

Uma leitura sobre processos de mudança tecnológica: O que podemos aprender com as tecnologias e os sistemas de informação e comunicação

3

Pedro Conceição e Manuel Heitor

UMA LEITURA SOBRE PROCESSOS DE MUDANÇA TECNOLÓGICA: O QUE PODEMOS APRENDER COM AS TECNOLOGIAS E OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Pedro Conceição e Manuel Heitor

Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas
de Desenvolvimento, IN+
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
<http://in3.dem.ist.utl.pt>

As sete histórias descritas neste livro recordam as trajectórias de algumas instituições e máquinas que marcaram a evolução das tecnologias e dos sistemas de informação em Portugal na segunda metade do século XX, as quais são enquadradas neste capítulo com base numa visão sistémica dos processos de mudança tecnológica. A importância destes aspectos é reforçada pela dimensão relativamente pequena de Portugal, limitando qualquer esforço de análise se o ambiente externo não ficar devidamente entendido. De facto, na sociedade que emerge a questão central relativamente ao papel da tecnologia nos processos de desenvolvimento económico diz respeito à forma como a inovação é estimulada com *base na partilha e difusão de conhecimento*.

Perspectivar os processos de mudança tecnológica

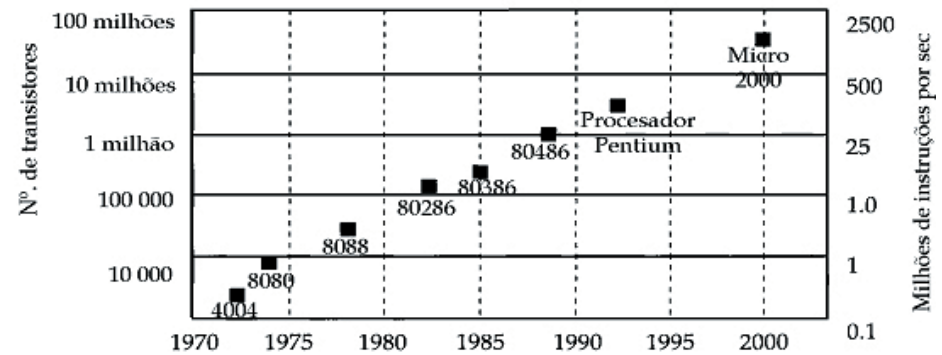
O estudo das relações entre conhecimento, tecnologia e o desenvolvimento económico é uma componente cada vez mais importante da investigação sobre políticas públicas que visam estimular o crescimento ^{1,2}. Estas relações incluem os processos através dos quais a criação, a distribuição, e o uso do conhecimento contribuem para o crescimento económico. Esta perspectiva é em grande medida determinada pela percepção de que o crescimento da geração de conhecimento não tem precedentes antes da revolução industrial. Fogel³, por exemplo, escolhe o contraste entre o desenvolvimento do arado, cerca de 4000 a.C., e o desenvolvimento do vôo, uma ambição constante do espírito humano. Decorreram 2000 anos até que o arado chegasse aos países da Europa mediterrânica, com poucos melhoramentos, mas apenas 66 anos desde o primeiro vôo de avião até à chegada do Homem à Lua.

Ashby⁴ analisou também recentemente de que forma a relativa importância das principais categorias dos materiais (i.e., os metais, polímeros, compósitos e cerâmicos) evoluíram ao longo dos tempos e demonstrou que o uso dos metais aumentou até aos anos 60 do século XX, se bem que a sua importância decrescente durante os últimos 40 anos tenha ocorrido a um ritmo forte, quando comparado com qualquer outra mudança nos últimos 10 000 anos.

Mas seriam os avanços das tecnologias de informação e das telecomunicações que mais alteraram os padrões de desen-

volvimento das sociedades modernas, pelo menos na segunda metade do século XX, tendo permitido reduzir os custos de produção, difusão e processamento da informação. O progresso das telecomunicações e das tecnologias de informação reflecte-se nas conhecidas leis de Gilder e de Moore. A lei de George Gilder refere-se à explosão da largura de banda, relativamente à quantidade de dados que podem ser transportados numa linha de comunicação. Nos anos 60, um cabo transatlântico podia suportar 168 conversas por minuto, enquanto que hoje um cabo de fibra óptica permite suportar 1,5 milhões de conversas, reduzindo o custo por minuto da chamada de telefone internacional de perto de três

Figura i. Evolução da capacidade dos microprocessadores da Intel, 1970-2000.
Fonte: Gates⁵



³ Fogel, R. W. (1999). "Catching Up with the Economy," American Economic Review, 89(1): 1-21. 29.
⁴ Ashby, M.F. (2000) 'Materials selection in mechanical design', Butterworth-Heinemann, Oxford, UK

¹ Conceição, P., Heitor, M. V., (2005), Innovation for All? Learning from the Portuguese path to technical change and the dynamics of innovation. Westport and London: Praeger
² Freeman, C. and Louçã, F. (2002). "As time goes by – from the industrial revolutions to the Information revolution", Oxford University Press.

Dólares, para menos de 1 cêntimo (The Economist, 1997). Por outro lado, Gordon Moore previu em 1965 que a potência do microprocessador duplicasse todos os anos, mas reveriu esta previsão em 1975, sugerindo então que a capacidade duplicasse de dois em dois anos. Por sua vez, Gates⁵ estima que a taxa actual de duplicação se verifica de 18 em 18 meses (Figura i).

É, de facto, conhecido que o advento das novas tecnologias digitais tem captado a atenção da sociedade, sobretudo desde a década de 80⁶. O computador, as telecomunicações e, mais recentemente, a Internet são, de facto, tecnologias poderosas e impressionantes. Afectam as pessoas e as empresas de modo fundamental e permanente. Enquanto que os Estados Unidos tomaram, no fim da década de 1990, a liderança no desenvolvimento e na difusão das tecnologias digitais, e, especialmente, na procura e promoção de formas de obter benefícios económicos do seu uso⁷, a Europa procurava recuperar rapidamente, mas as tecnologias digitais não estavam, no fim do século XX, tão difundidas e não eram tão utilizadas como nos Estados Unidos, à excepção dos telefones móveis⁸.

Mas a emergência da “sociedade de informação” deve ser claramente compreendida a partir de uma perspectiva mais profunda do seu papel em termos de desenvolvimento. Gordon⁹ conclui:

“Não houve aceleração do crescimento da produtividade em 99 por cento da actividade económica americana fora do sector de

⁵ Gates, B. (1996). “The Way Ahead”, Viking Publ., London.

⁶ Conceição, P., Gibson, D. V., Heitor, M. V., Sirilli, G. (2000), knowledge for Inclusive Development: the challenge of Globally Integrated learning and Implications for Science and technology Policy, Technological Forecasting and Social Change, 65, Sept. 2000.

produção de hardware para computadores, o que pode ser explicado pelo redimensionamento dos preços e por uma resposta procíclica normal e modesta. De facto, longe de demonstrar uma aceleração da produtividade, a quebra dessa mesma produtividade tornou-se mais grave; quando os computadores foram retirados do sector produtivo de bens duráveis, houve uma acentuada quebra de produtividade na produção de bens duráveis entre 1995 e 2000 em comparação com o período de 1972-95, não tendo havido, de modo algum, qualquer aceleração na produção de bens não-duráveis.

A questão fundamental é saber se os benefícios dos avanços das TIC’s que têm beneficiado as empresas ligadas aos computadores podem ser estendidos a empresas de outros sectores e à sociedade em geral. Neste sentido, algumas das histórias incluídas neste livro mostram claramente o impacto dos sistemas de informação nas grandes obras públicas, como as barragens, mas também em sectores industriais, como o sector dos moldes em Portugal, sendo natural que leva algum tempo até que estes benefícios se revelem estatisticamente nestas indústrias, mas é provável que se expandam a outros sectores. Note-se que as tecnologias digitais estão a ganhar importância em termos do seu peso económico e nas mudanças que estão a introduzir na vida das pessoas e no comportamento das empresas.

Uma outra perspectiva sobre a relação entre as TIC e o desempenho económico sugere que o computador e as tecnologias digitais a ele associadas fazem parte de uma

transição de regime, no seguimento da formulação pioneira de Freeman e Perez¹⁰. Esta hipótese sugere que a emergência de uma nova tecnologia radical requiere um número de melhoramentos tecnológicos menores, assim como ajustamentos institucionais e sociais, de modo a ter impacto na economia. Por outras palavras, a emergência de uma tecnologia radical requiere tempo. Neste contexto, a análise histórica proposta entre outros, por Paul David, revela que anteriores descobertas tecnológicas importantes levaram décadas até terem um efeito económico mensurável. No seu trabalho de 1990, Paul David¹¹ concentrou-se na substituição de motores a vapor por eléctricos, e estabeleceu uma equivalência histórica com o computador. Mais recentemente, David¹², sugere que o mesmo tipo de mecanismos “de atraso” se podem verificar hoje com as tecnologias digitais e a Internet¹³.

Considerar a Inovação Através do Tempo e do Espaço: A Abordagem de Paradigmas Técnico-Económicos

A interacção entre a emergência de novas tecnologias e as mudanças nos padrões económicos e sociais manifestados em muitas das comunicações incluídas nas sete histórias relatadas neste livro pode ser compreendida, de acordo com Schumpeter, como um processo de destruição criativa. Como primeira avaliação, esta afirmação é óbvia: as novas tecnologias são perturbadoras e muitas vezes substituem as antigas. A um nível mais abstracto de análise, as implicações das novas tecnologias são mais abrangentes. O impacto

⁷ Na realidade, dois investigadores Europeus do CERN, o maior laboratório europeu de investigação de física das partículas, inventaram a World Wide Web.

⁸ Cornet, P., Milcent, P., Roussel, P.-Y. (2000). “From e-Commerce to Euro-Commerce,” The McKinsey Quarterly, 2, pp. 31- 45.

⁹ Gordon, R. (1999). Has the ‘New Economy’ Rendered the Productivity Slowdown Obsolete?, mimeo.

é muitas vezes sentido não apenas como uma substituição das velhas tecnologias pelas novas, mas traz consigo oportunidades a novas empresas e dificuldades a empresas existentes, torna obsoletas algumas ocupações e mudanças na estrutura do emprego. Por outro lado, nem todos os avanços tecnológicos são perturbadores ao ponto de alterarem significativamente as condições económicas e sociais. De facto, muitos avanços tecnológicos e inovações fazem sentir o seu impacto de uma forma relativamente moderada, quando analisados de uma perspectiva macro-económica.

Neste contexto é possível conceptualizar a interação entre as novas tecnologias e a evolução das condições económicas através do conceito de *paradigma técnico-económico*. Um paradigma técnico-económico engloba um cluster relativamente estável de tecnologias *nucleares*, à volta das quais se processa a inovação e a actividade económica. As tecnologias nucleares produzem um forte impacto na economia e na sociedade, sendo definidas como nucleares dado o seu potencial de generalização e penetração num vasto número de produtos e processos, ao longo de todos os sectores da actividade económica. A Tabela 1 ilustra os que usualmente se consideram ser os mais importantes paradigmas técnico-económicos.

Tendo em conta o conceito de paradigma, as tecnologias nucleares quase que não se alteram ao longo do tempo, o que não quer dizer que não exista progresso económico ou tecnológico. Pelo contrário, as tecnologias nucleares defi-

¹⁰ Freeman, C., Perez, (1986). The Diffusion of Technical Innovations and Changes in Techno-economic Paradigm, mimeo.

¹¹ David, P. (1990). "The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Productivity Paradox," American Economic Review, 80(2): 355-361.

Tabela 1- Os principais paradigmas técnico-económicos

Período aproximado	Descrição	Principais sectores	Organização Económica
1770s a 1840s	Mecanização inicial	Têxteis, Canais, Estradas com portagens	Empresários em nome individual e pequenas empresas; capital local e riqueza individual
1830s a 1890s	Energia a vapor e caminhos de ferro	Motores a Vapor, Caminho de Ferro, Transportes Marítimos Mundiais	Competição entre pequenas empresas, mas verifica-se a emergência de grandes empresas com dimensão sem precedentes; empresas de responsabilidade limitada e sociedades anónimas
1880s a 1940s	Engenharia Electrotécnica e pesada	Engenharia Electrotécnica, Indústrias de Processos Químicos, Navios de Aço, Armamentos Pesados	Empresas gigantes, cartéis, trusts; fusões e aquisições; regulação estatal e entrada em vigor de leis anti-trust; equipas de gestão profissional
1930s a 1980s	Produção em Massa ("fordista")	Automóveis, Aviões, Bens de Consumo Duráveis, Materiais Sintéticos	Competição oligopolista; emergência de empresas multinacionais; aumento do investimento estrangeiro directo; integração vertical; estilos e abordagens de gestão tecnocrática
1970s a ...	Tecnologias de Informação e Comunicação	Computadores, Software, Telecomunicações, Tecnologias Digitais	Redes de grandes e pequenas empresas com base crescente em redes de computadores; onda de actividade empresarial associada com as novas tecnologias; fortes clusters regionais de empresas inovadoras e empresariais

Fonte: Adaptado de Freeman e Soete¹⁴.

¹² David, P. (2000). "Understanding Digital Technology's Evolution and the Path of Measured Productivity Growth: Present and Future in the Mirror of the Past," in Brynjolfsson, E., Kahin, B. (eds.), Understanding the Digital Economy, Cambridge, MA: MIT Press.

¹³ Helpman, E. (1998) (ed.). General Purpose Technologies and Economic Growth, Cambridge, MA: MIT Press.

nem o conhecimento e os incentivos para que haja inovação e actividade económica. Ao mesmo tempo, este progresso está inerentemente limitado pelas condições estabelecidas pela interacção das tecnologias nucleares com as formas dominantes da actividade económica, desde a organização das empresas, à distribuição e ao emprego. Em consequência, o progresso existe no âmbito de um certo paradigma técnico-económico, mas ocorre num quadro definido por um conjunto de tecnologias nucleares e formas de organização de actividade económica.

Assim, no âmbito de um paradigma, a inovação ocorre à medida que as tecnologias nucleares se tornam cada vez mais difundidas e influenciam domínios cada vez mais vastos da produção e distribuição. Exemplos destes processos estão claramente ilustrados neste livros através da utilização de computadores nas empresas hidroeléctricas e no sector dos moldes para plástico. Quando ocorre um avanço tecnológico de grande impacto, perturbando as tecnologias nucleares existentes e as formas dominantes de organização económica, surge então um novo paradigma técnico-económico. A substituição das tecnologias nucleares do paradigma antigo cria uma nova onda de invenções e inovações e já não está mais ligado às tecnologias nucleares do paradigma anterior. A emergência de uma nova tecnologia nuclear exige, e cria, oportunidades para o aparecimento de um novo conjunto de pequenas e progressivas inovações que permite a utilização generalizada das novas tecnologias nucleares. Assim,

¹⁴ Freeman, C., Soete, L. (1997), *The Economics of Industrial Innovation - Third Edition*, Cambridge, MA: MIT Press.

¹⁵ Schumpeter, J. (1911); *The Theory of Economic Development*.

¹⁶ Schumpeter, J. (1943); *Capitalism, Socialism and Democracy*.

quando uma mudança ocorre num paradigma técnico-económico temos não apenas um “efeito de substituição”, mas também uma expansão da fronteira criativa que permite a emergência de novas tecnologias e, finalmente, uma nova mudança para outro paradigma técnico-económico.

Adicionalmente, para além dos factores puramente tecnológicos e económicos, os modelos sociais e institucionais que se enquadram num certo paradigma técnico-económico podem não ser adequados a um novo. De facto, o processo de emergência de um novo paradigma técnico-económico resulta da interacção das esferas tecnológicas, económicas, institucionais e sociais. O facto de se introduzir uma só tecnologia pode não ter qualquer efeito se o conjunto de mudança nas outras dimensões não acompanhar as novidades tecnológicas. É possível que um determinado conjunto de instituições e características sociais forneça contextos suficientes à inovação tendo em conta um paradigma definido; por outras palavras, não é necessário criar instituições e regras sociais ao mesmo ritmo que os progressos de inovações tecnológicas. Mas quando existe uma mudança no paradigma técnico-económico, pode ser necessário um novo quadro institucional.

Este aspecto é particularmente ilustrado pelas histórias relatadas neste livro em torno dos casos do “PC português” e do INESC. Enquanto o primeiro caso mostra a tentativa de considerar o desenvolvimento de uma tecnologia emergente com base num padrão de industrialização antiquado, sem

ter em conta a emergência de uma nova ordem global, o segundo caso está particularmente associado à criação de uma nova organização de base universitária de forma a ultrapassar a obsolescência do sistema universitário português perante a emergência de um novo paradigma técnico-económico.

Ainda no contexto do caso do INESC ou da Datamatic relatados neste livro, deve ser notado que vários autores, trabalhando em colaboração e independentemente, desenvolveram a teoria dos paradigmas técnico-económicos que se pode considerar que teve origem em Schumpeter, para quem as expectativas de lucros levariam o “empreendedor” a inovar. A motivação do empreendedor para inovar é gerada pela posição monopolística temporária a partir da qual o inovador tiraria benefícios. Schumpeter considerava esta posição temporária porque as vantagens desta posição privilegiada provavelmente “definiriam no vértice da competição que fluem depois delas”, visto que outras firmas copiarão o inovador¹⁵.

Em consequência, para Schumpeter a inovação aparece na vanguarda do progresso económico, promovendo a prosperidade. Na versão posterior destas mesmas ideias, Schumpeter melhorou a versão anterior de um empreendedor num mercado perfeito composto por uma série de empresas em competição que destroem qualquer vantagem de mercado persistente. No seu trabalho final, Schumpeter¹⁶ reconheceu algumas grandes empresas que conseguiam suportar uma vantagem de mercado por uma institucionalização do

esforço para inovar através do estabelecimento de grandes infra-estruturas de I&D. Naturalmente que este facto é hoje bem conhecido e que não é alheio das histórias do “PC português” ou da DATAMATIC relatadas neste livro.

Mas no contexto deste livro, é ainda importante realçar duas dimensões da teoria do paradigma técnico-económico: o tempo e o espaço. O *tempo* é, de facto, crucial, como vimos, visto que o processo de mudança tecnológica e o seu impacto económico e social é visto como um progresso, mais estável no âmbito de um certo paradigma técnico-económico, e muito diferente através dos paradigmas técnico-económicos, que diferem ao longo do tempo. O *espaço* é igualmente importante, visto que não é claro que um certo paradigma técnico-económico vá afectar todas as regiões do mundo de forma semelhante. Certamente que haverá diferentes taxas de adopção de novas tecnologias nucleares quando existe uma mudança de paradigma, diferentes formas em que inovações específicas e formas de organização económica se desenvolvem em diferentes países e diferentes regiões. Alguns países podem originar ou levar ao desenvolvimento de um novo paradigma técnico-económico, podendo outros ficar para atrás, ou até permanecerem mais perto do antigo paradigma do que do novo.

Mas ainda no contexto das histórias relatadas neste livro existe uma ideia importante que une as dimensões espaço-temporais da teoria do paradigma técnico-económico que tem por base o conceito de trajectória tecnológica no âmbito

¹⁷ Lundvall, B.A. (1992). *National System of Innovation – Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Printer Publishers.; Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems*, Oxford, UK: Oxford University Press. Edquist, C. (1997). *Systems of Innovation – Technologies, Institutions and Organizations*. Printer Publishers.

to dos sistemas de inovação nacionais¹⁷. A ideia de trajectórias dos sistemas de inovação defende que cada país segue o seu próprio caminho de desenvolvimento, no âmbito do enquadramento geral do paradigma técnico-económico existente – o que é de importância fundamental – influenciado pela história passada e pelas condições específicas do contexto local.

Este facto origina a discussão das assimetrias de desempenho dos países, o que, de acordo com a nossa interpretação avançada em trabalhos anteriores¹, pode ser visto como sendo dependente do que poderíamos chamar na generalidade de acumulação de conhecimento através do processo de “aprendizagem”. Conceptualmente, os fundamentos da relação entre a aprendizagem e o crescimento económico estão bem definidos na literatura¹⁸, e resultam de uma combinação de uma perspectiva puramente neoclássica de crescimento com a visão de Schumpeter. A aprendizagem reflecte-se em capacidades melhoradas das pessoas, e na geração, difusão e utilização de novas ideias¹⁹. Do mesmo modo, a aprendizagem organizacional reflecte processos sociais conduzidos por culturas colectivas e atitudes de gestão apropriadas. A capacidade de gerar continuamente capacidades e ideias (ou seja, acumular conhecimento através da aprendizagem) é, em última análise, o motor do crescimento económico.

A Sociedade da Aprendizagem: Um Enquadramento para Perceber as Novas Exigências da inovação

É bem conhecido que as tecnologias de informação e comunicação têm facilitado a transição gradual para as economias baseadas no conhecimento, a qual intensificou-se nos últimos anos do século XX. De acordo com dados da OCDE, mais de 50% do PIB dos países da OCDE²⁰ está associado às indústrias baseadas no conhecimento. No entanto, no início do novo milénio, verifica-se uma mudança mais importante, ou seja, o aumento da importância do conhecimento e da aprendizagem para a prosperidade económica²¹. Por exemplo, Lundvall e Johnson²² afirmam que a intensidade da aceleração da criação e difusão do conhecimento exige uma caracterização mais pormenorizada. Na opinião de Lundvall, devíamos falar sobre a emergência da sociedade da aprendizagem uma vez que o aspecto fundamental está associado a uma perspectiva dinâmica, como foi recentemente analisado em termos do actual contexto europeu. Segundo aqueles autores, há conhecimentos que se tornam realmente importantes, mas existem também conhecimentos que se tornam menos importantes. Tanto existe criação de conhecimento como destruição de conhecimento, o que nos força a olhar para o processo com atenção, em vez de se registar apenas uma mera acumulação de conhecimento.

Neste contexto, *em que situação é que Portugal se encontra no final do século XX?* Em termos gerais, pode dizer-se que o nível absoluto dos indicadores que indicam até que ponto

¹⁸ Ver, por exemplo, Landes, D. (1969). *The Unbounded Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge and New York: Cambridge University Press.

¹⁹ Conceição, P., Heitor, M.V. and Lundvall, B.-A. (2002), “Innovation, Competence Building and Social Cohesion in Europe: towards a learning society”, Edward Elgar.

Portugal está empenhado *na economia do conhecimento* é relativamente baixo, mas que o crescimento recente tem sido notável¹. A percepção de níveis relativamente baixos, embora com taxas de crescimento elevadas, é confirmada quando estamos perante as tecnologias mais relevantes para a economia do conhecimento: *as tecnologias de informação e de comunicação* (TIC). Mais uma vez, muitos países revelam taxas de crescimento inferiores a 4%, com a despesa em TIC como percentagem do PIB nos EUA cerca de 2% acima da média europeia, apesar de países como a Suécia superarem o desempenho dos EUA. No final do século XX, o nível de despesa em TIC relativamente a Portugal era cerca de 1% inferior à média da União Europeia. Mas a taxa de crescimento em despesa foi notável. De facto, Portugal lidera os países da OCDE quanto à taxa de crescimento da despesa em TIC, com uma taxa de crescimento superior a 10% durante a década de 90.

Mas voltando à conceptualização da economia baseada no conhecimento, pode dizer-se que, fundamentalmente, o desempenho em ambientes competitivos em conhecimento depende da qualidade dos recursos humanos (nomeadamente, da sua especialização, das suas competências, do nível educativo, da capacidade de aprendizagem) e das actividades e incentivos que são orientados para a criação e difusão de conhecimento. A este respeito, a situação de Portugal é claramente deficitária e as várias histórias relatadas neste livro mostram claramente uma situação continuada de défice de qualificações e de instituições capazes de promover o conhecimento científico durante grande parte do último século.

De facto, tendo por base um forte contexto internacional de acelerada mudança tecnológica e crescente incerteza nos mercados, o desenvolvimento do sistema de C&T em Portugal viria a resultar de um confronto permanente entre *políticas de necessidades e políticas de oportunidades*, das quais a integração europeia em meados da década de 80 é o passo mais relevante²³. Mais uma vez, a história do INESC relatada neste livro vem reforçar esta análise. Mas é sobretudo num âmbito de relativa mudança que as histórias incluídas neste livro são particularmente importantes para mostrar a relativa juventude e fragilidade do sistema de C&T português.

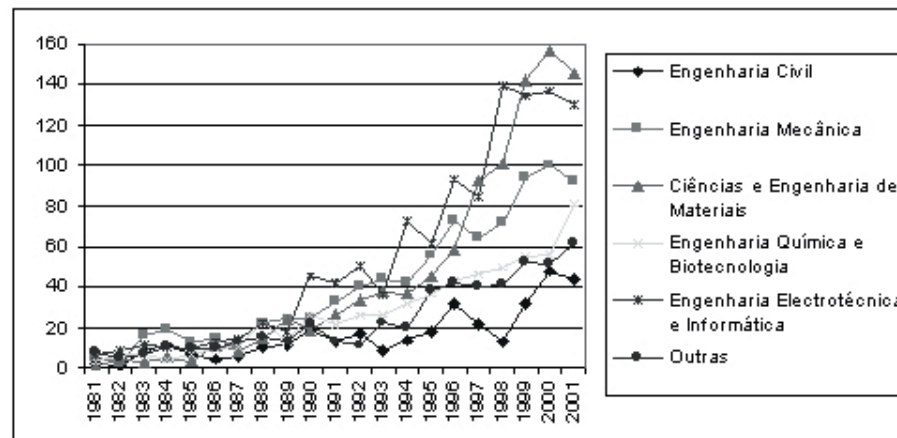
²⁰ OECD (1999), Science, Technology and Industry Scoreboard-Benchmarking Knowledge-Based Economies, Paris: OECD.

²¹ OECD (2004), Science, technology and Industry Outlook, Paris, OECD.

²² Lundvall, B. -A., Johnson, B. (1994). "The Learning Economy," Journal of Industry Studies, 1/2: 23-42.

Figura ii. Evolução da produção científica em revistas classificadas e reconhecidas pelo ISI, na área das ciências da engenharia em Portugal, 1981-2001

Fonte: OCES



²³ M. Heitor, H. Horta (2004). "Engenharia e desenvolvimento científico", em M. Heitor, J.M.B. Brito, M.F. Rollo (eds.), "Momentos de Inovação e Engenharia em Portugal no século XX", Lisboa: Dom Quixote.

Naturalmente que o atraso em C&T que caracteriza Portugal no final do século XX, quando comparado em termos europeus, está relacionado com o facto do desenvolvimento científico não ser alheio da liberdade de pensamento, e que portanto foi severamente penalizado com o Estado Novo e até aos anos 70. Mas que fique claro que o processo de integração europeia e o consequente crescimento do sistema de C&T, sobretudo durante a 2ª metade da década de 90, não pode constituir um argumento sobre a maturidade do sistema em Portugal. O volume da despesa da UE em I&D quantificada em termos de PIB, em 2000, era de 1.88% enquanto para Portugal esse valor era de 0.87% em 2002. Portugal também detém um menor número de investigadores por permilagem de população activa quando comparado com a média Europeia (respectivamente 3.4 em 2002, enquanto 5.3 para a UE em 1999 e 8.1 para os EUA), assim como de pessoal total em I&D, também quando medido em termos de permilagem de população activa (com 4.4% para Portugal em 2002, e 9.9% para a UE em 1999).

A Figura ii ilustra a evolução da produção científica nacional nas áreas da engenharia entre 1981 e 2001, mostrando um acentuado crescimento nos últimos anos da década de 90, nas várias áreas, incluindo a engenharia electrotécnica e de computadores. Mas interessa notar que o financiamento médio por investigador em Portugal é ainda no início do

século XXI um terço da média europeia, mesmo para a nova Europa a 25, sendo que um investigador no ensino superior nesta Europa dos 25 tem disponível cerca de metade do financiamento de um colega nos EUA. Adicionalmente, o financiamento total em I&D por habitante era ainda em 2001 apenas cerca de 22% do valor respectivo para a Europa dos 15 e 26% do valor para a Europa dos 25 (assim como apenas 64% do valor respectivo em Espanha). Comparativamente a capitação do PIB na mesma altura era somente cerca de 75% do valor médio para a Europa dos 15, o que mostra o efectivo défice de financiamento da I&D em Portugal.

De facto, a análise destes números, quando enquadrada pelas histórias incluídas neste livro no contexto do desenvolvimento científico português, mostra a contínua escassez de recursos humanos e materiais quando comparados em termos internacionais, e sobretudo a debilidade do quadro institucional vigente. Mesmo tendo em atenção a evolução ao longo da década de 90, os resultados continuam a evidenciar um atraso científico estrutural, particularmente materializado na falta de autonomia das instituições científicas e na sua consequente dependência do Estado²⁴. De facto, muitas das histórias incluídas neste livro levam a considerar que o aumento da complexidade da engenharia ao longo do século XX foi acompanhado por um crescimento do sistema de ensino superior apenas desde os anos 70, nomea-

damente com preocupações sociais e económicas, mas sem considerar a valorização da ciência, e portanto desprezando aspectos emergentes da procura de novo conhecimento em áreas estruturantes, como a saúde, o ambiente, a energia, as telecomunicações e os transportes.

Em suma, a sustentabilidade da economia do conhecimento e da sociedade da aprendizagem em que vivemos, nomeadamente a nível global, é uma tarefa que vai para além dos desafios tradicionais. As mudanças na composição da mão-de-obra, juntamente com a crescente internacionalização da economia, os avanços constantes da tecnologia e a disseminação de novos modelos inovadores de organização do trabalho, requerem um investimento substancial em capital humano para que se atinjam os requisitos em termos de capacidades e qualificações dos futuros empregos. Sendo claro hoje que a relativa massificação do acesso à internet e a vulgarização das tecnologias de informação e comunicação desempenham factores críticos de desenvolvimento, mas que por si só não promovem esse desenvolvimento, concluímos notando que mobilizar a sociedade de informação passa por articular aspectos relacionados com a gestão da incerteza nos processos de difusão das tecnologias de comunicação e informação²⁵, o que exige investir em mais e melhor conhecimento.

²⁴ M. Heitor, H. Horta (2004). “Engenharia e desenvolvimento científico”, em M. Heitor, J.M.B. Brito, M.F. Rollo (eds.), “Momentos de Inovação e Engenharia em Portugal no século XX”, Lisboa: Dom Quixote.

²⁵ Mansell, R. e Steinmueller, W., (2000), “Mobilizing the Information Society: Strategies for Growth and Opportunity”, Oxford University Press, Oxford.

Anexo. Alguns factos sobre a introdução dos sistemas de informação e comunicação em Portugal

(adaptado de Heitor et al., 2003)

1930	Início da automatização da rede telefónica, em Lisboa (zona de intervenção da APT).	7/ 25 /73	A Lei n.º 5/73 define as Bases do Sistema Educativo e promove a criação da Universidade Nova de Lisboa, da Universidade de Aveiro, da Universidade do Minho, aonde são lançadas importantes iniciativas nas áreas das tecnologias de informação e comunicação.
1932	A ITT funda a Standard Eléctrica, SARL (posteriormente Alcatel Portugal, SA).	1974	O LNEC cria a Divisão de Informática, incluindo o Grupo de Aplicações em Inteligência Artificial. No ano seguinte é instalado o computador DEC-10, facilitando o cálculo automático de estruturas.
1938	Entrada da IBM em Portugal, com a denominação social Sociedade de Máquinas Watson Portugal, SA, lançando a instalação de equipamentos electromecânicos e de mecanografia.	1979	Nasce em Braga a Datamatic, empresa integradora de sistemas multimarca e software on-line de gestão, que lança uma marca portuguesa de minicomputadores
1942	Os CTT dão início à automatização da sua rede telefónica, em Outubro, com a instalação de equipamento do fabricante inglês ATE no grupo de redes de Coimbra.	8/4/80	Criação do INESC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, na sequência de um despacho conjunto (nº 214/80) do Ministério dos Transportes e Comunicações e do Ministério da Educação
1950	Criação do GECA, Grupo de Estudos de Comunicação Automática, dos CTT, o qual se transformará em 1972 em CET - Centro de Estudos de Telecomunicações	1980	Realiza-se em Lisboa o 1ºCPI – Congresso Português de Informática, organizado pela API - Associação Portuguesa de Informática, nas instalações da F. C. Gulbenkian
1957	A 7 de Março a televisão chega oficialmente a Portugal com o início das emissões regulares da RTP.	1980...	Lançamento de várias empresas privadas de serviços e software ao longo da década de 80, incluindo a Inforgal, que, tal como a Time-Sharing, entraram no mercado de capitais.
1957	É criado o Centro de Cálculo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), sendo equipado com um NCR Elliott 803, usado especialmente para cálculos de estruturas.	1980...	É promovida na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra o projecto de desenvolvimento de placas multiprocessador, que viria a originar o lançamento da fabricação, na Figueira da Foz, do PC português, Ener1000
1960	Começa a funcionar o cabo coaxial entre Lisboa e Porto, que começou a ser instalado em 1957	1985	A rede de caixas Multibanco entra em funcionamento em Setembro, através da criação da SIBS, um consórcio de vários bancos concorrentes
1967	Na década de 60 são instalados alguns grandes computadores em Portugal, incluindo o NCR 4100 no Laboratório de Cálculo Automático da Faculdade Ciências da Universidade do Porto (em 1967), e pouco depois o NCR 4100 no Instituto Gulbenkian de Ciência (criado em 1961).	1985	Em Outubro, o Governo adjudica à Siemens, em associação com a Centrel, e à Alcatel, em ligação com a Standard Eléctrica, o fornecimento das centrais digitais de comutação telefónica
1969	Entram em funcionamento os primeiros sistemas de cabos submarinos telefónicos da CPRM, ligando Portugal à África do Sul e ao Reino Unido	1985	Arranca o projecto Unirob, que promove a robótica inteligente em Portugal
1970	Nasce a Centrel - Centro de Electrónica Geral, Lda. Consolida-se o investimento estrangeiro na fábrica de discos da Control Data, CDC, na margem Sul do Tejo. É criada a Sociedade Portuguesa de Computadores (Time Sharing).	1985	O primeiro cabo de fibra óptica dos TLP é instalado em Lisboa.
1970...	Estabelecimento no Laboratório de Física e Engenharia Nuclear (que tinha sido criado em 1961) de 2 grupos importantes de electrónica, nomeadamente em instrumentação para física nuclear e para controlo do reactor, que viriam a promover mais tarde a criação de vários grupos de investigação e desenvolvimento em tecnologias de informação (nomeadamente na UNL, UA, e no próprio LNEC)	1985...	O projecto SIFO (Rede de Serviços Integrados por Fibra Óptica), financiado pelos operadores públicos de telecomunicações e promovido pelo INESC, constituiu a primeira experiência em Portugal de uma rede de banda larga com integração de serviços

²⁶ M. Heitor, J.M.B. Brito, M.F. Rollo, H. Cayatte, J. Pessoa, R. Trindade (eds), (2003), “Engenho e obra: memória de uma exposição”, Lisboa: Dom Quixote

Anexo. Alguns factos sobre a introdução dos sistemas de informação e comunicação em Portugal (continuação)

1989	Em Agosto de 1989 é criado o Instituto de Comunicações de Portugal, ICP, para coordenação e planeamento do sector das comunicações
1990	É lançado, com uma duração de três anos, o Programa Ciência, que financiou a expansão do INESC e a criação do Instituto de Telecomunicações, IT, e do Instituto de Sistemas e Robótica, ISR, entre outros.
1990	A primeira experiência de telemedicina em Portugal é realizada pelo Inesc Aveiro e pelo Serviço de Neurofisiologia do Hospital Santo António, no Porto
1990...	Consolidação na década de 90 do sector empresarial em sistemas de informação através de empresas privadas de serviços e software de gestão, incluindo a CPCsi, a Geslógica, a Quattro, a BCI, ... entre outras. Entram no mercado português as grandes empresas multinacionais de consultoria, como a Andersen (depois Accenture) e a Ernest&Young. É criada a Edinfor Sistemas Informáticos, S.A., centro de competências do Grupo EDP em matéria de Tecnologias de Informação.
1994	É o ano do arranque da Internet em Portugal
1995	A TMN lança o primeiro serviço de telefonia móvel pré-pago. A primeira chamada GSM em Portugal tinha sido efectuada em 1992
1995	No Verão, todas as portagens em Portugal passam a dispor da Via Verde, introduzida em 1991 na área de Lisboa
1995	Criação da Easyphone (hoje Altitude Software)
1996	É desenvolvido o primeiro veículo submarino autónomo civil europeu MARIUS para exploração marinha, no âmbito de um projecto da CE coordenado pelo ISR do Instituto Superior Técnico, o que viria a possibilitar a partir de 1999 operações de batimetria automática no mar dos Açores com base em veículos robóticos do ISR
2000	A 1 de Janeiro entram em actividade os novos operadores da rede fixa. No serviço móvel, contam-se no final do ano mais de 6,6 milhões de assinantes
2000...	Novas empresas privadas de serviços e software entram no mercado de capitais (ParaRede e a Novabase). Consolidam-se fusões e aquisições, nomeadamente a nível internacional.