



Engenharia hoje?

A cultura da experimentação em redes de colaboração: industrialização, desenvolvimento científico e qualificação

(Palestra proferida pelo Membro da AE Prof. Doutor Manuel Heitor no
Dia da Academia de Engenharia)

Aprofundar o debate sobre o papel do engenheiro e da engenharia, dando prioridade ao conhecimento e aos processos de mudança tecnológica e, portanto, á “inovação”, no decurso de um período de difícil ajustamento económico e orçamental a nível internacional e, sobretudo, na Europa e em Portugal, é sem dúvida um enorme desafio, e requer a mobilização de todos.

É neste contexto que nesta breve reflexão vou argumentar sobre três aspectos que considero prioritários. Primeiro, sobre **os caminhos para uma nova industrialização** que os tempos nos exigem a perceber para estimular formas de resiliência socioeconómica¹. Segundo, sobre a necessidade de **insistir em políticas persistentes e esclarecidas de investimento em ciência e tecnologia**, sustentada em processos exigentes de promoção da cultura científica e tecnológica na sociedade². Por último, sobre **qualificação, aprendizagem e ensino experimental**, num contexto em que a democratização do acesso ao ensino superior, a qual temos de salvaguardar e continuar a exigir, requer um esforço contínuo de modernização, abertura e internacionalização do nosso ensino da engenharia, salvaguardando a *função social* do engenheiro.

¹ McKinsey Global Institute (2012), “Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation”; November.

² M. Heitor, H. Horta and J. Mendonça (2012), “Developing human capital and research capacity: science policies promoting brain gain”, *Technological Forecasting and Social Change*, submetido para publicação.

1. Que evidência e implicações?

Num contexto em que a “inovação” é cada vez mais assumida como um lugar comum, exige sobretudo um esforço de participação colectiva de forma a viabilizar a aprendizagem e a endogeneização social das suas dimensões críticas. Vivemos numa era de acelerada mudança tecnológica, aonde coexistem novas oportunidades de valorização económica e social das tecnologias que emergem, com formas renegadas de desenvolvimento e desigualdades estruturais, assim como desafios crescentes de compreender as geografias da inovação e a evolução para um mundo *sinocêntrico*.

Mas com que evidência podemos construir uma nova narrativa sobre os processos de mudança tecnológica?

Por exemplo, a convergência entre as ciências da vida, as ciências físicas e a engenharia tem aberto novas oportunidades para a cura de doenças até agora consideradas fatais, com impactos humanos e sociais já hoje visíveis e muito para além do aumento da duração média de vida que caracteriza as nossas sociedades³. Exige compreender oportunidades e desafios, designadamente ao nível das novas competências a desenvolver em *engenharia de tecidos e novas terapias celulares*, assim como da necessidade de compreender as exigências para a democratização dessas competências e da sua sustentabilidade social e económica. A *medicina regenerativa* abre ainda novas fronteiras para o diálogo transdisciplinar, que interessa continuar a promover e alargar, muito para além de praticas isoladas em instituições de elite. Exige certamente reforçar investimentos em atividades de investigação, assim como compreender as limitações ainda muito atuais de valorizar economicamente esses investimentos. Exige ainda novas formas de regulação pública, assim como da compreensão das fronteiras entre os domínios público e privado do conhecimento.

Por outro lado, a exploração do desconhecido em novos ambientes extremos e remotos começa a ser concretizado também ao nível dos oceanos e especificamente do fundo do mar, para além dos desafios que a exploração do espaço já nos habituou⁴. Requer certamente reforçar conhecimentos de geofísica, mas também de técnicas de simulação físico-matemática, conjugando novas tecnologias mecânicas, nanotecnologias e tecnologias de comunicação e informação com sistemas autónomos e plataformas “off-shore”, que sejam robustas e resilientes. Implica ainda novos horizontes para a indústria naval e plataformas de logística e transporte de recursos naturais, bens e pessoas. Exige certamente um sistema complexo de competências humanas e relações institucionais, alicerçados numa forte

³ P. A. Sharp, M. A. Cooney, M. A. Kastner, J. Lees, R. Sasisekharan, M. A., Yafee, S. N. Bhatia, T. E. Jacks, D. A. Laufenburger, R. Langer, P. T. Hammond, and M. Sur, (2011), "The third revolution: The convergence of the life sciences, physical sciences, and engineering," tech. rep., Massachusetts Institute of Technology, 2011.

⁴ Daniel Yergin, "The Quest: Energy, Security, And the Remaking Of the Modern World", 2011.

capacidade científica e industrial, envolvendo uma cadeia de valor complexa e distribuída geográfica e institucionalmente⁵.

Muitos outros exemplos poderiam ser referidos, mas todos eles incluíam alguns aspectos comuns. Em particular, referem-se a aplicações de âmbito clínico ou industrial tendo por base conhecimento científico que foi desenvolvido em contextos e com financiamentos totalmente diferentes daqueles normalmente usados nos sectores de aplicação. Adicionalmente, a comercialização dos produtos referidos apenas se verifica muitos anos após o início da atividade de investigação científica, a qual foi muitas vezes inicialmente orientada para objectivos completamente diferentes daqueles que tem orientado o processo de comercialização ou industrialização atualmente em curso. Por último, todos eles dependeram do processo de formação avançada de novas competências, assim como da sua acumulação, concentração e valorização colectiva em empresas, instituições científicas e de formação avançada ao longo de várias décadas.

Mas estas reflexões não são novas! Podiam ter sido escritas há muitos anos. Desde as histórias de Arquimedes, aos acidentes que estiveram na base descoberta da penicilina por Fleming, passando pelo desenvolvimento de novos materiais como o *teflon*, o “acidental” em ciência⁶, mas sobretudo em inovação, é hoje um facto conhecido e bem documentado⁷!

Recorrendo às teorias endógenas de crescimento económico⁸, a inovação depende, portanto, da acumulação de conhecimento, desde avanços científicos no domínio da ciência fundamental, a soluções técnicas para responder a requisitos muito específicos (por exemplo, como conseguir fazer lasers suficientemente pequenos ou suficientemente fortes para determinadas aplicações). Por vezes, estes requisitos levantam problemas que deixam de ser técnicos, e passam a colocar desafios científicos fundamentais, pelo que se a ciência alimenta a inovação, esta também alimenta a ciência – até porque permite também o aparecimento de novos aparelhos científicos.

⁵ Ver, por exemplo, Eva Dantas, Martin Bell (2011), “The Co-Evolution Of Firm-Centered Knowledge Networks And Capabilities In Late Industrializing Countries: The Case Of Petrobras In the Offshore Oil Innovation System In Brazil”, *World Development*. Ver ainda, Keith Smith and Olav Wicken (2012), “Processes and mechanisms of resource-based growth: towards a theory”, Working paper.

⁶ Ver, por exemplo, o trabalho seminal de Robert Merton, como em R. K. Merton & E. Barber (2004), “The Travels and Adventures of Serendipity: A Study in Sociological Semantics and the Sociology of Science”, Princeton University Press

⁷ Por exemplo, os princípios científicos que estão na base dos raios laser (acrónimo de light amplification by stimulated emission of radiation) foram propostos pela primeira vez por Einstein no fim da segunda década do século XX. Em meados do século XX, Arthur L. Schawlow e Charles H. Townes publicaram um artigo numa revista científica de física em que davam conta dos princípios para a criação de um laser, isto é, de um aparelho óptico capaz de gerar um feixe de luz monocromático muito intenso. Se Einstein estabeleceu a base científica que tornou a tecnologia laser possível, Schawlow e Townes podem considerar-se os inventores do laser – mas nem um nem outros introduziram qualquer inovação. As inovações surgiram mais tarde, à medida que a tecnologia laser foi evoluindo e se foram pensando em aplicações possíveis. Essas aplicações é que correspondem a inovações, e incluem, por exemplo, as impressoras laser, os leitores de CDs (que usam tecnologia laser), e uma vasto leque de aplicações no domínio da medicina (designadamente, na cirurgia).

⁸ Ver, por exemplo, Acs, Audrestsch and Carlsson (2004), “The knowledge filter and entrepreneurship in endogenous growth”, Max Planck Institute for Research into Economic Systems, Paper #0805

No entanto, nem tudo o que é cientificamente e tecnologicamente possível interessa às pessoas. Para além de ser possível tecnicamente, a inovação exige que haja mercados. A inovação exige também esforço, não acontece espontaneamente. Parte deste esforço é sustentado pelas empresas, que investem em inovações tentando introduzir novos produtos e processos que a concorrência não tenha. As empresas tentam manter esta vantagem face à concorrência sendo mais rápidas a inovar, mantendo em segredo as tecnologias, ou pedindo proteções contra a cópia através de patentes e outros meios de proteção da propriedade intelectual. Mas neste processo, o financiamento público é crítico, já que as empresas não estão tão dispostas a sustentar esforços orientados para, por exemplo, avanços em ciência fundamental. Isto não quer dizer que não haja empresas que invistam em ciência, nem que os estados por vezes não financiem diretamente inovações – o que fazem, designadamente, no domínio militar – mas tende a haver uma separação entre o que é predominantemente financiado com recursos privados e com recursos públicos.

Ainda no âmbito da análise que emerge a nível internacional sobre a valorização económica de ciência e tecnologia, trabalhos recentes mostram a importância da capacidade de empreender no crescimento económico, mas referem-se sobretudo ao papel que podem ter os empreendedores na valorização económica do conhecimento científico, sendo particularmente inspirador para o desenvolvimento de políticas públicas que conjugam o desenvolvimento da base científica (i.e., “stock of knowledge”) com a capacidade de empreender, de uma forma que facilite a exploração de efeitos colaterais (i.e., “spillover effects” na literatura anglo-saxónica).

Tendo ainda por base a terminologia na literatura técnica, gostaria de argumentar que não há “spillovers” de conhecimento, sem se investir na própria base do conhecimento. E isso requer *tempo!*

Refiro-me ao esforço de compreender a inércia dos processos de mudança tecnológica. Lembrando Almada Negreiros⁹, “a ciência, que não tem outro conhecimento que o das suas experiências, necessita de um espaço de tempo de que cada um não dispõe”. Esse tempo está hoje com certeza alargado à necessidade de compreender a inovação, exigindo portanto a necessidade de evoluir do capital humano, que corresponde à agregação da capacidade individual para acumular conhecimento, para uma capacidade colectiva de aprendizagem.

Neste contexto, é importante aprofundar a análise da situação nacional no panorama internacional, estando este breve texto organizado de forma a comentar uma única hipótese, que é central ao debate que hoje emerge sobre a prioridade a dar á inovação. Essa hipótese consiste no facto do desenvolvimento social e económico que temos de privilegiar passar por conjugar de forma articulada a capacidade de empreender com o desenvolvimento científico, devendo o papel do Estado ser centrado no desenvolvimento de competências, de uma

⁹ Como referido por Gago, J.M. (1990), “Manifesto para a Ciência em Portugal”, Gradiva.

forma que beneficie um ambiente propício à experimentação ao longo de todos os níveis do desenvolvimento individual, colectivo e industrial, e na facilitação dos recursos científicos e tecnológicos necessários a esse processo.

2. Sobre os caminhos para uma nova industrialização

A globalização do comércio e a crescente integração internacional das cadeias de fornecimento tem representado, para os consumidores, um alargamento da oferta de produtos e serviços, tendo ao mesmo tempo facilitado, ao nível da indústria, o aparecimento de mercados globais e mais competitivos, e o acesso facilitado a novos fornecedores, independentemente da sua proximidade geográfica¹⁰.

Neste contexto de crescente integração económica a nível global, os desempenhos das diferentes regiões e agentes económicos têm sido variados¹¹. Para além dos desafios da concentração da atividade industrial na Ásia (i.e., o “sinocentrismo”), os países e regiões com bases tecnológicas e industriais mais desenvolvidas têm conseguido aproveitar a redução das barreiras comerciais para ganhar acesso a novos mercados, enquanto a maioria dos atores localizados nas restantes regiões se tem mantido confinada a mercados locais e a sectores nos quais os competidores externos têm mais dificuldade – e menor interesse – em entrar, como por exemplo, o fornecimento de serviços de suporte local que podem incluir a construção, o comércio ou o turismo.

Esta dinâmica é particularmente visível nos esforços de racionalização na União Europeia que resultaram na concentração da atividade industrial em regiões e países no centro da Europa, enquanto regiões periféricas, como Portugal ou a Irlanda, se tornaram cada vez mais focados em serviços¹². Pelo contrário, as indústrias de manufactura estão geralmente associadas a níveis de produtividade do trabalho superiores aos dos serviços, a mecanismos de distribuição dos rendimentos mais equilibrados, a maiores taxas de crescimento dos rendimentos e à capacidade de gerar exportações, que são praticamente negligenciáveis no caso dos serviços¹³.

Este processo tem estado associado nas últimas décadas a uma concentração acentuada da capacidade industrial a nível mundial, resultando numa “**geografia industrial**” que tem afetado de forma considerável o desenvolvimento económico a nível local e internacional.

A diversificação da economia e o desenvolvimento das bases industriais, para além de serem características das economias mais desenvolvidas, estão associados aos processos de

¹⁰ Berger, S.: How we compete – what companies around the world are doing to make it in today’s global economy, *Doubleday press*, 2005

¹¹ McKinsey Global Institute (2012), “Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation”; November.

¹² Conceição, P., Heitor, M. V.: Innovation for All? Learning from the Portuguese path to technical change and the dynamics of innovation, *Westport and London: Praeger*, 2005

¹³ Nairn, A.: Engines that move markets, *John Wiley and Sons*, 2002

desenvolvimento dos países que nas últimas décadas têm vindo a tornar-se concorrentes das economias ocidentais como, por exemplo, a Coreia do Sul¹⁴ ou Taiwan¹⁵.

A diversificação, em particular, parece permitir o crescimento económico de países e regiões, sobretudo pelo aumento do consumo, mas também na medida em que o peso, e consequentemente a dependência da economia, de cada sector industrial são menores. Como a quase totalidade das exportações está associada a indústrias de manufatura, o investimento nestas indústrias também deveria permitir mitigar o risco associado a crises regionais, na medida em que se torna possível procurar mercados noutras regiões.

Desta forma, a diversificação está associada à criação de resiliência socioeconómica, i.e., capacidade do tecido socioeconómico, e das empresas em particular, para se promoverem e recuperar (regressar às condições “normais”) de choques, como recessões ou crises¹⁶.

Para além da “diversificação” também a “complexidade” tem vindo a ser relacionada com o crescimento sustentado e a prosperidade¹⁷. Esta complexidade está associada às interações entre os diferentes atores, que se traduzem não apenas nas cadeias de fornecedores mas também nas cadeias de conhecimento associadas a cada indústria.

Os processos relacionados com a diversificação e especialização industrial, que se relacionam respetivamente com o alargamento e aprofundamento das competências, são extremamente complexos e estão essencialmente relacionados com processos de aprendizagem e incorporação de conhecimento e tecnologia nas pessoas e nas organizações¹⁸.

Neste contexto, a competitividade da maioria dos sectores industriais reside na capacidade de aceder e usar conhecimento e tecnologias desenvolvidos numa gama alargada e diversificada de instituições, que se constituem como bases distribuídas de conhecimento, requerendo a existência de infraestruturas capazes de desenvolver atividades de interface entre a indústria e estas bases.

A criação de emprego e a sua qualificação é um aspeto fundamental do impacto socioeconómico local dos processos de industrialização¹⁹ e, assim, no contexto da análise anterior, o desenvolvimento sustentável das bases tecnológicas e industriais requer o desenvolvimento de competências distintas. Este processo tem de estar naturalmente baseado em recursos humanos qualificados e investimento em investigação e

¹⁴ Amsden, A. H.: The Rise of “the Rest” – Challenges to the West from Late-Industrializing economies, *Oxford University Press*, 2001

¹⁵ Berger, S.: How we compete – what companies around the world are doing to make it in today’s global economy, *Doubleday press*, 2005

¹⁷ Hidalgo, C. A., Hausmann, R.: The building blocks of economic complexity, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106, no. 26, 10570-10575, 30 June 2009

¹⁸ Sheffi, Y.: *The Resilient Enterprise*, *MIT Press*, 2007

¹⁹ Cowie, J.: *Capital Moves: RCA’s Seventy-Year Quest for Cheap Labor*, *the New York Press*, Canada, 2001

desenvolvimento, permitindo desenvolver de forma contínua essas competências, ganhar experiência e, assim, facilitar a construção de vantagens competitivas.

O estabelecimento de parcerias para o desenvolvimento científico, tecnológico e a inovação com atores de referência a nível mundial – empresas líderes nos mercados internacionais e centros de investigação de referência –, fomentando a exposição a comunidades de outros profissionais qualificados e experientes e a ambientes diversificados, tem provado ser um acelerador destes processos de desenvolvimento²⁰.

Contudo é determinante ter em conta o contexto territorial, ou a “geografia do conhecimento”, no âmbito do qual é necessário perceber o território para além da disponibilização de um conjunto de recursos num espaço geograficamente limitado, para considerar uma visão baseada no conhecimento e na sua acumulação.

Estes desafios requerem a análise sistemática de conteúdos locais e cadeias de fornecedores em sectores industriais estruturantes e estratégicos (e.g., prospecção e exploração de petróleo e de outros recursos minerais e naturais, automóvel, aeronáutico e espacial), tendo por referência estudos comparativos a nível internacional sobre a evolução recente e as tendências da “geografia industrial” destes sectores e estimulando o investimento público e privado em novas cadeias industriais.

3. Porquê insistir no investimento em ciência e tecnologia?

Embora se assuma, tanto em termos académicos, como no exercício da prática dos decisores públicos e privados, que há uma relação linear entre avanços científicos e a inovação tecnológica, a verdade é que o relacionamento entre a ciência e a valorização económica das novas tecnologias é de grande complexidade e subtilidade. Perceber os contornos deste relacionamento é crucial para se garantir que não se exija da ciência o que esta não pode proporcionar em desenvolvimento empresarial nem, do outro lado, se peça às empresas que se envolvam em ciência quando são ténues as razões económicas para o fazer.

Por exemplo, o desafio tecnológico da exploração do Atlântico, designadamente do pré-sal brasileiro, vai exigir formar muitos quadros altamente especializados a vários níveis e incluindo o desenvolvimento de competências (“hard”) em ciências e engenharia, mas também competências (“soft”) ao nível da gestão de engenharia e dos processos industriais, incluindo logística e redes de fornecedores. Adicionalmente, exige a formação de competências operacionais, a vários níveis de sofisticação.

De uma forma sucinta e sem entrar em detalhes de âmbito teórico, nota-se que o desenvolvimento de novo conhecimento para fazer face aos desafios identificados acima

²⁰ Heitor, M., Bravo, M.: Portugal on the crossroads of change, facing the shock of the new: People, knowledge and ideas fostering the social fabric to facilitate the concentration of knowledge integrated communities, *Technological Forecasting and Social Change*, 77, pp. 218-247, (2010).

requer a realização de novas atividades de I&D, assim como a formação de quadros altamente especializados. Este tipo de ações exige naturalmente uma rede diversificada de diferentes instituições, assim como práticas de formação variadas, incluindo atividades de I&D a vários níveis de sofisticação (Tabela 1).

Tabela 1: Análise simplificada da interação entre tipologias de competências e de instituições orientadas para a formação e I&D - aplicação ao caso do petróleo e gás

		Tipologia de instituições e atividades
Tipologia de competências	Ciências básicas (e.g., matemática; física; química; geociências; ciências da comunicação)	Universidades e institutos de estudos avançados com I&D em ciências básicas. Inclui trabalhos laboratoriais.
	Engenharia e ciências aplicadas (e.g., geo-engenharia; engenharia civil, naval, mecânica, eletrotécnica; modelação; sistemas e robótica)	Universidades e institutos de estudos avançados com I&D em engenharia (essencialmente problemas <u>bem estruturados</u>), preferivelmente em colaboração com empresas. Inclui sobretudo <u>trabalhos laboratoriais</u> , podendo ainda incluir algumas formas de trabalho de campo ("Field research")
	Sistemas de engenharia e gestão dos processos industriais e de mudança tecnológica (e.g., logística, inovação tecnológica, gestão industrial, gestão de riscos)	Consórcios de universidades e institutos de estudos avançados com empresas, com I&D em sistemas de engenharia, sobretudo orientados por aplicações de grande escala e incluindo <u>problemas não-estruturados</u> . Envolve, de forma geral, <u>muito trabalho de campo</u> ("Field research")
	Operacionais	Empresas e centros especializados em formação profissional

Por exemplo, é hoje claro que as universidades com atividades de I&D a nível de excelência em ciências e engenharia estão particularmente apropriadas para a formação de competências "hard" em ciências e engenharia, enquanto competências operacionais são preferivelmente desenvolvidas em empresas e/ou outro tipo de instituições de formação especializada. Por outro lado, competências ao nível da gestão de engenharia e dos processos industriais, incluindo logística e redes de fornecedores, exige redes de colaboração entre ambientes universitários e empresariais.

É neste contexto que convém ainda lembrar o trabalho de Paulo Romer²¹, um conhecido economista norte-americano que, entre outros aspectos, mostrou que o papel das políticas

²¹ Romer, P.M. (2000), *Should the Government subsidize supply or demand in the market for scientists and engineers?*, NBER, Working Paper 7723; <http://www.nber.org/papers/w7723>.

públicas para a formação de cientistas e graduados é particularmente crítico para o crescimento económico a longo prazo, tendo estas políticas sido responsáveis pelo rápido crescimento do número de engenheiros e cientistas nos Estados Unidos da América desde o pós-guerra.

No caso de Portugal, a despesa total em I&D atingiu 1,7% do PIB nacional em 2010, aproximando finalmente Portugal dos atuais níveis médios de intensidade da despesa em I&D na União Europeia (1.9% do PIB). Em 2005, a despesa em I&D nacional tinha representado apenas 0,81% do PIB.

A duplicação do investimento total do País em investigação e desenvolvimento entre 2005 e 2010 permitiu reforçar a capacidade científica do ensino superior e de instituições privadas de investigação. Mas se o investimento duplicou em valores anuais, ainda não tem expressão em termos acumulados. O número de novos doutoramentos aumentou de cerca de 330 em 1990 para mais de 1660 em 2010, mas ainda é menos de metade da capacidade de formação avançada nas regiões mais competitivas a nível internacional. A produção científica referenciada internacionalmente cresceu de cerca de 2600 artigos em 2000 para mais de 8200 artigos em 2010, mas ainda tem pouca expressão internacional. Refletiu-se ainda na criação de novas instituições científicas, públicas e privadas, e no alargamento da base de empresas, hospitais e outras instituições com atividade de investigação a operar em Portugal. Por exemplo, mais de duas mil empresas reportam desde 2010 atividades de I&D em todos os sectores de atividade económica, enquanto era cerca de 930 em 2005. Este aumento é particularmente relevante no contexto económico internacional recessivo que caracterizou os últimos anos, tendo a despesa total em I&D das empresas quase que triplicado desde 2005 (a preços correntes) e atingido cerca de 0,80% do PIB (era 0,31% do PIB em 2005). Permitiu uma relativa nova especialização da força de trabalho, apesar da expressão no sector da manufactura ser ainda limitada quando comparada internacionalmente.

Devo ainda notar que os resultados de I&D tendem a ser caracterizados por fortes efeitos colaterais (i.e., “spillover effects” na literatura anglo-saxónica, já referidos anteriormente), ou seja, os benefícios para quem faz I&D estendem-se para além da entidade que faz o investimento. Do ponto de vista das empresas, esta característica leva a um sub-investimento em I&D, já que não há apropriação total dos benefícios desse investimento.

A conclusão é que uma política pública orientada para o aumento da despesa privada em I&D deve passar pelo aumento da despesa pública, o que é contraintuitivo à luz de uma interpretação “linear” dos mecanismos geradores da inovação. No entanto, aquela conclusão está correta atendendo às características da I&D na sua complexa relação com a economia, a inovação tecnológica e o desenvolvimento científico. Aliás, observando a trajetória dos

países que hoje mais investem fundos privados em I&D, verifica-se que, historicamente, este surto foi precedido por elevados e sustentados investimentos públicos²².

Um outro fator a ter em conta na análise da despesa em I&D, seja ela privada ou pública, é que o investimento em I&D serve, na sua grande maioria, para pagar o salário a pessoas e técnicos qualificados. Assim, de forma muito simplificada, a despesa corresponde ao salário médio das pessoas envolvidas em I&D multiplicado pelo número de investigadores e técnicos. Aumentar a despesa pode conseguir-se aumentando o salário médio, mas isto não significa que aumenta a capacidade produtiva do sistema. Esta só aumentará se o aumento da despesa vier associado a um aumento do número de pessoas envolvidas em atividades de ciência e tecnologia, o que poderá implicar a necessidade de estimular a oferta de graus avançados de educação.

Este aspecto enfatiza a condição necessária à atração de recursos humanos qualificados, assim como à necessidade de estimular nos mais jovens o interesse pelas formações técnicas e científicas. De uma forma geral, este tipo de considerações tem levado países industrializados a apostar na divulgação de cultura científica, assim como, em políticas de incentivos diretos para atrair investigadores qualificados.

No caso de Portugal, o número de investigadores na população ativa atingiu pela primeira vez mais de 8 investigadores (em ETI) por mil ativos em 2009 e 2010, superando a média da UE ou da OCDE, e aproximando-se dos níveis dos países mais desenvolvidos. Mais de 44% dos investigadores são mulheres. Assim, o reforço da formação e qualificação de novos recursos humanos, e a sua inserção institucional, a par da captação e fixação de investigadores do resto do mundo, confirmou-se como traço distintivo do desenvolvimento científico e tecnológico na última década²³. Urge preservar, aprofundar e continuar esta trajetória!

4. Qualificação, aprendizagem e ensino experimental

Mas como perceber os desafios contínuos de qualificar as nossas sociedades em tempos de acelerada mudança tecnológica? A análise tem mostrado a necessidade de evoluir sistematicamente para formas "ativas" de aprendizagem, ensino e qualificação, para além das práticas tradicionais de disponibilização de informação, e necessariamente assentes no estímulo ao pensamento crítico e na capacidade de fomentar um espírito de *aprendizagem* constante, associado a formas de envolvimento e mobilização social²⁴.

²² P. Conceição, M. V. Heitor, G. Sirilli and R. Wilson (2004), "The Swing of the Pendulum from Public to Market Support for Science and Technology: Is the US Leading the Way?", *Technological Forecasting and Social Change*, 71(5), pp. 553-578.

²³ M Heitor, H Horta and J. Mendonça (2012), "Developing human capital and research capacity: science policies promoting brain gain", *Technological Forecasting and Social Change*, submetido para publicação.

²⁴ John Seely Brown, Douglas Thomas (2011), "A New Culture of Learning: Cultivating the Imagination for a World of Constant Change", CreateSpace.

Ainda neste contexto, durante os últimos anos, vários estudos de âmbito internacional, incluindo estudos promovidos pela OCDE, têm seguido a formulação original de Eric Von Hippel²⁵ ao chamar a atenção para a emergência do papel dos utilizadores – indivíduos e empresas - na difusão da inovação, mostrando como os modos mais tradicionais de inovar centrados nos produtores de bens e serviços estão a ficar ultrapassados, assim como as estratégias baseadas na protecção da propriedade industrial desses mesmos produtores de bens e serviços.

Este processo de *democratização da inovação*, como chamado por Von Hippel, é radicalmente diferente das principais formas de inovar que nos habituámos a promover durante as últimas décadas, segundo as quais os produtores de bens e serviços trabalham geralmente em circuitos fechado, usando patentes e outros direitos de propriedade intelectual para prevenir a cópia e salvaguardar os seus investimentos em inovação. Enquanto nesses modelos de desenvolvimento económico, os produtores de bens e serviços beneficiam através da venda dos seus produtos e/ou serviços, nas novas formas de inovação que emergem são as empresas e consumidores individuais que beneficiam através da utilização (inovadora) de produtos e serviços.

Se é verdade que os processos de inovação mais tradicionais têm promovido a valorização económica de novas ideias sobretudo por grandes empresas e monopólios industriais, também é verdade que existem hoje um conjunto de novas condições de desenvolvimento humano e tecnológico que nos levam a acreditar na emergência de novas formas de inovar baseadas nos utilizadores. Referimo-nos às vantagens óbvias para os utilizadores, os quais podem desenvolver exactamente o que pretendem, evitando estarem dependentes de produtores de bens e serviços (muitas vezes imperfeitos). Naturalmente que os utilizadores individuais não têm que desenvolver (nem podem) todos os produtos e serviços de que necessitam, mas podem beneficiar de inovações desenvolvidas por outros e partilhadas livremente.

Neste contexto, a inovação baseada nos utilizadores traz um conjunto de vantagens incontornáveis, permitindo valorizar socialmente a inovação (i.e., “the social welfare”, na terminologia de Von Hippel). Naturalmente que esta alteração traz novos horizontes para a formação do engenheiro, chamando a atenção para a sua *função social*. Adicionalmente, traz também novos horizontes para as políticas públicas de apoio á inovação, que geralmente têm sido confinadas ao apoio à inovação centradas nos produtores, nomeadamente através de legislação e fundos de apoio à protecção da propriedade industrial.

Mas a inovação centrada em utilizadores, sendo diferente das formas tradicionais de inovar, vem-nos lembrar mais uma vez da necessidade de reforçar a capacidade individual e o nível de qualificação dos recursos humanos de qualquer sociedade, trazendo novos desafios mas sobretudo um conjunto de novas oportunidades, sobretudo para pequenos países como

²⁵ E. von Hippel (2005), *Democratizing Innovation*, MIT Press

Portugal. Exige necessariamente o reforço da cultura científica e tecnológica e o acesso ao conhecimento pelos vários estratos sociais e culturais.

De facto, Von Hippel mostra-nos que a inovação centrada em utilizadores tende a estar distribuída por redes de utilizadores, ao contrário da concentração em alguns poucos grandes inovadores típicos das formas mais convencionais em que nos habituámos a perceber a inovação tecnológica. Nesse contexto, é a cooperação organizada de redes de utilizadores (indivíduos e empresas), nomeadamente na forma de *comunidades de inovação*, que pode acelerar a difusão da inovação e promover a sua efectiva democratização. Mas o estabelecimento destas comunidades de inovação requer institucionalizar rotinas de colaboração, necessariamente de base local e num contexto internacional, com base em projectos que não estejam limitados por constrangimentos rígidos, facilitando e promovendo o esforço intelectual de conceber novas formas de utilização de produtos e serviços, assim como novos produtos e serviços²⁶. William Mitchell, do *Massachusetts Institute of Technology*, refere-se a estas comunidades como “creative communities” no âmbito das quais a experimentação de novas ideias através de “design studios” é particularmente importante^{27,28}.

É de facto a experiência de projectos de desenvolvimento de novos produtos e serviços em redes de colaboração (designadamente através da prática sistemática de atividades de projeto e de *Design Studios*) que tem sido usada para formar novas competências e facilitar a instalação de novos esquemas de formação avançada em áreas críticas para o desenvolvimento empresarial. Se o sucesso destas iniciativas passam pelo papel crítico de instituições de interface que têm de assegurar a independência das actividades académicas, sem as quais não parece ser possível garantir a integridade institucional necessária à acção universitária, é também verdade que a difusão deste tipo de processos para a prática empresarial passa por perceber os novos desafios dos modelos de inovação que emergem.

De facto, muito se tem escrito sobre o crescente desafio de promover a relevância da universidade e de a aproximar das necessidades das populações e das empresas, e vários instrumentos têm sido desenvolvidos para o devido acompanhamento da investigação com aplicação industrial. Mas o estabelecimento de verdadeiras “parcerias para a inovação” em Portugal, em sectores fortemente globalizados e dependentes de estratégias de concepção de novos produtos (desde o têxtil e calçado, ao sector aeronáutico ou espacial), obriga a

²⁶ Heitor, M.V., and Horta, H. (2012; forthcoming), “Reforming higher education in times of uncertainty: on the relevance of institutional integrity, autonomy and networks”, *Higher Education*, submitted for publication. Ver também, Heitor, M., and Horta, H. (2012), “Science and Technology in Portugal: From Late Awakening to the Challenge of Knowledge Integrated Communities” in Neave, G., and Amaral, A., (Eds) *Higher Education in Portugal 1974-2009: A Nation, A Generation*, Dordrecht: Springer.

²⁷ Duarte, J. and Heitor, M.V. (2001). “The Glass Chair”, IST Press, Lisboa

²⁸ Ver, por exemplo, J. Bento, J. Duarte, M Heitor e W. Mitchell (2004), “Collaborative Design and Learning: Competence Building for Innovation”, Westport and London: Praeger Publ.

melhor compreender o papel crítico e estruturante das relações internacionais e do papel social da universidade, que essas relações exigem²⁹.

De facto, o que está em causa é estruturante pois está associado à necessidade de perceber o desafio de novas dinâmicas de “inovação” que emergem num contexto de crescente incerteza dos mercados, mas também de grande mutação no desenvolvimento tecnológico. A análise sugere políticas activas de aprendizagem, assim como ambientes que facilitem o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento continuado de novas competências³⁰. Sabemos que a inovação é sensível a circunstâncias físicas e sociais específicas, pelo que o sucesso da sua aplicação requer o desenvolvimento de um conjunto complexo de competências humanas e colectivas. Adicionalmente, a tecnologia não está acessível a qualquer preço a qualquer empresa, nem sequer a sua eventual selecção implica necessariamente a sua operação eficiente! Consequentemente, a adopção de tecnologias requer um processo complexo de “aprendizagem”, que sabemos ir muito para além do simples “aprender a fazer”, sobretudo no caso de produtos e serviços de maior valor acrescentado, como aqueles que todos nós procuramos de uma forma crescente.

²⁹ Ver, por exemplo, P. Conceição, M. V. Heitor, (2005), *Innovation for All? Learning from the Portuguese path to technical change and the dynamics of innovation*. Westport and London: Praeger Publ.

³⁰ M. Heitor (ed.), (2004), “Pensar e fazer engenharia com os mais novos”, Lisboa: Dom Quixote