

# REFLEXÕES DE UM ENGENHEIRO SOBRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Waldimir Pirró e Longo<sup>a</sup>

## RESUMO

O presente texto expõe reflexões sobre a atual dinâmica da evolução tecnológica e seus impactos sociais, com ênfase naqueles que dizem respeito não somente às necessidades educacionais dos engenheiros, mas de todos cidadãos. Para tanto, são apresentados alguns aspectos de recentes desenvolvimentos tecnológicos e de suas consequências sobre os indivíduos e sobre a sociedade em geral. Em seguida, são, sinteticamente, expostas algumas tendências previstas na área educacional. O objetivo final colimado é contribuir para a discussão de qual escola seria apropriada para dar conta do cenário social atual e daquele que se vislumbra duas décadas adiante.

*Palavras-chave:* Educação. Ciência. Tecnologia. Escola. Sociedade. Futuro.

## ABSTRACT

The article contains reflections on the current dynamics of the evolution of technology and its social impacts, with an emphasis on those that are pertinent to not only the education of engineers but that of all citizens. For this purpose, certain aspects of recent developments in technology and the consequences on individuals and society in general are presented. Next, trends which are anticipated to take place in education are summarized. The overall goal of the article is to contribute to the discussion concerning which educational institution(s) would be appropriate to handle the current social scenario and that which is foreseen twenty years in the future.

*Key words:* Education. Science. Technology. School. Society. Future.

---

<sup>a</sup> Pesquisador do Núcleo de Estudos Estratégicos (NEST) da Universidade Federal Fluminense. Site: [www.waldimir.longo.nom.br](http://www.waldimir.longo.nom.br); E-mail: [wlongo@hotmail.com](mailto:wlongo@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

Em todas as civilizações, certos homens meditaram sistematicamente acerca do mundo e procuraram as causas de seus fenômenos na própria natureza, não na vontade humana ou sobre-humana. Em cada civilização, o estudo do universo seguia um caminho próprio, explicando os mesmos fenômenos de maneira diferente. (KNELLER, 1980). Ao mesmo tempo, acrescentando-se, outros homens dedicaram-se a criar e produzir utensílios e obras que aumentassem as suas habilidades e o seu conforto. Assim, sem saber, faziam o que hoje chamaríamos de ciência, tecnologia e inovação.

Na realidade, desde a Pré-História, os homens têm procurado entender o universo (ciência) e transformar o ambiente em que vivem valendo-se das disponibilidades materiais e dos fenômenos naturais que ocorrem na Terra (tecnologia), no sentido de atenderem aos seus desejos mais profundos, quase nunca explicitados, dentre os quais se destacam: viver mais, trabalhar menos e com menor esforço físico, não sofrer (principalmente não sentir sede, fome e dor), ter mais prazer (tempo disponível para o lazer), preservar a espécie e ter poder para impor a sua vontade diante de conflitos individuais ou coletivos (LONGO, 2003), além, evidentemente, da curiosidade e do temor ao desconhecido.

As transformações provocadas pelo homem eram, no início, extraordinariamente lentas se comparadas pelos parâmetros atuais, uma vez que a introdução de inovações capazes de modificar significativamente o *status quo* das sociedades ocorria raramente e, em muitos casos, espaçada de séculos. A difusão e, conseqüentemente, o uso das mesmas eram igualmente lentas, de tal maneira que, ao longo de uma vida, tudo parecia definitivo: hábitos, costumes, profissões, divisão do poder, etc.

Porém, gradativamente, e já ao longo da Idade Média e da chamada Idade Moderna até o início da Revolução Industrial, as mudanças sociais causadas pelas inovações começaram a se tornar mais frequentes e profundas. A partir da segunda metade do século XIX, as transformações produzidas pelo homem foram extraordinariamente aceleradas, como resultado da organização e sistematização do trabalho voltado para a geração e uso de conhecimentos científicos com o intuito de produzir tecnologias que resultassem em novos ou melhores produtos e serviços, que satisfizessem aos seus desejos cen-

trais e suas necessidades imediatas. Desde então, o conhecimento científico deixou de ser um bem puramente cultural para tornar-se insumo importante, senão o mais valioso, para a geração de inovações tecnológicas. (LONGO, 1989).

Resultante da busca e apropriação sistemática, e bem-sucedida, de conhecimentos científicos para a produção de inovações tecnológicas, estima-se que os conhecimentos científicos têm sido duplicados em períodos que variam de 10 a 15 anos. (PRICE, 1963). Evidentemente, tal desempenho tem se refletido numa aceleração das mudanças sociais sem precedente na história da humanidade, comandada pela frequente introdução de inovações em produtos e serviços que alteram a vida dos cidadãos, o funcionamento das instituições e das empresas e o desenvolvimento relativo dos países.

Os impactos das transformações tecnológicas decorrentes dessa dinâmica sobre a vida dos cidadãos e sobre as organizações sociais em geral podem ser deduzidos da experiência vivida por um cidadão brasileiro nascido na virada do século XIX para o século XX. Em 1906, morando numa casa em rua de terra, com luz de lampião, fogão a lenha e água de poço, um menino fica sabendo pelo seu pai que um compatriota, chamado Santos Dumont, havia, em Paris, acabado de voar num artefato mais pesado que o ar, o XIV Bis. Nessa ocasião a França era considerada uma potência mundial. Sessenta e três anos depois, ou seja, em 1969, esse mesmo cidadão, agora com setenta anos, morando numa casa com iluminação elétrica, dotada de ar condicionado, geladeira, telefone, fogão a gás, água encanada, assistiu, através de um aparelho de televisão, o astronauta norte-americano Armstrong descer na Lua. Nessa ocasião os EUA firmavam a sua posição de superpotência mundial, ancorados num sistema educacional primoroso e numa ampla hegemonia científica e tecnológica.

Certamente, se esse cidadão voltasse subitamente a viver hoje, espantar-se-ia com os computadores pessoais, com a internet, com o telefone celular, o CD, o DVD, o MP3, HDTV, HD DVD, *pen drives*, as filmadoras digitais, com os serviços remotos (banco, comércio eletrônico, informações, bilhetagem de ingressos e de passagens, etc.), com os robôs, com a automação industrial, a nanotecnologia, novos fármacos, DNA, clonagem, células tronco, terapia genética, etc., assim como com a derrocada da URSS e com a ascensão política, econômica e militar da China e da Índia.

Porém, certamente, uma instituição e suas práticas não lhe causariam o menor espanto: a escola. Na maioria delas, ele pouco veria de diferente do que havia sido no seu tempo. Os procedimentos de ensinar e aprender utilizados na educação formal via escola praticamente são os mesmos. Aparentemente, a partir da década de 1970, quando os aparelhos eletrônicos começaram a invadir nossas vidas, nos lares, nos escritórios, nas fábricas, nos hospitais, na diversão, etc., a sociedade em geral tomou um novo rumo, um novo paradigma tecnológico, que foi, na ocasião, ignorado pela escola.

Voltando ao acúmulo de conhecimentos ao longo do tempo, este continua resultando numa curva exponencial sem sinais de arrefecimento. A esse respeito, em 2000, a Hart-Rudman Presidential Commission do Congresso dos EUA (2000), baseada em opiniões de especialistas, afirmou que “os próximos dez anos trarão mais mudanças tecnológicas que o Século XX todo, e os governos serão incapazes de acompanhá-las”. E isso, aparentemente, vem ocorrendo.

Exemplo da dinâmica tecnológica atual tem sido a evolução dos microprocessadores eletrônicos. Gordon Moore, em 1964, quatro antes de fundar a Intel Corporation, fez uma previsão que viria a ser conhecida como a Lei de Moore. Na ocasião, ele sugeriu que a capacidade dos processadores seria duplicada a cada 18 meses, enquanto ao mesmo tempo o seu preço cairia 50% ao ano, relativamente à capacidade. A previsão mostrou-se precisa, fazendo com que se evoluísse de RAM de 16 kb, *hard drive* de 128 kb, velocidade de 2 mhz e custo de 5 mil US\$, em 1979, para RAM de 256 mb, *hard drive* 60 gb, velocidade de 1.600 mhz e custo de US\$ 9, em 2005. Caso persista tal evolução, ter-se-ão, em 2017 Ram de 1.048.576 mb, 245.760 gb, 3.107.000 mhz e custando US\$ 3! Moore acredita que essa dinâmica será ultrapassada pela nanotecnologia, pelo projeto tridimensional de *chips* e pela computação de base biológica. A previsão é de que a duplicação continuará por mais cinquenta anos. (JUKES; McCAIN). Quanto ao tamanho dos aparelhos resultantes, processadores para os mais diversos fins, inclusive educacionais, poderão estar embutidos em anéis, óculos, brincos, abotoaduras, em implantes no corpo, etc., conectados a redes globais de comunicações, informação e comandos remotos.

Diante dessa dinâmica, pode-se concluir que hoje grandes desafios enfrentados pelos países estão intimamente relacionados com as conti-

nuas e profundas transformações sociais ocasionadas pela velocidade com que têm sido gerados novos conhecimentos científicos e tecnológicos, sua rápida difusão e uso pelo setor produtivo e pela sociedade em geral. Pode-se afirmar que vivemos num mundo aceleradamente cambiante, cuja única certeza do amanhã é a incerteza.

## O “HIATO GERENCIAL”

Quanto à previsão da Comissão citada anteriormente a respeito da incapacidade de acompanhamento das mudanças por parte dos governos, entende-se que, na realidade, essa incapacidade atinge indivíduos, instituições, empresas e, em última instância, os governos. A razão é que a introdução de novas tecnologias, quase sempre, é uma decisão do setor produtivo, não discutida e não planejada pela sociedade. Às vezes, as alterações ambientais e comportamentais resultantes da introdução contínua de inovações tecnológicas são de tal magnitude e tão inesperadas que as instituições sociais em geral, entre as quais os governos nacionais, não têm conseguido acompanhá-las e adaptar-se, enfrentando, então, sérias crises de gerenciamento. (LONGO, 2007).

Estabelece-se um descompasso entre a nova realidade social resultante do avanço científico e tecnológico e a capacidade de adaptação dos cidadãos e de reação e reorganização dos grupos ou entidades sociais para o trato dessa nova realidade. É o que se tem chamado de “hiato gerencial”. (OLIVEIRA, 1986). Estão nesse caso, além dos governos nos seus diversos níveis, instituições, tais como partidos políticos, religiões, forças armadas, empresas e, particularmente, as escolas ou melhor dizendo, o sistema educacional. (LONGO, 1991). O “hiato” quando instalado, pode levar os indivíduos à obsolescência profissional e ao desajuste social; as empresas, à perda de mercados e, eventualmente, à falência, assim como à disfuncionalidade das instituições e ao descrédito dos governos.

Enfim, é preciso ter presente que novas tecnologias podem alterar hábitos, valores, prioridades e a própria visão que o homem tem de si mesmo e do mundo, exigindo, em consequência, novas regras de convivência social e, certamente, novas práticas profissionais, nova educação para os jovens e atualização contínua para os adultos.

## A GLOBALIZAÇÃO

Nos anos que se seguiram ao término da Segunda Grande Guerra Mundial, ficou patente que as infraestruturas educacional e científica nacionais, associadas à capacidade de gerar inovações tecnológicas materializadas em bens e serviços globalmente competitivos, poderiam se constituir em vantagens capazes de superar as vantagens comparativas tradicionais entre as nações, quais sejam, extensão territorial, terras apropriadas à agricultura, disponibilidade de matérias-primas, de energia e de mão de obra abundante e barata. (LONGO, 2003). O exemplo clássico dessa realidade é o Japão, que apesar de ter um território de apenas 378 mil quilômetros quadrados, ser importador de energia, de matérias-primas industriais e de alimentos e ter mão de obra das mais bem pagas do planeta, é uma potência econômica, graças à sua capacidade tecnológica inovadora. Essa constatação levou alguém a afirmar, com grande sabedoria, que “no mundo moderno mais vale o que se tem entre as orelhas do que debaixo dos pés”.

Além disso, as novas tecnologias utilizadas nos transportes e nas comunicações “encolheram” as distâncias, praticamente tornaram transponíveis os obstáculos geográficos e instantâneas as comunicações, independentemente das distâncias entre os interlocutores, possibilitando o comando a distância, em diferentes graus, de unidades produtivas de bens e serviços; favorecendo a permeabilidade de informações e a gerência de empreendimentos, mercadorias e cidadãos através das fronteiras nacionais.

Graças aos avanços tecnológicos, pode-se dizer que o tempo para executar inúmeras atividades também foi “encolhido”. Hoje, graças principalmente às TICs (tecnologias de informação e de comunicação), consegue-se fazer muito mais coisas que no passado no mesmo tempo disponível. Basta lembrar o tempo que hoje se economiza em muitas tarefas, apenas com o uso do computador, da Internet, da videoconferência e do telefone celular, ou seja, foram aumentadas tremendamente a eficiência e produtividade dos cidadãos. Será que em razão desse fato os alunos atuais não poderiam caminhar mais rápido pelo processo educacional do que seus antecessores? O aumento de produtividade proporcionado pelas novas tecnologias tem sido levado em conta pelo sistema educacional?

Três fatores têm contribuído para aumentar a assimetria científica e tecnológica existente

entre os países considerados desenvolvidos e os demais: as disparidades econômicas e sociais dos atores envolvidos, a dinâmica atual da evolução da ciência e da tecnologia e a intensa competição global que tende a dificultar a cooperação vertical.

O rápido desenvolvimento tecnológico da microeletrônica, da informática, das telecomunicações e da automação e o exponencial crescimento das suas aplicações afetaram de tal maneira a organização e o funcionamento do setor produtivo, as qualificações exigidas para o trabalho, as relações sociais, o acesso às informações e as políticas governamentais, que se admite estarmos vivendo a Terceira Revolução Tecnológica ou Industrial. Segundo Dreifuss (1997; 2004), no paradigma tecnológico de produção atual ocorre o predomínio do complexo “teleinfocomputrônico” (microeletrônica, eletrônica digital, informática, telecomunicações, automação, robótica), além de biotecnologia e, mais recentemente, da nanotecnologia. O espectro de tecnologias centrais no atual paradigma de produção de riquezas, que incluem as conhecidas TICs, não tem sido difundido e dominado na amplitude e profundidade desejáveis para os países retardatários no desenvolvimento.

Entretanto, é preciso considerar que a difusão e domínio das tecnologias centrais, impregnadas de conhecimentos científicos, também não é um problema trivial. Na realidade, as tecnologias de base empírica são facilmente entendidas e, portanto, sua cópia e produção por empresas retardatárias, por exemplo, é uma questão de oportunidade e de disponibilidade econômica. Por sua vez, por serem fruto da aplicação de conhecimentos científicos, as tecnologias modernas mais relevantes e seus processos de produção não são facilmente compreendidos e, consequentemente, são extremamente difíceis de serem copiadas. Logo, são altamente discriminatórias: quem não tiver competência científica e capacidade tecnológica estará condenado à periferia, mesmo que disponha dos demais fatores de produção (capital, mão de obra e matérias-primas). (LONGO, 2007).

A geração de tecnologias de base científica exige, num ambiente favorável à criatividade e à inovação, acúmulo de capital para investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia, mobilização de cérebros com competência em amplo espectro de conhecimentos e capacidade gerencial para produzir, competitivamente, novos bens e serviços, ou seja,

em última instância, depende primordialmente de um sistema educacional amplo, inclusivo, moderno, dinâmico, e de qualidade em todos os seus níveis.

## EDUCAÇÃO, TRABALHO E EMPREGO

A realidade até agora descrita permite afirmar-se que são cada vez maiores e mais elevadas as qualificações exigidas para os postos de trabalho em qualquer dos setores de produção, fato que coloca uma grande pressão sobre as necessidades educacionais das populações. Nunca é demais enfatizar que a capacidade científica e tecnológica nacional é absolutamente dependente de nível educacional adequado da população. Educação, ciência e tecnologia (EC&T) estão intimamente relacionadas.

Dentre os mais expressivos impactos sociais provocados pelos avanços científicos e tecnológicos estão, com certeza, o aumento da expectativa de vida, o aumento da população mundial e o decréscimo das horas de trabalho ocorrido, principalmente nos últimos dois séculos. Pode-se afirmar que o desenvolvimento científico e tecnológico tem sido bem-sucedido no aumento da expectativa de vida e na diminuição das horas de trabalho, com consequente aumento do tempo disponibilizado para o lazer. Passamos de 1,6 bilhões de habitantes, em 1900, para mais de 6,5 bilhões em 2006, dos quais apenas 1,2 bilhões encontram-se em países desenvolvidos. A expectativa de vida evoluiu de 14 a 15 anos na Pré-História para 28 na Grécia Antiga, para 34 a 38 no final do século XIX na Europa, atingindo hoje cerca de 80 anos nos países mais desenvolvidos (Japão, Suíça Espanha, Suécia, Austrália e Islândia). Entre 1800 e 1980, graças à aceleração dos avanços tecnológicos ocorrida no período, a expectativa de vida foi duplicada na Europa, passando de 36 para 72 anos, aproximadamente. Trabalho de previsão (*forecast*) da George Washington University (2002), realizado em 2000, prevê que a expectativa de vida atingirá cem anos em 2044.

Quanto às horas de trabalho, vêm caindo, tendo chegado na Noruega a apenas 1337 horas/ano em 2003. Na Inglaterra, durante a Revolução Industrial, nos anos de 1780, 1820 e 1860, trabalhava-se, respectivamente, da ordem de 80, 67 e 53 horas semanais, ou seja, da ordem de 3840 a 4.160, 3216 a 3484 e 2544 a 2756 horas/ano. Enquanto a expectativa de vida foi duplicada entre 1800 e 1980, as horas de trabalho/ano di-

minuíram, aproximadamente, de 100.000 horas para 85.000, enquanto as horas de lazer/ano passaram de, aproximadamente, 23.000 horas para 140.000. Em 2003, em alguns países desenvolvidos, as horas de trabalho já haviam caído para 66.000, estimando-se as horas livres como sendo de, aproximadamente, 200.000.

Portanto, contrariamente ao passado, os indivíduos passarão muito menos tempo trabalhando e muito mais tempo fazendo o que bem entenderem. Assim, o sistema educacional deverá preparar o cidadão para a vida como um todo, não somente para o trabalho. Em outras palavras, parafraseando Domenico de Masi (1999), o cidadão deverá ser preparado para o “ócio e para o negócio”. A universidade não pode se preocupar quase que exclusivamente com o preparo do cidadão para o trabalho. Por que não oferecer ao aluno possibilidades de aprendizado em atividades que lhes sejam prazerosas e que farão com que, no futuro, ele torne agradável o seu tempo disponível. Por que não oferecer à escolha do aluno esporte, dança, música, teatro, fotografia, cinema, culinária, pintura, cerâmica, etc.? Estimular os alunos a fazerem incursões em outras áreas de conhecimento que não a sua, eliminando barreiras burocráticas que dificultem a permeabilidade entre diferentes especialidade, práticas e experiências acadêmicas.

Ao causar profundas alterações no modo de produção de bens e de serviços, o progresso tecnológico modifica, em consequência, a distribuição e a qualificação da força de trabalho. (LONGO, 2000). Contrariamente ao que ocorria no passado, hoje profissões surgem e desaparecem em curto tempo; qualificações para postos de trabalho são exigidas e, em seguida, descartadas, ou seja, as trajetórias profissionais são, em grande parte, imprevisíveis.

Graças ao progresso tecnológico, o homem foi, paulatinamente, sendo liberado do trabalho braçal. Vive-se hoje na era pós-industrial, na qual, nos países centrais, cerca de 70% da força de trabalho foram deslocados para o setor terciário tecnologicamente cada vez mais sofisticado, entre 20 e 30% permanecem no secundário em crescente automação, e menos de 5% encontram-se em atividades agrícolas cada vez mais intensivas em máquinas e técnicas poupadoras de mão de obra não qualificada. Embora os setores primários (agricultura, pesca e exploração florestal) e secundário (manufatura industrial, extrativismo, produção e distribuição de eletricidade, gás e água, obras de engenharia civil) da economia

tenham crescido, o número de empregados neles é, proporcionalmente, cada vez menor. Isso se deve não somente à crescente mecanização e automação desses setores, mas também à “terceirização” de muitas das suas atividades anteriormente verticalizadas, principalmente aquelas classificadas como prestação de serviços, inclusive tecnológicos. A previsão norte-americana é que, na década atual, cerca de 10% dos empregos na indústria desaparecerão. (2007).

Em virtude de terceirização, é cada vez maior o número de pessoas que têm frequentemente trabalho (atividade temporária remunerada), mas não necessariamente um emprego (atividade permanente remunerada), o que exige delas, como consequência, além de cultura adequada, habilidades complementares e diversas daquelas da sua bagagem profissional específica. Entre outras coisas, o cidadão tem de estar preparado para gerenciar um empreendimento, um negócio, uma empresa na qual trabalha somente uma pessoa: ele mesmo. A pergunta é se isso tem sido incorporado nas preocupações do sistema educacional.

Adicionalmente, em razão da chamada “globalização”, na qual as atividades produtivas tendem a ignorar as fronteiras geográficas, a força de trabalho nacional precisa estar profissional, psicológica e culturalmente em condições de atuar mundialmente. (LONGO, 2003). À medida que as empresas são esvaziadas pela automação e pela terceirização, vão restando dentro delas os “novos operários”. Entende-se aqui por “novo operariado” o conjunto de trabalhadores que carrega consigo o principal instrumento para a produção, qual seja, o seu cérebro, que abriga os insumos vitais: informações e conhecimentos sem os quais nada funcionará. Estes, muito provavelmente, serão e ficarão “empregados”.

Por outro lado, em razão do anteriormente mencionado aumento geral das horas livres, quer pela diminuição das horas de trabalho, quer pelo aumento da expectativa de vida, inúmeras áreas do setor terciário da economia tornaram-se extraordinariamente promissoras (lazer em geral, turismo, estética e beleza, esportes, artes, o atendimento de necessidades dos idosos, etc.). O sistema educacional tem dado pouca atenção a essas oportunidades.

Adicionalmente, estão em expansão nesse setor as chamadas “indústrias da criatividade ou indústrias criativas” (que incluem áreas de lazer), as quais compreendem: propaganda, arquitetura, artes e antiguidades, artesanato, design,

moda, cinema, *software* interativo e de entretenimento, software em geral, música, artes cênicas, editorial e gráfica, rádio e televisão. Muitas dessas áreas têm sido extremamente dinâmicas na evolução tecnológica, demandando muitos serviços de engenharia, e têm sido esquecidas pelas políticas públicas de geração de emprego e renda. Basta constatar o que se passa no país com os sistemas de produção e distribuição fonográfica e cinematográfica, largamente ocupados por empreendimentos estrangeiros. Ao permitirmos a invasão do nosso mercado por produtos culturais importados, estamos exportando empregos maciçamente.

Ao longo do tempo, à medida que as tecnologias foram crescendo em conteúdo científico, tornou-se, proporcionalmente, cada vez menor o número de pessoas capazes de se posicionar nas fronteiras dos conhecimentos nas várias áreas do saber e, portanto, de entendê-las. Entretanto, cresceu a ignorância tecnológica da maioria da população, que, em consequência, não entende minimamente como funciona a maioria dos apetrechos com que se defronta no dia a dia (relógio digital, telefone celular, DVD, forno de micro ondas, computador, controles remotos, etc.).

É preciso ter presente que no mundo em que vivemos hoje todos os cidadãos necessitam de conhecimentos básicos de ciência, das tecnologias mais usadas, de matemática e informática, continuamente atualizados. Essa 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. Em outras palavras, o sistema educacional moderno deve, em todos os níveis e para todas as profissões, incluir competente e adequada educação em ciência e tecnologia. Trata-se de uma questão não só relacionada com a empregabilidade do indivíduo, mas uma questão de cidadania.

Com as constantes mudanças tecnológicas, os indivíduos que não as acompanharem ficarão prematuramente inabilitados para o trabalho, sendo parte do que tem sido chamado de “desemprego estrutural”. A desqualificação para o mercado de trabalho, seja pela obsolescência, seja pela má formação escolar, dá origem ao que tem sido chamado de “analfabetismo tecnológico”. Os analfabetos tecnológicos não ingressarão, ou retornarão adequadamente, no mercado de trabalho nem que a economia cresça e expanda as oportunidades de emprego e trabalho, pois não terão as qualificações exigidas pela maioria dos

postos de trabalho criados. A expansão do setor produtivo dá-se sempre utilizando as últimas inovações tecnológicas que, via de regra, são poupadoras de mão de obra e intensivas em conhecimentos, compreendendo complexos sistemas de gestão, operação e controle. (LONGO, 2007).

Evitar a obsolescência da força de trabalho é hoje uma preocupação da maioria dos países. Tendo em vista o custo elevado de trazer periodicamente essa força para dentro das salas de aula; a solução que está se ampliando é levar os conhecimentos aos locais de trabalho, utilizando meios eletrônicos, de preferência interativos.

É hoje consenso que é necessário que o país seja dotado de um sistema de educação de massa do primeiro ao terceiro grau, da melhor qualidade e capaz de fornecer ao cidadão possibilidades de atualização continuada ao longo de sua vida, para o trabalho e para o lazer. Adicionalmente, deve-se ter um quarto grau, capaz de formar pesquisadores, de produzir avanços nas fronteiras dos conhecimentos nas diversas áreas do saber, contribuindo, efetivamente, para aumentar a capacidade do sistema nacional de inovação tecnológica, em benefício do setor produtivo e das necessidades públicas.

Felizmente, o próprio avanço tecnológico produziu os meios necessários para o atendimento parcial de tais necessidades, a custos suportáveis pela sociedade, inclusive no Brasil. Trata-se dos meios eletrônicos de comunicação e da informática disponíveis que permitem não só o livre acesso aos conhecimentos por parte dos cidadãos, mas, também, colocá-los ao alcance confortável dos cidadãos onde quer que estejam, de maneira programada e a partir de bases logísticas onde estão armazenados e são gerenciados. Os veículos mais apropriados a serem utilizados são aqueles que permitem maior e mais eficiente interação entre os detentores do conhecimento e os seus demandantes, ainda que afastados fisicamente. Assim, têm sido utilizados o correio, o telefone, o gravador, o fax, o rádio, a televisão, o vídeo, o CD-ROM, o DVD e a internet. Tais meios, isoladamente ou associados, permitem “empacotar” pedagogicamente e “despachar” os conhecimentos. É riquíssima a experiência internacional no emprego do “ensino assistido por meios interativos”. (EAMI). (LONGO, 2000).

Tem-se, assim, em mãos, graças ao avanço tecnológico, a oportunidade de fazer uma revolução no sistema educacional brasileiro, inclusive no nível pedagógico, e de democratizar o acesso à educação em todos os níveis. (LONGO, 2000).

Enfim, enfatiza-se que preparar jovens e re-capacitar adultos para as realidades apontadas é, em grande parte, responsabilidade do sistema educacional, que, para tanto, tem de ser dinâmico, aberto às mudanças, rico em experiências pedagógicas, visando a um futuro provável.

## ALGUMAS TENDÊNCIAS NA ÁREA DA EDUCAÇÃO

### ESPAÇO E TEMPO

O desenvolvimento de uma rede digital global de fibra ótica e a comunicação sem fio por satélites e telefonia celular revolucionarão ainda mais o conceito de distância. Hoje já se dispõe de computadores e telefones que cabem no bolso. Em breve, qualquer um poderá acessar de qualquer lugar redes de computadores, por meio de aparelhos eletrônicos de comunicações ainda menores e cada vez mais baratos.

Com a emergência dessas tecnologias, o ensino e a aprendizagem deixarão de ser feitas primordialmente entre quatro paredes, na escola. O aluno poderá, de qualquer lugar, mesmo distante, comunicar-se com seus professores e seus colegas e acessar os mais diversos meios instrucionais. Aliás, é oportuno lembrar que, graças aos meios eletrônicos de comunicações interativos, inúmeras atividades profissionais, com ou sem vínculo empregatício, podem ser realizadas em casa ou a partir de casa. Basta constatar que hoje até complexos projetos de engenharia, por exemplo, podem exigir execução coletiva por profissionais espalhados pelo planeta, trabalhando em rede. Sem dúvida, é uma nova realidade, que não pode ser ignorada pela escola no preparo da nova geração de profissionais, de cidadãos.

A divisão que se faz hoje entre ensino presencial e ensino a distância tenderá a desaparecer. O aluno estará presente na escola quando necessário e longe quando possível e conveniente (para o aluno e/ou para a escola). Todo o sistema educacional praticará amplamente o ensino assistido pelos meios eletrônicos interativos (EAMI). As escolas tornar-se-ão centros de atividades criativas, de trabalhos coletivos, de desenvolvimento de projetos reais, de troca de experiências.

Quanto ao tempo, hoje os alunos são submetidos mandatoriamente a um regime de aulas com duração definida, períodos letivos e férias;

todos os alunos são obrigados a caminhar no mesmo passo. Utilizando as novas tecnologias, os alunos poderão acessar o material didático 24 horas por dia, 365 dias por ano. Isso permitirá que o aluno possa caminhar individualmente, de acordo com a sua capacidade, necessidade e motivação. Sendo isso possível, deixará de fazer sentido a especificação do tempo para a concessão de diplomas, certificados e outros títulos a cargo do sistema educacional. O importante será o atendimento dos padrões exigidos para a concessão desses, independentemente do tempo.

Sugere-se que os alunos do segundo grau sejam estimulados a cursar, oficial e regularmente, disciplinas introdutórias de cursos superiores oferecidas *on-line* por universidades. Afinal, o tempo “encolheu”, lembram-se? Propõe-se tirar proveito desse fato irrefutável.

Tudo isso, para se tornar possível, implicará a superação de preconceitos, profundas modificações regulatórias, assim como mudanças no gerenciamento e funcionamento das unidades escolares.

## O ACESSO À INFORMAÇÃO E AO CONHECIMENTO

Ao longo do tempo, a escola passou a ser, através das suas práticas educacionais, o principal veículo para transmissão de informações e conhecimentos necessários ao preparo do cidadão para o trabalho (mais) e para a vida (menos).

Hoje, graças aos avanços tecnológicos expostos anteriormente, as informações e os conhecimentos podem, e são, ser acessados pelos mais diversos meios, que não aqueles oferecidos pelo sistema formal de ensino. Em consequência, passou a ser factível e relativamente fácil (quando comparado com o passado) o cidadão adquirir conhecimentos fora da escola, os quais podem ser de nível igual ou superior àqueles adquiridos em sala de aula.

Assim, a escola deveria passar a “legitimar”, ou melhor, “oficializar”, os conhecimentos e as habilidades adquiridas alhures por qualquer cidadão; aceitar para composição do seu histórico escolar habilitações trazidas de fora, dispensando-o de repeti-las inutilmente por exigência meramente burocrática.

Para que isso ocorra é preciso, entre outras coisas, compreender que o aprendizado não precisa acontecer como numa linha de produção, ou seja, linearmente, numa sequência lógica. O cérebro humano tem condições de construir as

suas redes lógicas com os dados, informações e conhecimentos adquiridos caoticamente. Não existe uma única maneira de se aprender.

Não reconhecer oficialmente o conhecimento e a capacidade adquiridos por um cidadão autonomamente não tem justificativa plausível.

Ter-se-á, novamente, de superar barreiras regulatórias e de preconceitos.

## O PROCESSO

No passado, o que se aprendia na escola valeria para o resto da vida. Assim, considerava-se que, ao sair da escola com um diploma ou certificado, o cidadão estaria “formado”. Hoje isso não faz mais sentido. Tendo em vista o cenário cambiante exposto anteriormente, repleto de mudanças, incertezas e hiatos gerenciais, é preciso ter clareza de que não há mais formação profissional terminal. Aliás, essa foi uma das mensagens enfatizadas pelo bem-sucedido subprograma REENGE (Re-engenharia do Ensino de Engenharia) do PRODENGE (Programa de Desenvolvimento das Engenharias). (LONGO, 2001; LONGO; ROCHA NETO; TELLES, 2000). Ninguém está “formado”. Não deveria existir mais a chamada “formatura”, que dá ao cidadão uma ideia errônea do seu preparo intelectual, que, no lugar de terminar, deve ser contínuo, ou seja, hoje, o cidadão deverá ser instrumentado para não ficar obsoleto social e profissionalmente ao longo da sua vida. No nível superior, os alunos, ao final do curso, não deveriam ser desligados da instituição de ensino; seriam alunos para sempre, apenas momentaneamente afastados. As portas estariam abertas para regressarem sempre que necessário.

Portanto, hoje o cidadão deverá ser instrumentado para não ficar obsoleto social e profissionalmente ao longo da sua vida. Para que tal ocorra, reafirma-se aqui a importância de outra das recomendações do subprograma REENGE: é fundamental que a escola ensine o aluno a “aprender a aprender”. O aluno deverá dominar o processo que vai da busca ou geração de dados e informações até a transformação desses em conhecimento. Nesse processo, o esforço desloca-se do professor transmitir o conhecimento pronto e acabado para o aluno buscá-lo.

Tendo em vista a dinâmica da geração e obsolescência de conhecimentos, alguém foi mais além e afirmou que o analfabeto neste milênio não será quem não souber ler e escrever, mas quem não tiver “aprendido a aprender, desaprender e reaprender”.

Na realidade, tão importante quanto ao conteúdo do que se ensina é o processo utilizado.

## EDUCAÇÃO E ENTRETENIMENTO

Para os jovens de hoje não fazem sentido as tecnologias do passado. Eles cresceram com a televisão, com o telefone celular, o GPS, a Internet, o Orkut, o MSN, o Google, os joguinhos eletrônicos, ou seja, um mundo muito mais dinâmico e divertido. Eles estão acostumados a interagir com outros jovens independentemente das distâncias; a interagir com a realidade virtual dos jogos; a procurar informações; a fazer compras em lojas virtuais. São essencialmente motivados por imagens, sons, comandos remotos e decisão sobre o que querem, quando, onde e com quem interagir.

O sistema educacional, para esses jovens, não deve – ou melhor, não pode – ser o mesmo ao qual foi submetida a geração anterior – sala de aula, alunos sentados em carteiras enfileiradas, quadro-negro e um professor expondo o conteúdo da disciplina lá na frente –, ou seja, nada do que eles estão acostumados e podem fazer, tudo muito enfadonho.

A tendência é utilizarem-se na sala de aula as mesmas tecnologias disponíveis para o entretenimento utilizadas pelos jovens, adaptadas ao processo educacional. É a fusão que os norte-americanos chamam de *edutainment* (*education* + *entertainment*).

Outra coisa que é preciso ter presente é que, graças aos jogos eletrônicos, os jovens de hoje tem um controle motor extraordinário. O comando olho–cérebro–mão é o mais desenvolvido em toda a história da humanidade. E daí? E daí é que os jovens engenheiros estão projetando aparelhos cujos comandos exigem o controle que eles têm: delicados, rápidos e precisos. São *joysticks*, botõezinhos e alavanquinhas que, suavemente tocadas, podem mover enormes máquinas. Muitos postos de trabalho exigem essa capacidade. Enfim, o desenvolvimento do controle motor deve ser estimulado.

## O PROFESSOR

A oferta generalizada de cursos *on line* removerá do professor muito da responsabilidade de ministrar aulas. Ele será, principalmente,

facilitador, supervisor, orientador e animador do processo educacional junto ao alunado.

Graças aos meios de comunicação instantâneos globalizados e aos aparelhos eletrônicos portáteis de acesso interativo com pessoas e instituições, os alunos poderão buscar assistência e informações através de bases de dados e do contato com especialistas, cientistas, políticos, empresários e professores pertencentes a outras escolas. Cresce a responsabilidade do aluno. Dir-se-ia que o esforço maior passa do professor ensinar para o aluno aprender (e aprender a aprender, desaprender e reaprender, como dito anteriormente).

Programas de computador conhecidos como “sistemas especialistas”, que “aprendem” com as experiências decorrentes do seu uso, serão cada vez mais utilizados no processo educacional como verdadeiros assistentes dos alunos. (LONGO, 2007). Tais sistemas não só buscam as informações, mas também analisam o que encontraram; são verdadeiros “professores” não humanos. Esses sistemas poderão ajudar os alunos a aprender o alfabeto, a soletrar, a tabuada, etc., além de tarefas mais complexas, com mínima participação do professor.

Grande parte do esforço e do tempo na atual educação tradicional é gasto procurando informações; resta, assim, pouco tempo para o professor ensinar como processá-las, sintetizá-las e avaliá-las. (LONGO, 2007). O uso de ferramentas como a citada liberará o professor de tarefas pouco relevantes e ajudará a mudar o seu papel no processo instrucional, como já mencionado acima.

## MENOS PAPEL E MEMORIZAÇÃO

A disseminação da informação na sala de aula continua sendo feita, primordialmente, com base em textos e imagens impressos em duas dimensões, em papel. Contudo, os alunos, fora da escola, estão expostos a um mundo cujos meios de informação são tridimensionais, digitais e interativos. (LONGO, 2007). Estes meios, inevitavelmente, invadirão as salas de aulas, deslocando não só o papel, mas também o quadro-negro.

Até recentemente, o sucesso de um aluno estava intimamente relacionado com a sua capacidade de memorização de informações. Hoje isso não faz mais sentido, porque informações geradas na unidade de tempo e acumuladas têm proporções assombrosas, estão disponíveis e ficam rapidamente obsoletas, sendo descartadas.

Hoje o que o aluno necessita, além de saber acessar as informações, é ter a capacidade de análise crítica dessas e de como e quando aplicar o que efetivamente aprendeu na solução de problemas reais.

## EDUCAÇÃO “SOB MEDIDA”

Sem os meios tecnológicos que se tem hoje à disposição do sistema educacional, fazia sentido a padronização dos conteúdos dos diversos cursos oferecidos. O currículo de todos os cursos era o mesmo para todos os alunos, ou seja, usando uma comparação, embora os alunos não fossem todos iguais, todos seriam vestidos com o mesmo número (tamanho) de roupa, embora alguns se sentissem altamente desconfortáveis, provavelmente pregando que algo estava errado com eles, não com o processo. Não havia espaço para explorar melhor as tendências e potencialidades de cada um. E, no nível superior, ficava sempre a discussão: todos generalistas ou todos especialistas. Hoje é possível oferecer aos alunos uma formação mais personalizada, ou seja, permitir currículos como roupas feitas sob medida (*taylor made*). Se a escola não oferecer o que lhe interessa, ele certamente buscará encontrar por outro caminho, talvez em outro lugar. A formação personalizada torna-se ainda mais factível e eficiente se acoplada à diversificação das habilitações profissionais possíveis e à flexibilização na maneira de obtê-las, tratada no item seguinte.

## DIVERSIFICAÇÃO E FLEXIBILIZAÇÃO

A diversidade e a complexidade tecnológicas levaram, no setor produtivo, ao crescimento exponencial do número de diferenciados postos de trabalho, exigindo qualificações muito específicas dos seus ocupantes. Tal fato é constatado em todos os níveis educacionais exigidos e em todas as áreas profissionais.

Paralelamente, cresce o número de pessoas que buscam melhor qualificação profissional enquanto trabalham. Pessoas que enfrentam duas jornadas de trabalho diariamente e que necessitam de um sistema educacional que atenda a essa realidade sem decréscimo da qualidade.

Para atender a essas duas realidades, as tendências têm sido a diversificação e a flexibilização na obtenção de habilitações, ou seja, a oferta de grande quantidade de formações profissionais com grande flexibilidade na forma

(presencial, a distância ou auto didaticamente) e no tempo de obtenção de títulos formais, que poderão ser atingidos através de módulos sequenciais e com níveis de complexidade crescente.

Com relação à diversidade, a título de exemplo, hoje, no Brasil, em engenharia, já existem tentativas de formalizar dezenas de habilitações. Este fato em si coloca-se como mais um problema tanto para o sistema educacional, como para o sistema de certificação profissional, ambos tradicionalmente acomodados com um número mais reduzido de especialidades. Quanto à flexibilização ampla que se vislumbra, novamente terão de ser suplantadas resistências do próprio sistema educacional, preso regras e estruturas curriculares rígidas e a preconceitos arraigados, consequências de “hiato gerencial”.

## CONCLUSÕES

Do que foi exposto pode-se concluir, de maneira muito objetiva, que o sistema educacional sofre atualmente dois severos hiatos gerenciais: um resultante da incapacidade de antecipar-se – ou mesmo de acompanhar – e de atender às cambiantes necessidades educacionais da sociedade, principalmente àquelas do setor produtivo, e outro, de origem interna, ou seja, devido à incapacidade de perceber e de incorporar na sua prática o uso dos meios educacionais que o avanço tecnológico, continuamente, coloca à sua disposição.

Nesse cenário, avulta de importância, por parte das empresas e, principalmente, dos governos nacionais, por meio das suas instituições, inclusive daquelas de fomento, de pesquisa e as educacionais, o contínuo monitoramento da evolução científica e tecnológica e das mudanças sociais dela decorrentes ou antevistas. O acesso às informações do que se passa no planeta, o competente tratamento e análise dessas, assim como a previsão e avaliação tecnológicas (*technological forecasting and assessment*), passaram a ser de importância vital nas políticas e estratégias institucionais, empresariais e governamentais em todos os níveis.

Essas não devem ter seu foco somente no aqui e agora, mas, necessariamente, antever um possível e provável futuro. Na educação é necessário prevê-lo pela ótica das tecnologias emergentes. (JUKES; McCAIN). Com relação à educação, o objetivo deve ser ficar em condições de, permanentemente, responder às perguntas: Qual o sistema de ensino ao qual estarão submetidas ao

final do segundo grau e ingresso no terceiro as crianças matriculadas hoje no pré-escolar? Que universidade deverá recebê-los?

A previsão que se segue fornece de maneira muito simples a dimensão do problema educacional, resultante da dinâmica evolutiva da sociedade atual. Parafraseando, o secretário de educação dos EUA (JUKES; McCAIN), pode-se antever que os dez melhores empregos que serão demandados dentro de dez anos não existem atualmente, e tais postos de trabalho exigirão o uso de tecnologias que ainda não foram inventadas para resolver problemas que ainda não existem!

Finalmente, em se tratando de previsões, como as expostas neste texto, é oportuno lembrar John Vanston (1984), que considera que “é preferível estar aproximadamente correto do que precisamente errado”.

## REFERÊNCIAS

- De MASI, D. Entrevista. *Correio do Livro*, Rio de Janeiro, abr./jun. 1999.
- DREIFUS, R. A. *A época das perplexidades*. Petrópolis: Vozes, 1997.
- \_\_\_\_\_. *Transformações: matrizes do século XXI*. Petrópolis: Vozes, 2004.
- JUKES, I.; McCAIN, T. *New school for a new millennium*. Disponível em: [www.ibo.org/ibap/conference/documents/IanJukes-NewSchoolsfortheNewWorld1.pdf](http://www.ibo.org/ibap/conference/documents/IanJukes-NewSchoolsfortheNewWorld1.pdf). Acesso em: 8 set. 2008.
- KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. São Paulo: Zahar; Edusp, 1980.
- LONGO, W. P. Ciência e tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9. *Anais....* v. 1, n. 42, Porto Alegre, 1989.
- \_\_\_\_\_. *Desenvolvimento científico e tecnológico: consequências e perspectivas*. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, CAESG TI-91, 1991.
- \_\_\_\_\_. A visão internacional e os institutos de pesquisa. In: CONGRESSO ABIPTI 2000. Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica, Fortaleza, p. 21-36, 2000. *Anais...*
- LONGO, W. P.; ROCHA NETO, I.; TELLES, M. H. C. Reengineering engineering research and education in Brazil: cooperative networks and coalitions. *Science and Public Policy*, Guildford, Surrey, Great Britain, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2000.
- LONGO, W. P. A viável democratização ao acesso ao conhecimento. *Lugar Comum*, Rio de Janeiro: UFRJ v. 9, n. 10, p. 195-207, set. 1999/abr. 2000.
- \_\_\_\_\_. O desenvolvimento científico e tecnológico e seus reflexos no sistema educacional. *TC Amazônia*, Manaus, ano 1, n. 1, p. 8-22, 2003.
- \_\_\_\_\_. O programa de desenvolvimento das engenharias. *Revista Brasileira de Inovação*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, 2004.
- \_\_\_\_\_. Alguns impactos sociais do desenvolvimento científico e tecnológico. *DataGramaZero*, Revista de Ciência da Informação, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, fev. 2007. Disponível em: [www.dgz.org.br](http://www.dgz.org.br)
- OLIVEIRA, J. M. A. *Origem e evolução do pensamento estratégico*. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 1986.
- PRICE, D. S. *Little science, big science*. New York: Columbia University Press, 1963.
- THE HART-RUDMAN PRESIDENTIAL COMMISSION ON THE FUTURE OF NATIONAL SECURITY. Phase II, Washington D. C., 2000.
- THE TECHNOLOGICAL REVOLUTION. Marubeni Economic Report, Marubeni Corporation Economic Research Institute, Dezembro 2002.
- VANSTON JR, J. H. Como os planejadores podem sistematicamente prever o futuro. In: SIMPÓSIO SOBRE PREVISÃO TECNOLÓGICA. Brasília: Min. Exército, 1984. *Anais...*, p. 248-251.

## DADOS DO AUTOR

### Waldimir Pirró e Longo



Engenheiro metalúrgico (IME, 1959), Master of Engineering (Univ. Flórida, 1969), Ph.D. (Univ. Flórida 1970), Livre Docente (UFF, 1976). Professor Titular (UFF, 1986), agraciado com a Grã Cruz da Ordem Nacional do Mérito Científico e Tecnológico (2007). Atualmente é pesquisador do Núcleo de Estudos Estratégicos-NEST da UFF.