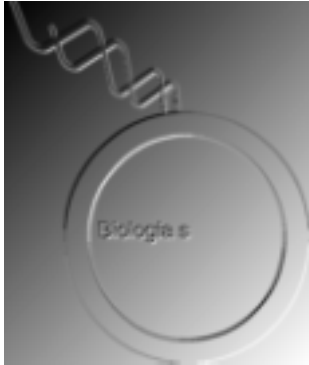


Ciência e Tecnologia III¹:

inter-relações e relações com a sociedade



H. Gil Ferreira

Departamento de Química da
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Aplicações : o que significa TECNOLOGIA?

Na sua “*História da Filosofia Ocidental*” (Russell, 1946) Bertrand Russell afirma a certa altura: “Quase tudo o que distingue o mundo moderno de séculos anteriores pode atribuir-se à ciência, que realizou os seus triunfos mais espectaculares no século XVII.” É evidente que Russell está a usar a palavra “ciência” no sentido de “saber fazer” e isso significa na realidade modificar o mundo que nos rodeia de modo a obter resultados práticos previsíveis em nosso proveito, quer se trate da produção agrícola, da utilização de energia, da utilização de máquinas para aumentar a rentabilidade do trabalho humano ou da prevenção ou tratamento de doenças. Não está com certeza a falar da teoria da gravitação universal, das teorias sobre a natureza da luz, da teoria molecular dos gases, de modelos cosmológicos, da física das partículas sub-atómicas, da teoria da valência (já ouvimos o que Weinberg tema dizer a este respeito) ou da génese do potencial de acção. Russell não falava de saber mas de saber fazer, ou seja de tecnologia.

Por outro lado, a utilidade prática da tecnologia não precisa de ser explicada porque está acessível a todos os humanos, que vivem nas sociedades mais primitivas e nas mais avançadas. A maneira como se constroem casas, como se fabricam tecidos, como se criam animais, como se cozinha, como se fabricam automóveis, computadores ou aviões são exemplos de tecnologia. É por via da tecnologia que as comunidades humanas se tornam cada vez mais imunes aos arbítrios do ambiente.

¹ Conferência proferida na Universidade Aberta em 6 de Maio de 1997

Não surpreende portanto que nos nossos dias se afirme frequentemente que o aspecto social e político mais importante das eventuais implicações do progresso científico é a sua repercussão no desenvolvimento técnico e industrial.

Os investimentos em investigação atingiram dimensões gigantescas especialmente na física de partículas, na investigação espacial e astronomia, na defesa (Galison e Hevly, 1992), na genética molecular (programa Genoma Humano) e na biomedicina. Como uma parte apreciável dos fundos provem dos impostos por via dos orçamentos dos Estados, desde há umas três dezenas de anos que cresce o movimento político e cívico que pede contas aos cientistas da maneira como gastam o dinheiro.

Se a investigação científica tivesse repercussões garantidas e previsíveis na tecnologia e uma vez que a procura de fundos para financiar investigadores e projectos científicos excede largamente os recursos financeiros disponíveis, seria necessário adoptar critérios estratégicos (não exclusivamente científicos) para fazer opções. O mais óbvio seria necessariamente a contribuição para o bem comum (por via da tecnologia).

A filosofia proposta por V. Rothschild para o Reino Unido, no princípio da década de 70, foi adoptar as regras da indústria. A investigação orientada (não pura), que correspondia nessa altura a 75% da pesquisa financiada pelo Estado (britânico) por intermédio dos seus conselhos de investigação, devia ser paga por contractos celebrados entre o departamento que “encomendava” a investigação (a quem o dinheiro era entregue) e a instituição em que a pesquisa se desenvolvia. Esta seria uma maneira funcional de exercer um controlo apertado sobre a actividade dos cientistas.

Na altura houve grande reacção por parte dos cientistas e o principal argumento para libertar os cientistas destas constricções foi a identificação de descobertas (por exemplo: a genética convencional que permitiu o apuramento de espécies animais e vegetais muito produtivas; o desenvolvimento de vacinas) que só por si tinham pago todo o investimento em pesquisa durante o período em que estas descobertas se fizeram. Esta argumento é válido se for possível prever descobertas. Caso contrário não difere muito de se defender a compra de bilhetes de lotaria como modo de enriquecer.

É inegável que um certo número de descobertas fundamentais como a origem bacteriana de muitas infecções, a imunologia ou as tecnologias laser, tiveram tremendas repercussões na tecnologia e

portanto na vida das comunidades. A pergunta fundamental é: como se fazem as previsões da rentabilidade do investimento em ciências básicas, sobretudo em países de recursos limitados como Portugal?

Neste contexto, convém escolher uma definição de tecnologia que nos ajude, como cidadãos, como técnicos, como cientistas e como políticos, a formar opiniões e a tomar decisões sensatas. Em termos gerais tecnologia é a simples *aplicação prática do saber*. Esta definição é de tal maneira genérica que não tem utilidade prática. Pode no entanto perguntar-se: em que circunstâncias um conceito restritivo, operacional, de tecnologia, pode ter importância? A resposta é simples: quando é necessário tomar decisões políticas, económicas ou financeiras. Quando uma agência pública tem de investir em pesquisa, quando a indústria está interessada em melhorar ou modificar a sua tecnologia, quando o sistema educacional deseja treinar pessoas com perfis bem definidos. Se tivermos presentes estes objectivos o produto tecnológico tem, obrigatoriamente, de ter valor económico quer se trate de *maneiras de fazer* (“know how”) ou de *utensílios*. Em ambos os casos o produto tem de preencher um nicho do mercado de consumo, ou seja, vir ao encontro de uma procura potencial ou real. Nestas circunstâncias a Investigação e Desenvolvimento (ID, no sentido de investigação aplicada) é o resultado de uma cadeia (em série) de passos:

1 - Identificação do Nicho de Mercado:

- aperfeiçoamento de um produto existente
- criação de um produto para um nicho *vazio*
- criação de um produto novo com a previsão que originará um nicho.

2 - Desenvolvimento da *ideia* do produto (gravação de sinais de vídeo em banda magnética)

3 - Desenvolvimento do *produto* comercial (vídeo -gravador) que incorpora a *ideia*.

4 - Criação da estrutura produtiva (financiamento, fábrica, etc.)

5 - Comercialização (promoção, distribuição, criação de apoio técnico, etc.).

É imediatamente aparente que qualquer das fases desta cadeia é extremamente complexa, depende da escolha de soluções originais e é igualmente importante, uma vez que não há produto tecnológico se qualquer delas falhar. Se quisermos comparar o processo tecnológico com o processo

científico eles só têm de comum a fase 2, a que este último se reduz². Só assim se percebe algo que a maioria esmagadora dos cientistas se recusa aceitar: *as aplicações tecnológicas da ciência são raras e imprevisíveis*. É esta a razão porque para países como nós, investir em ID pode ser um risco tremendo. Por outro lado é ilusório pensar que a investigação fundamental vai dar origem a produtos industriais e mais ilusório ainda pensar que é possível encomendar inventos. Se fosse possível encomendar inventos já existia a fusão nuclear comercializada e supercondutores na loja da esquina, para já não falar na cura do cancro ou da SIDA.

O desenvolvimento tecnológico é uma operação extremamente cara e arriscada que só a grande indústria e alguns estados são capazes de suportar confortavelmente, porque implica investimentos a muito longo prazo. A grande indústria paga a maior parte desta investigação mas também curto - circuita o processo comprando desenvolvimentos parciais realizados por “inventores” carolas ou financiados pelo estado³. Pode ser (mas nem sempre é) um processo simbiótico, característico de países como o Japão e a Holanda. A utilização tecnológica de uma descoberta científica não é óbvia porque há um cem número de problemas a resolver para que isso aconteça. Também não é óbvia a investigação que é necessário fazer para desenvolver um produto tecnológico. De outro modo não se perceberia porque razão a grande indústria gasta tanto dinheiro em investigação que não conduz a resultados utilizáveis. Por outras palavras: o desenvolvimento tecnológico é quase sempre autónomo e deriva da criatividade de *inventores* (por oposição aos *cientistas*), de engenheiros, de artistas (que concebem a apresentação dos produtos) de publicitários e especialistas de mercado (“marketing”) e gestores (que criam os recursos financeiros e integram todo o processo de ID). É um processo *convergente*, em geral entregue a grandes equipas e que só é rentável se for completamente integrado porque a actividade de todos quanto estão envolvidos terminará num produto único (um automóvel, um computador, etc.). Ciência e tecnologia só se tocaram em tempos muito recentes e mesmo assim raramente. A segunda é muito mais antiga. Os países orientais sempre foram particularmente hábeis em produzir tecnologia e muito menos capazes de produzir ciência, sobretudo se comparados com os europeus. A característica central da tecnologia é a previsibilidade. Um processo ou um utensílio só existem como produtos tecnológicos, quando o seu comportamento é previsível dentro de limites previamente definidos

² Sem no entanto serem iguais: os cientistas publicam as suas descobertas (o mais cedo que conseguem) para todas as conhecerem ao passo que os homens do desenvolvimento industrial registam patentes.

³ A grande indústria não faz qualquer confusão entre ciência e tecnologia porque confusões nesta área custam muito dinheiro. Veja-se: J. Bernstein, “*Three degrees above zero: Bell Laboratories in the information age*”, 1984 que descreve a história dos famosos laboratórios Bell, onde se fez investigação fundamental e desenvolvimento tecnológico lado a lado.

(“especificações”). Isso aplica-se aos automóveis, aos aviões, aos computadores e também à toxicidade e efeitos de drogas, aos resultados dos tratamentos cirúrgicos, à eficácia das medidas profiláticas, aos riscos por agressões físicas ou químicas, aos custos de actos ou políticas médicas, e aos actos médicos em geral. A fatia de leão nos gastos com o desenvolvimento de produtos tecnológicos é para pagar o desenvolvimento da sua “fiabilidade”. Não interessa que um carro tenha um motor potentíssimo se se avaria ao fim de poucos milhares de quilómetros ou se as portas, ou a direcção, ou os travões, se avariam facilmente ou se os exemplares do mesmo modelo são de tal modo diferentes que os seus componentes não são substituíveis sem adaptações complicadas.

A probabilidade de que uma experiência (por oposição a uma técnica) descrita por um cientista venha a repetir-se muitas vezes é minúscula. Pelo contrário uma técnica ou um instrumento são concebidos para ser usados (facilmente) vezes e vezes.

A aplicabilidade da ciência à tecnologia é um assunto com implicações sociais e políticas muito grandes e que por isso raramente é analisado friamente. Nas suas memórias Richard Feynman (1985) conta que quando aconselhou um amigo astrónomo a dizer num entrevista para a rádio que a investigação que fazia (cosmologia) não tinha aplicações práticas, ele teria comentado: “ mas nesse caso deixa de haver financiamento para investigação deste tipo”.

Se usarmos como critério único para o financiamento da investigação a aplicabilidade (previsível) haverá extensas áreas científicas que desaparecerão. Só por si esta constatação deverá fazer-nos pensar se será pela via da aplicabilidade que a actividade dos cientistas deve ser avaliada.

É muito difícil estabelecer relações entre ciência e avanço tecnológico porque a história dos inventos nem sempre é conhecida e porque para alguns caso conhecidos o tempo que medeia entre a ocorrência do avanço científico e a sua aplicação à tecnologia pode ser de dezenas de anos⁴. O bom senso diz-nos que se usarmos o critério da rentabilidade tecnológica para o financiamento da investigação científica será necessário adicionar-lhe que o produto tecnológico deve resultar da aplicação *directa* da descoberta científica pelo menos *a médio prazo*. De outro modo não será possível excluir muitos outros factores que, entretanto, tornaram possível essa relação. Tanto quanto sei não está

⁴ A análise dos produtos tecnológicos que nos rodeiam é um exercício aconselhável a quem duvida desta afirmação. O princípio da emissão estimulada de luz foi reconhecido por Einstein em 1917. A sua aplicação ao desenho de instrumentos (

feito um estudo exaustivo deste tema. Há no entanto áreas da tecnologia em que a análise é muito fácil, como a da medicina, onde extraordinários avanços na biologia humana quase não têm repercussões directas na prática médica e ocorrem em paralelo com igualmente extraordinários progressos no diagnóstico e na terapêutica cujos fundamentos científicos são vagos. Há hoje um enorme arsenal de drogas com acção no sistema nervoso (ansiolíticos, anti-depressivos, etc.) e no entanto a génese dos sintomas que esses fármacos removem é desconhecida. A cirurgia, a terapêutica da maioria esmagadora das doenças (se excluirmos a endocrinologia) surgiram de maneira completamente empírica (Ferreira, 1996). A constatação deste facto levou à criação de uma disciplina médica de importância rapidamente crescente chamada “Medicina Baseada na Evidência” (Sackett et al., 1997).

O nosso dia a dia fornece-nos indicações de que a rentabilidade tecnológica directa da ciência é minúscula. Há por esse mundo fora muitas dezenas (centenas?) de milhares de cientistas a fazer investigação e no entanto se olharmos para as prateleiras de um supermercado ou para as montras de um centro comercial quantos produtos completamente novos (que não são modificações de produtos já existentes) apareceram no último ano?

Os cientistas não se cansam de apregoar o interesse prático daquilo que investigam. São até obrigados a escrevê-lo quando submetem candidaturas a financiamentos e os peritos que analisam essas candidaturas recorrem a essas previsões para aprovar ou recusar projectos. A única maneira de responder às promessas de aplicações tecnológicas de qualquer cientista é perguntar-lhe quantos produtos resultantes da sua actividade passada estão comercializados ou quantos cientistas conheceu pessoalmente com descobertas de que resultaram produtos comercializados.

O aspecto mais complicado do problema das aplicações da ciência resulta da maneira como o financiamento da investigação é feito, particularmente entre nós. É esmagador o peso que pessoas incapazes de avaliar cientificamente projectos tem nos aparelhos científicos. Para estas pessoas, a que eu chamo os *cientocratas*, exibirem uma fachada de competência recorrem a dois truques: o primeiro é o das *aplicações*. É muito fácil dizer que um trabalho não tem qualquer utilidade prática ou que, pelo contrário, vai contribuir para a cura do cancro ou para a descoberta de fontes limpas de energia. A linguagem das aplicações está ao alcance de toda a gente o que já não acontece com os argumentos

os *lasers*) foi proposta por Townes e Schawlow na década de 50. O primeiro laser foi construído em 1960. A industrialização surgiu quase dez anos mais tarde.

científicos. O segundo é o recurso aos índices bibliométricos em que se contam número de publicações, de citações, factores de impacto, etc. Se, como acontece entre nós, jornalistas, que nem sequer são prestigiados como jornalistas, que não percebem nada de ciência, escrevem artigos de fundo sobre produtividade de cientistas ou instituições baseadas nuns números comprados ao Institute of Scientific Information, algo está mal. As grandes corporações industriais, que têm muito mais dinheiro do que um modesto diário português, estariam numa posição imbatível para comprar talentos. Não foi esse o método usado pelo famoso Bill Gates quando, recentemente, decidiu investir num grupo de cientistas da Universidade de Cambridge⁵.

A realidade dolorosa é simples: só é possível analisar ciência estudando e compreendendo os seus produtos nobres: os artigos originais. Só quando se faz isso (porque se é capaz) se percebe que artigos originais importantes são relativamente raros.

(Continua no próximo número).

⁵ As bases de dados científicos nasceram da necessidade importante de facilitar aos cientistas e à indústria um acesso rápido aos artigos publicados relativamente a um assunto, numa época em que as publicações científicas semanais se contem em muitos milhares. Como subproduto foi possível colher informações relativamente aos autores das publicações: número de publicações, jornais em que saíram, número de vezes em que são citados por outras pessoas. Esta informação, tal como acontecerá a qualquer ficha individual publicamente acessível exerce uma atracção irresistível para os cientistas que querem hipertrofiar os seus CV's, para os burocratas que não têm capacidade para avaliar CVs e para jornalistas cientificamente analfabetos que querem falar de ciência.