade se encontra no limiar de uma revolução cognitiva, responsável pela minimização da revolução da informação. Essas conquistas irão deitar as fundações para a ereção de áreas de real importância, desde a alfabetização de crianças até a compreensão de processos de aprendizados; da produção de computadores assemelhados ao ser humano e robôs capazes de projetar redes e sistemas capazes de cognição.

4.5 HOLISMO

Segundo Humberto Mariotti, reducionismo é o ponto de vista clássico, consolidado por Descartes, que divide o todo em partes e as estuda em separado. De acordo com Edgar Morin, é a visão analítica e compartimentada, mecânica e reducionista, que fraciona os problemas e unidimensionaliza o multidimensional.

Por “holismo”, Humberto Mariotti⁴ compreende o ponto de vista oposto, que se opõe à abordagem cartesiana e estuda o todo sem dividi-lo, ou seja, examina-o de modo sistêmico. O pensamento sistêmico é uma concepção basicamente “holística”, apresentada em 1940 por Ludwig von Bertalanffy.

Por pensamento complexo, entendemos aquele resultante da visão sintética e integral, destituída da inteligência compartimentada, e dando lugar a uma inteligência integrativa e de longo prazo. Tratando-se de pensamento complexo, concordamos com o posicionamento de Morin, ou seja, o que ele nomeia de “complexo”, Humberto Maturama chama de “sistêmico”.

Morin sustenta que estamos seduzidos pela visão reducionista de partes isoladas e separadas do todo, mas, continua Morin, quando entramos em contato com a visão sistêmica, o ofuscamento reducionista cede espaço para o deslumbramento “holístico”, que só enxerga o todo. Saltamos de um extremo para outro.

Com efeito, a mente da nossa cultura está profundamente condicionada a pensar assim. É o que chamamos de formatação pelo pensamento linear. O ponto de vista moriniano, o pensamento complexo, constitui outra forma de abordar a totalidade. De um modo geral, sua proposta é a complementaridade e a transacionalidade

³ http://www.citi.pt/educacao_final/trab_final_inteligencia_artificial/cognicao.html

⁴ http://www.uesc.br/cpa/artigos/reducionismo_holismo.pdf

entre as concepções linear (reducionista) e “holística” (sistêmica). Nas palavras de Morin, seu propósito “não é dissolver o ser, a existência e a vida no sistema, mas compreender o ser, a existência e a vida com a ajuda também do sistema”.

4.6 A CIÊNCIA DO AMANHÃ

Proceder a uma avaliação prospectiva tanto da ciência quanto da tecnologia é uma tentativa complicada. Entretanto, o momento especial que estamos vivenciando nos leva a focalizar alguns pontos que poderão ser úteis para a nossa compreensão, quando chegar a próxima revolução civilizatória – a nona.

Com a Revolução Científica ocorrida no século XVII, o homem dedicou-se no século seguinte, o XVIII, a sistematizar o conhecimento científico, mediante a aplicação do método aos fenômenos naturais focalizados naquela época.

O século XIX marcou a estruturação do conhecimento científico. O homem criou três grupos da ciência moderna: as Ciências Exatas, as Ciências Biológicas e as Ciências Humanas. Cada grupo é subdividido em ramos: as Ciências Exatas subdividem-se em física, química, matemática, ciências da terra, entre outras; as Ciências Biológicas subdividem-se em medicina, fisiologia, botânica, entre outras, e as Ciências Humanas, em antropologia, economia, educação, história, entre outras. Essa estruturação resulta de um processo analítico. Os avanços no conhecimento foram tão significativos que, no final do século, os cientistas regozijavam-se pela resolução ou compreensão científica dos fenômenos perceptíveis da natureza.

Porém, as primeiras décadas do século XX demonstraram que a ampliação do conhecimento científico ocorre ininterruptamente. O principal exemplo foi a Teoria da Relatividade, de Einstein, a qual demonstrou que o genial Newton havia percebido tão-somente um caso particular da mecânica, envolvendo fenômenos relacionados a pequenos campos gravitacionais. Nesse século, os avanços do conhecimento científico relacionaram-se com os seguintes fatores: a engenharia genética, as sondas espaciais, a nanotecnologia, a teoria do Big-Bang, os computadores avançados, a microeletrônica, as energias nucleares de fissão e de fusão, a robótica, a realidade virtual e a supercondutividade. Essa imensa quantidade de conhecimento demonstrou que o século XX constituiu-se na fase da ampliação científica. Além disso, a ciência foi submetida a um processo inicial de síntese. Os ramos das ciências começaram a se acoplar, gerando ramos mais encorpados com conhecimentos dentro de cada grupo ou entre ramos de grupos diferentes, como por exemplo: a geografia econômica, a físico-química, a bioengenharia...

Tudo indica que o século XXI continuará a ser o palco das explorações do Universo, das profundezas abissais dos oceanos e do mundo interior dos seres vivos a partir dos mapas genômicos e das células-tronco.

A nanotecnologia deverá continuar seu importante progresso, trazendo avanços na medicina e na biologia, como um todo. O século XXI, pela consolidação do conhecimento científico, pode ser considerado o “século do conhecimento”. Como tal, a ciência poderá vir a explicar bens intangíveis da humanidade, como a arte, a religião e a cultura. O pensamento humano também poderá ser explorado de forma científica, já que no século XX ele ensaiou seus primeiros passos. Além disso, a ciência continuará a experimentar o processo de síntese. Poderemos assistir à unificação da física e ao tratamento científico de fenômenos multidisciplinares biológicos com a físico-química, fenômenos cardiovasculares com a bioengenharia, fenômenos psicológicos com redes neurais e outros.

4.7 NEUROCIÊNCIA

O que é o cérebro?

Apoiando a concepção de Galileu, Descartes estabeleceu que o cérebro era composto por duas partes: mente e matéria. A matéria era relacionada à substância física e dotada de extensão. A mente era responsável pelo pensamento, portanto, não tinha extensão. Em suma, Galileu e Descartes faziam distinção entre a operação física do cérebro e o processo cognitivo.

Em 1791, Galvani demonstrou que nas células do cérebro transitava a eletricidade. Essa constatação provocou uma corrida investigativa ao estudo do cérebro, sem, entretanto, grandes avanços. Em 1870, Golgi descobriu que o sistema nervoso central era integrado por milhões de neurônios. Além disso, estabeleceu que a informação, colhida pelos nervos sensoriais, era remetida ao cérebro para processamento e que os neurônios, após o processamento, comandavam os nervos motores. Essa descoberta foi a base científica da automação.

No início do século XX, Adrian, Gasser e Enrianger descobriram que a descarga de impulsos elétricos nos neurônios causava a liberação de substâncias químicas, cujas funções eram o envio de mensagens a outros neurônios, estabelecendo um processo contínuo de pensamento ou de ação reativa irrefletida. Eles conseguiram estimar que, após uma descarga, os neurônios levavam em torno de um milésimo do segundo para recarregar.

Recentemente, a separação mente-matéria passou a ser contestada ao se verificar que muitos comportamentos associados à mente eram, ao menos em parte, determinados pela bioquímica. Hoje, os pesquisadores começam a desprezar a separação mente-matéria, acreditando que a própria consciência pode emergir como um subproduto dos complexos processos realizados pelo cérebro humano.

Funcionamento do cérebro

Tais contribuições científicas estabeleceram o caminho para a moderna neurociência, responsável pela enorme quantidade de informação sobre as funções

cerebrais. O cérebro humano é, muito provavelmente, o órgão mais complexo do corpo. Ele é responsável tanto pela condução das mãos de um exímio cirurgião ou de um pintor magnífico quanto pelo controle de funções básicas do organismo, reflexivas ou espontâneas. É o produto mais elaborado do processo evolutivo do homem na superfície terrestre. Há cerca de 300 mil anos, o *Homo erectus*, nosso ancestral, tinha um cérebro que pesava 500 gramas, cerca de um terço do peso atual de um quilo e meio.

A peça fundamental do cérebro é o neurônio. O sistema neural central é composto por bilhões de neurônios, que são células diferenciadas capazes de receber ou enviar sinais, estabelecendo comunicação com a célula vizinha mediante descargas elétricas, em um processo chamado de sinapse. Cada neurônio estabelece conexão com dezenas de milhares de outros neurônios. Essas conexões não são do tipo liga-desliga, elas variam de intensidade estabelecendo uma qualidade na transmissão. Assim, os neurônios são conectados em complexas redes neurais, as quais compõem o cérebro. Essas redes funcionam processando sinais elétricos responsáveis pela atividade cerebral.

É nesse desempenho cooperativo simultâneo de milhões de neurônios que reside a enorme sofisticação e a incrível capacidade computacional do cérebro, em comparação com os computadores atuais. A diferença de desempenho entre o cérebro e o computador não reside na escala temporal, uma vez que o tempo de recarga do neurônio é de um milésimo do segundo, muito maior do que o tempo de processamento do computador que é da ordem de cem milionésimos do segundo. A diferença está no número de processadores e na qualidade da descarga neural. No cérebro, milhões de neurônios são ativados, transmitindo e recebendo informações mediante descargas elétricas de intensidade variável, o que estabelece uma qualidade na condução. No computador, o número de processadores é muito menor e as conexões são meramente do tipo liga-desliga. Nesse aspecto reside a superioridade computacional do cérebro

O grande desafio tecnológico do século XXI não é apenas criar um sistema de redes neurais que emule o sistema central neural. De fato, a dificuldade maior estará na construção de um neurônio “artificial”, capaz de ser sensível, assim como o neurônio natural, aos inputs de maneira a responder com descargas elétricas variáveis criando infinitas possibilidades.

A inteligência e a personalidade humanas

O homem nasce com um estoque de neurônios estabelecido geneticamente por seus pais. A parte hereditária da inteligência e da personalidade está fixada no nascimento. Esse estoque de neurônios é uma condição inicial do funcionamento da máquina cerebral.

As conexões entre os neurônios da criança recém-nascida serão estabelecidas somente no “processo de aprendizagem”, realizado por estímulos externos

vindos sob a forma de correntes elétricas, originadas nas células de sensoriamento, que estimulam os neurônios a funcionar para responder aos impulsos nervosos. A resposta cerebral, resultante do processamento dos sinais sensorizados, poderá ser a mais variada possível, envolvendo recordação por memória, reconhecimento de padrão, simples tomada de decisão e atitude raivosa ou a combinação desses procedimentos.

A própria complexidade das redes neurais oferece uma formidável barreira ao entendimento da forma pela qual a aprendizagem gera a inteligência e a personalidade. Até hoje, não se conhece em detalhes como os disparos individuais dos neurônios contribuem para a inteligência e a personalidade, ou seja, para a qualidade das características conscientes e inconscientes do indivíduo: memória, reconhecimento de padrões, raciocínio lógico, retidão de caráter, emoção e consciência.

Até uma determinada extensão, as sinapses estão continuamente se restabelecendo em função das experiências vividas pelo cérebro. A propósito, diferentemente do computador, a máquina cerebral não se desliga, estando pronta a funcionar durante o sono, com os sonhos. Além do aspecto da continuidade de funcionamento, com alguns períodos de dormência, o funcionamento global do cérebro é fortemente influenciado por reações bioquímicas.

Algumas substâncias e seus reflexos são conhecidos. A serotonina é reguladora da agressividade. A dopamina reduz a atividade do lóbulo central e está associada ao mal de Parkinson. A endorfina produz sensações de dor e prazer. Cresce a convicção dos cientistas de que a bioquímica determina certos traços da personalidade, abrindo a possibilidade de a humanidade vir a ser uma sociedade “quimicamente evoluída”, com todas as profundas implicações resultantes.

A inteligência e a personalidade, caracterizadas pela forma de como responder aos estímulos neurológicos, são determinadas parcialmente pela genética e por nossas experiências. Dessa forma, uma infância com variados e intensos estímulos irá, necessariamente, moldar os neurônios de forma positiva, criando as condições favoráveis para o funcionamento do cérebro e as condições de expressão da personalidade.

Por outro lado, certas características de inteligência e de personalidade situam-se em setores cerebrais bem definidos e em neurônios geograficamente localizados. Como exemplos, podemos assinalar que o cérebro esquerdo é ligado ao pensamento e à solução de problemas, enquanto o cérebro direito é melhor para o reconhecimento facial e a coordenação motora.

Inteligência artificial e redes neurais

O cérebro é, pois, um sistema incrivelmente complicado com habilidades muito sofisticadas. Compreendê-lo pode conduzir-nos à construção de máquinas inteligentes.

A rede neural é a mais avançada tentativa do

homem em criar a inteligência artificial. A rede neural artificial é integrada por computadores modelados de acordo com a descrição biológica do cérebro, que possui dezenas a centenas de nós com dezenas de milhares de conexões entre os nós. Estes são modelos simplificados dos neurônios. Além de serem rudimentares, as redes neurais atuais apresentam o inconveniente de demandarem um longo tempo de aprendizado.

A realidade é que estamos longe da correta emulação de uma rede neural natural. A topografia da rede é desconhecida e o modelo de funcionamento do neurônio está muito longe da realidade...

5 A PREPARAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS, DE PESQUISAS APLICADAS E PROJETOS

5.1 OS RECURSOS HUMANOS NA ERA DO CONHECIMENTO

Resumindo, a guerra do futuro deve ser o palco do embate entre sistemas de defesa, a tendência moderna dos meios de combate. Note-se que sistema é multidisciplinar e que a guerra cibernética é uma guerra entre sistemas.

Nessas condições, a guerra do futuro requer dois tipos de profissionais, o convencional especialista e o recém-criado generalista:

- o engenheiro militar que, como hoje, será formado com conhecimento disciplinar, analítico e cartesiano. É a formação realizada pelo IME nos dias de hoje.
- o engenheiro de defesa que será formado com conhecimento politécnico, multidisciplinar, holístico e sistêmico.

A maneira de trabalhar deverá ser com o engenheiro de defesa, dado que é generalista e possui a visão integrativa, coordenando o trabalho de diferentes especialistas, ou seja, de diversos engenheiros militares.

De princípio, o engenheiro militar fará os cursos convencionais de graduação e pós-graduação, ao passo que o engenheiro de defesa fará cursos de especialização e de pós-graduação.

A guerra e a defesa se desenrolam em alta velocidade, demandando modificações tanto na preparação de recursos humanos como na sistemática de funcionamento da Base Industrial de Defesa. Nesse cenário, os professores e pesquisadores do IME devem atuar na pesquisa aplicada e não na pesquisa básica. O tradicional esquema de pesquisa básica realizada na universidade – local estrutural onde se insere o IME – e pesquisa aplicada no centro de P&D tornou-se ultrapassada.

A modernização do IME passa pela nova atitude relacionada à pesquisa. O IME deverá passar a realizar o ensino e a pesquisa aplicada. A pesquisa básica deve ser realizada pelas universidades, enquanto a pesquisa aplicada, se atribuída ao IME – instituição de ensino superior e setorial – torna mais imediata a resposta técnica

e mais eficiente o funcionamento da Base Industrial de Defesa brasileira. O mundo contemporâneo demanda velocidade de desenvolvimento e produção.

Com essa nova disposição de trabalho torna-se necessário algumas expansões para colocar o IME ao “pé da obra”. Senão vejamos.

Os meios militares modernos adotam características automatizadas e sistêmicas. A demanda por inovação recomenda que os fenômenos físicos sejam tratados como multi e interdisciplinares e vistos de maneira holística.

A melhor e mais direta forma de atender a essa nova demanda é tornar o IME em instituição “multifacetada”, dispondo de diversos campi. Cada campus deveria ter um funcional específico. Vejamos as especificidades que conduzem ao caráter multifacetado.

- “Campus 1”: na Praia Vermelha, Instituto de Graduação e Pós-Graduação de Engenheiros Militares e de Defesa. A edificação da Praia Vermelha é única. Durante cerca de 70 anos, ela foi se ajustando com laboratórios específicos às demandas das Graduações e das Pós-Graduações, contando com cerca de 40 laboratórios. A transferência desses laboratórios seria cara e poderia ensejar em perda de desempenho técnico, dado que os seus funcionamentos ideais são para trabalhos interiores.

- “Campus 2”: em Guaratiba, Academia Militar de Guaratiba, para formação de Oficiais Engenheiros Militares e de Defesa. Por sua vez, o pólo de Guaratiba é pródigo em terrenos baldios, ideais para instruções exteriores, constituindo-se em local ideal para instrução militar e avaliações operacionais e técnicas. Atualmente, os laboratórios existentes em Guaratiba são do CTEx. A desativação da infraestrutura laboratorial da Praia Vermelha e a construção de 40 novos laboratórios provavelmente deverá ser cara.

- “Campus 3”: em Manaus, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Amazônicas. A seleção da região Amazônica para o tema do Projeto Institucional do IME deve-se ao fato de ser uma área estratégica e extremamente sensível para o País. Ainda mais, porque qualquer tipo de atividade na área científico-tecnológica da Região Amazônica é de mais fácil tratamento pela presença da Força Terrestre na área. Outra universidade teria grandes dificuldades de implantar e manter um sistema de pesquisa pela peculiaridade e característica da região, cuja impedância maior é a dificuldade logística que a selva propicia.

Aliás, é no mínimo intrigante, mas a antiga Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho foi antecedida por Aulas de Engenharia e por Aulas de Artilharia, distribuídas no território brasileiro, nas seguintes cidades: Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Belém. O curioso é que essas aulas funcionavam como verdadeiros “campi” de uma escola de engenharia. Hoje, vivemos uma situação semelhante. Na verdade, adotando essa estratégia de multifacetamento, a resposta tecnológica do IME crescerá e passará a ser significativa.

Consideremos um aspecto psicológico relevante. Um meio de analisar a efetividade do funcionamento de uma unidade militar é empregar a análise da cooperação técnico-operacional. Uma avaliação preliminar sinaliza que uma unidade ambiente cooperativo obtém melhores resultados em confrontos. Por essa razão, é altamente recomendável a adoção de políticas de pessoal que conduzam ao saudável relacionamento entre os segmentos técnico e operacional da força armada. Tal atitude redundaria em ambiente cooperativo e, por via de consequência, em desempenho profissional mais eficaz e efetivo.

5.2 GUERREIROS TÉCNICOS SÃO NECESSÁRIOS?⁵

Na atual conjuntura da Idade da Tecnologia, a defesa recebe influências diretas da Ciência e Tecnologia e indiretas das ações políticas, econômicas e psicossociais. Assim, cabe o questionamento de como a C&T causará impacto no desempenho operacional das forças armadas no decorrer do século que acabamos de adentrar. Com o apoio da inovação, a C&T produz a melhor tecnologia militar que lhe é dada realizar, colocando o país no ranking: desenvolvido, emergente ou em desenvolvimento. A C&T proporciona os meios para modificar a posição.

De tudo o que foi exposto, pode-se considerar que o progresso vertiginoso da tecnologia militar aportará importantes repercussões na forma de desenrolar as guerras convencionais no futuro. Entretanto, podem-se enfatizar alguns impactos tecnológicos que irão produzir modificações no ambiente operacional:

- o sensoriamento mais eficiente irá proporcionar informações com níveis crescentes de qualidade;
- o aumento do alcance irá proporcionar o aprofundamento do combate;
- o guiamento e controle digital irão assegurar maior acurácia dos novos sistemas de armas;
- a evolução nas cabeças de guerra irá proporcionar maior efetividade no efeito terminal; e
- a evolução da telemática irá proporcionar dados para uma tomada de decisão melhor amparada e a comunicação mais efetiva.

Além das modificações assinaladas, é de se enfatizar a quarta dimensão, o espaço eletromagnético, varrendo o ciclo Sensoriamento-Processamento-Atuação; a ocorrência do campo de batalha não-linear, fragmentado, menos estruturado e com crescentes espaços vazios; e, evidentemente, uma doutrina adequada para o combate convencional do futuro.

No mundo moderno, a comunidade científico-tecnológica atua na trincheira da luta pelo conhecimento, principal fonte de poder das sociedades modernas. Essa comunidade participa da preparação dos meios para o combate moderno e necessita de interlocutores no meio militar.

Nesse cenário de tecnologia avançada, ressalta

o valor do soldado profissional, dado que a complexidade crescente dos novos materiais de emprego militar irá demandar operadores com consideráveis habilidades técnicas. Em consequência, o treinamento militar tende a ser cada vez mais caro, envolvendo profissionais com elevado nível educacional.

Entretanto, além de combatentes com consideráveis habilidades técnicas, o combate moderno demanda **guerreiros técnicos** – competentes oficiais engenheiros militares, que tenham credibilidade tanto junto aos combatentes quanto perante à comunidade científico-tecnológica integrante da Base Industrial de Defesa brasileira.

São várias as razões que sustentam a necessidade moderna de **guerreiros técnicos**:

1. *as Forças Armadas precisam de guerreiros técnicos para atuar na Logística e na C&T com conhecimento técnico-operacional.*

O **guerreiro técnico** tem conhecimento que facilita o trânsito junto à indústria, aos institutos de pesquisa e desenvolvimento e ao meio acadêmico. O técnico civil e o oficial combatente não cumprem adequadamente esse papel, pois a presença da farda e o conhecimento técnico simultâneo é que faz a diferença. O guerreiro técnico se torna um facilitador técnico que pode se mover facilmente entre dois mundos – o operacional e o da comunidade científico-tecnológica.

2. *as Forças Armadas precisam de guerreiros técnicos para melhorar a visão tático-estratégica da guerra moderna.*

O combatente precisa reagir às ameaças de curto prazo que podem requerer soluções técnicas rápidas. **Guerreiros técnicos** com conhecimento operacional podem ajudar seja por causa de seu conhecimento direto, seja por terem acesso à tecnologia apropriada.

3. *os combatentes precisam dos guerreiros técnicos para que estes sejam a extensão deles próprios.*

Os **guerreiros técnicos** são necessários para promover a integração através das etapas dos estágios de desenvolvimento de armas, da bancada laboratorial à planta industrial e ao campo operacional. Tendo um **guerreiro técnico** neste papel, o combatente trabalha com um colega de confiança, “alguém que tenha acesso ao clima rápido e perigoso do campo de combate, bem como ao esotérico laboratório de pesquisa”. A questão principal é que os **guerreiros técnicos** terão em mente o melhor interesse dos combatentes, porque eles próprios serão combatentes.

O grande ensinamento operacional extraído da análise da primeira guerra da Idade Tecnológica (a primeira guerra do Golfo, em 1991) é que a gestão efetiva do complexo militar – industrial das forças aliadas foi o fator determinante da vitória. Em consequência, pode-se inferir que, para a atualização tecnológica de um exército, é fundamental o trabalho conjunto e harmônico do binômio combatente-engenheiro.

Finalmente, no mundo de hoje, em que a

⁵ Extraído de artigo de mesmo título publicado na Revista do Clube Militar

Tecnologia Militar experimenta exponencial evolução, o emprego do **guerreiro técnico** em atividades bélicas se constitui em nova demanda operacional para dar às Forças Armadas a capacidade de desempenhar qualquer missão, enfrentar qualquer contingência, atuar em qualquer campo de combate e vencer qualquer guerra. Apenas assim, estará sendo alcançada a principal meta da C&T de defesa: ganhar a guerra.

6 INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA: O DESAFIO DE ADAPTAÇÃO PARA EXERCER O PODER DO CONHECIMENTO

O Instituto Militar de Engenharia assume um papel especial no início do século XXI. Ele se transforma na principal trincheira da luta pelo conhecimento, principal fonte de poder das sociedades modernas. Para cumprir tal função, ele precisa conhecer o cenário das mudanças aceleradas e precisa modificar o seu projeto pedagógico. Vejamos algumas razões que fundamentam as mudanças que devem ocorrer na escola:

1. Dado que a informação trafega em tempo real, tornam-se cada vez mais elevadas as qualificações exigidas para os postos de trabalho em quaisquer dos setores de produção, fato que coloca uma grande e contínua pressão sobre as necessidades educacionais das populações. Com as constantes mudanças tecnológicas, os indivíduos que não as acompanham, ficarão prematuramente inabilitados para o trabalho. Isso gera a seguinte dicotomia, ou a universidade proporciona capacidade para o exercício do aperfeiçoamento continuado ou ocorre o nefasto “analfabetismo tecnológico”. Os analfabetos tecnológicos não retornarão ou ingressarão adequadamente no mercado de trabalho nem que a economia cresça e expanda os empregos (LONGO, 2000).

2. É preciso ter presente que no mundo em que vivemos hoje, todos os cidadãos necessitam conhecimentos básicos de ciência, das tecnologias mais usadas, de matemática e informática, continuamente atualizados. Esta é uma exigência não só para o mercado de trabalho, mas, antes de tudo, para que o cidadão não seja um alienado, um ignorante diante dos bens e serviços utilizados no seu dia a dia.

3. Atualmente, a inteligência acadêmica começa a ser mobilizada pelos governos para atuar em assuntos estratégicos, muitos dos quais ligados à defesa.

4. As forças armadas do futuro irão necessitar crescentemente de Ciência e Tecnologia. Por isso, a universidade deve contribuir efetivamente para a formação de quadros militares. Note-se que cerca de 80% dos oficiais norte-americanos têm o nível de mestrado.

5. A universidade atua fortemente no campo psicossocial, como entidade formadora de opinião. Em consequência, sua responsabilidade social cresce mais ainda.

6. Deve existir um relacionamento salutar entre

a comunidade científica, econômica e a militar, pois as três desempenham papéis estratégicos na estruturação do poder na sociedade moderna.

Vejamos agora algumas estratégias recomendáveis para a concretização da modernização universitária, e em particular da escola de engenharia, respeitando-se sempre as características e valores de cada universidade e, principalmente, sua identidade:

- implantar um modelo pedagógico de ensino que enfatize a formação intelectual, desenvolvendo a capacidade crítica, a autonomia, a criatividade, o raciocínio lógico, a ética e a liderança;

- realizar a modernização curricular;

- propiciar ao corpo docente meios de realizar a modernização do ensino, assegurando o acesso a novas práticas pedagógicas;

- estimular a capacidade de autodesenvolvimento do educando, tornando-o apto para se adaptar com facilidade à introdução de novos cenários tecnológicos;

- fomentar a formação humanística, com sensibilidade para as interrelações de sua atividade profissional com a sociedade e o meio ambiente;

- criar centros de pesquisa interdisciplinares;

- promover, sempre que possível, a integração de atividades interdepartamentais;

- incentivar o trabalho em equipe no ensino e na pesquisa;
- criar laboratórios multidisciplinares sobre campos de pesquisa modernos;

- criar condições para a realização do ensino a distância, uma importante arma para exercer o poder do conhecimento;

- criar condições para evoluir no lidar com a ciência, passando de uma visão reducionista e cartesiana para uma visão global e holística;

- mudar o paradigma do ensino fundamental, nas formações profissionais relacionadas com as áreas de ciências exatas e biomédicas, de estudo de ciências para estudo de ciências e tecnologia;

- participar em programas “sanduíche” em cursos de graduação e de pós-graduação, outra importante arma para exercer o poder do conhecimento;

- atuar ativamente no processo universidade-empresa, para catalisar o desenvolvimento tecnológico e exercer influência em importante ator econômico;

- realizar a pesquisa cooperativa, que se caracteriza pela definição de uma área temática a ser explorada ou de um projeto específico visando a produzir uma inovação ou a resolver um problema tecnológico, executado de forma coletiva, reunindo instituições de pesquisa e empresas.

Com essas medidas, a tendência é a escola de engenharia funcionar com a integração do conhecimento em produtos e processos multi e interdisciplinares. Como sinalizo no livro “O Voo da Humanidade”, percebe-se que as revoluções socioculturais, causadas pelas tecnologias de impacto, são estruturais, ao passo que, as revoluções ainda por vir deverão ser integrativas e conformantes.

É imperativa a transformação da universidade,

no caso particular da escola de engenharia. O conhecimento passa a acumular informações nos bancos de dados guardados em computadores. A universidade está perdendo o controle sobre o ensino superior porque a Internet vem, inexoravelmente, tornando-se a infraestrutura dominante do conhecimento. Precisamos descartar o ultrapassado e imprestável modelo pedagógico industrial e adotar um modelo pedagógico reflexivo, que valorize a aprendizagem colaborativa. Precisamos descartar a sala de aula massificada conduzida por um professor pretensamente omnisciente, substituindo-a por uma sala de aula seletiva e participativa, orquestrada por um competente professor orientador.

7 CONCLUSÃO

Os estudos sobre o futuro apontam para características operacionais que estarão presentes nos combates do porvir: velocidades de computação elevadíssimas (teravelocidades), meios ocupando espaços mínimos (nanodimensão), os equipamentos serão complexos, cognitivos e holísticos. Essas características sinalizam a direção do desenvolvimento tecnológico e operacional. Joseph Bordogna, da US National Science Foundation, defende que “a Ciência e a Tecnologia são forças transformadoras. Por essa razão, por esses campos emergentes, territórios imprevisíveis, irão mudar e expandir as nossas capacidades como engenheiros e inovadores”.

É bem provável que os engenheiros tenham que desenvolver alguns predicados tais como ser: fabricante astuto, inovador confiável, agente de mudança, mestre da integração, viabilizador de empresas, um gerente de projetos tecnológicos e um domador do conhecimento. Eles irão precisar bem mais do que habilidades científicas e técnicas. Além dessas, os engenheiros irão necessitar lidar com sistemas complexos, coordenando o emprego de imensas quantidades de tempo, dinheiro, pessoal, conhecimento e tecnologia para um destino comum.

Todos os progressos nessas áreas – tera, nano, complexidade, cognição, holismo, ciência do futuro e neurociência – irão estabelecer a capacidade para um campo de projeto integrado muito além do que é imaginável com a tecnologia atual.

As teravelocidades são tão elevadas que não temos a mínima idéia do seu valor. Basta tentar imaginar a velocidade de um quatrilhão de cálculos por segundo. Na verdade, ninguém talvez tenha a mínima idéia do que seja um instante tão fugaz quanto esse.

Hoje vivemos a chamada Revolução Tecnológica que alimenta os fenômenos globalizantes, atuando dentro de um mundo incerto e ambíguo dominado por sociedades que privilegiam a terceira esfera do poder - o conhecimento.

Este passa a ser avidamente procurado, não somente para o seu próprio crescimento ou a pura satisfação intelectual, mas sim com vistas ao

alargamento econômico e militar. Na atualidade, o conhecimento tecnológico proporciona o acesso a bens e serviços, que proporcionam a fortaleza econômica e o poderio militar. Hoje, a vontade das nações, instituições ou indivíduos é imposta a outras nações, instituições ou indivíduos preferencialmente pelo poder do conhecimento. Se não for suficiente, emprega-se o poder econômico. A força militar se constitui como sempre na “ultima ratio”. Em suma, o conhecimento é hoje o passaporte para a soberania.

A procura do conhecimento tem sido voraz. A ciência tem alargado os horizontes da tecnologia e o avanço tecnológico tem proporcionado novos meios e equipamentos para a expansão do conhecimento científico. Como consequência deste processo, a ciência tem se subdividido em ramos especializados tornando cada vez mais difícil a visão do conjunto. Estamos na fase analítica do acesso ao conhecimento. Existe a necessidade urgente de se entrar na fase sintética, para que a sociedade possa dar novos saltos evolutivos.

Neste início de século, a universidade assume uma posição de liderança na sociedade moderna, garantindo a sobrevivência da raça humana na superfície da Terra e atuando como agente conformador das relações entre grupos de indivíduos.

Atualmente, a universidade lida com conhecimento científico mais do que com o conhecimento tecnológico e realiza a transferência do conhecimento científico e do conhecimento tecnológico de uso irrestrito (o de uso restrito é manipulado por institutos de pesquisa e por empresas).

Depois de tudo o que foi exposto, pode-se concluir que o século XXI verá a universidade ampliar o seu papel social de:

- agente de transferência do conhecimento; e
- agente gerador e ampliador do conhecimento.

Ela passa a desempenhar também o papel de agente aplicador do poder do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALVES, O.L. Nanotecnologia e Desenvolvimento. **Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2005. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_35_1_nanotecnologia_desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 12 abr 2012.

AMARANTE, J.C.A.. As Funções Tecnológicas de Combate em Guerras do Passado, do Presente e do Futuro. In: SILVA FILHO, Edison Benedito da (org.). **Defesa Nacional para o Século XXI**. Rio de Janeiro: IPEA, 2012.

AMARANTE, J.C.A.. A Tecnologia Militar – Repercussões da Guerra do Golfo. **A Defesa Nacional**, Rio de Janeiro, n. 755, jan/mar 1992.

_____. **O voo da humanidade e as 101 tecnologias que mudaram a face da terra**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2009.

_____. The Automated Battle: A Feasible Dream?. **Military Review**, USA, v. 74, may 1994.

BERTALANFFY, L. Von. **A Teoria Geral dos Sistemas**. Rio de Janeiro : Vozes, 2008.

BORDOGNA, J. The 21st Century Engineer. **IEEE Search Spectrum**, Pennsylvania, v. 38, n. 1, jan. 2001.

CEBROWSKI, A. Network Centric Warfare and Information Superiority Keynote address from proceedings, Royal United Services Institute and Information Superiority”, Keynote address from proceedings, **Royal United Services Institute (RUSI) conference C41STAR Achieving Information Superiority**. London, UK, jul. 2000.

CLARKE, Richards A.. **Cyber War: The Next Threat To National Security And What To do About It**. USA: Harper Collins, 2010.

ESTUDO sobre a inteligência artificial: cognição. [s.l] : s.n, [1900-2000?]. Disponível em: <http://www.citi.pt/educacao_final/trab_final_inteligencia_artificial/cognicao.html> Acesso em: 14 abr 2012.

FORDER, R. **The Future of Defence Science**. V. 5, n. 2, p. 215-226, 2000.

GALLAGHER, M. Especialistas temem guerra cibernética no futuro. **BBC**, London, abr. 2012. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/04/120430_cyberguerra_futuro_fn.shtml>. Acesso em: 11 abr 2012.

GUERREIROS técnicos são necessários? **Revista do Clube Militar**, [1900-2000?].

MARIOTTI, Humberto. Complexidade e Pensamento Complexo: Breve Introdução e Desafios Atuais. **Revista Portuguesa de Clínica Geral**, n. 23, p. 727-731, 2007. Disponível em: <<http://www.geocities.com/pluriversu/portugal.html>> Acesso em: 14 abr 2012.

_____. **Reduccionismo, “holismo” e pensamentos sistêmico e complexo**. São Paulo : [s.n], [1900-2000?]. Disponível em: <http://www.uesc.br/cpa/artigos/reduccionismo_holismo.pdf> Acesso em: 10 abr 2012.

MOFAT, J. **Complexity Theory and Network Centric Warfare**. London, UK : The Stationery Office, 2002.

PELLANDA, P.C. **A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2008.

SIQUEIRA, Ethevaldo. Um quatrilhão de cálculos por segundo. **Política e tecnologia no mundo digital**, jul. 2010. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/ethevaldo-siqueira/2010/07/08/um-quatrilhao-de-calculos-por-segundo/>> Acesso em: 13 abr 2012.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **The implementation of network-centric warfare**. Washington, D.C.: [s.n], 2005. Disponível em: <http://www.oft.osd.mil/library/library_files/document_387_NCW_Book_LowRes.pdf>. Acesso em: 10 abr 2012.

WOLDROP, M. **Complexidade: a ciência emergente no limiar da ordem e do caos**. USA : Simon and Schuster, 1993.

Recebido em 16 de julho de 2013
Aprovado em 04 de setembro de 2013