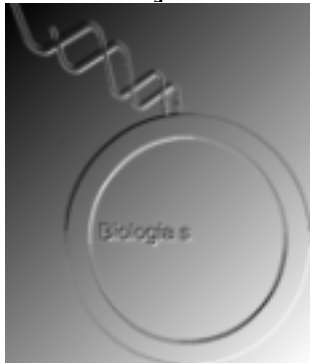


Ciência e Tecnologia II¹:

inter-relações e relações com a sociedade



H. Gil Ferreira

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

Os interesses dos Cientistas

Em ciência fazem-se afirmações sobre (estudam-se) a constituição da matéria, os seus constituintes mais elementares - partículas sub-atómicas, a maneira como se comportam química e fisicamente, a arquitectura química e física da terra, dos planetas, das estrelas e até das galáxias mais distantes, sobre as origens do universo, sobre a maneira como os seres vivos são constituídos e como funcionam o que inclui a sua natureza química elementar, as células, os órgãos, as espécies biológicas e os seus comportamentos, os grandes sistemas ecológicos e a terra como um sistema biológico.

Nas ciências naturais, talvez nas ciências em geral (estou a pensar na economia), os grandes progressos traduziram-se na possibilidade de usar números (quantidades) para exprimir os resultados e a linguagem da matemática para descrever as relações entre essas quantidades. Esta evolução teve um preço. Em nome da clareza e do rigor, os textos científicos tornaram-se cada vez mais herméticos para os não especialistas. Outra consequência foi que o estilo tornou-se árido (não literário) fazendo lembrar muitas vezes os documentos oficiais elaborados pelos notários ou pelos burocratas e isso permite escrever artigos mecanicamente, como se houvesse um impresso com espaços em branco.

No outro extremo situam-se áreas cujas teorias não são *falsificáveis* e cujos praticantes rejeitam naturalmente as práticas dos cientistas. Os astrólogos não aceitam a afirmação de que as suas previsões

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

não têm uma base experimental. Consideram o universo como uma espécie de máquina que segue o seu curso inexorável descrito em mapas e diagramas cuja origem é desconhecida mas cuja validade não contestam. Muitas das discussões sobre as previsões feitas por astrólogos ou por cartomantes não têm sentido porque não é sequer possível escolher normas para a discussão aceites simultaneamente por eles e pelos cientistas

Há certas áreas do conhecimento mais dificilmente caracterizáveis. Há quem considere, por exemplo, que a matemática é uma linguagem com o seu alfabeto, os seus vocábulos e as suas regras gramaticais que por sua vez são usados para se aferir se algo que se diz (matematicamente) é falso ou verdadeiro. No entanto existe experimentação nessa área que na prática consiste numa manipulação de símbolos e relações à maneira de quem compõe poesia ou simplesmente na realização de cálculos numéricos como passo prévio para os saltos intuitivos. O físico Richard Feynman afirmava que as matemáticas exprimem propriedades do mundo físico mas que os matemáticos encobrem esse facto pela maneira como constroem as suas teorias.

Há áreas quase exclusivamente descritivas (a sociologia, ou a psicologia), colecções de factos acumulados por métodos científicos. Outras ainda, como a psicanálise, que por vezes se exibem como ciências mas que se recusam a aceitar certas das suas regras. A psicanálise constrói -se frequentemente a partir de interpretações de casos isolados, únicos, não sendo por isso *falsificável*.

O que se passa em relação a outras ciências? Em relação à história, por exemplo. Tal como os cientistas das ciências naturais descrevem o mundo em volta, os historiadores também descrevem o passado e por essa via *pretendem explicar*. Julgo não errar muito se afirmar que essas explicações não têm valor profético. Parece-me arriscado, para fins práticos, acreditar que a história se repete. A passividade do Reino Unido, da França e até dos Estados Unidos perante o nazismo, na sua fase inicial, foi de certa maneira resultante de muita gente pensar que uma segunda guerra mundial seria semelhante à primeira, que se revelou totalmente inútil do ponto de vista político ou económico e horrorosa do ponto de vista humano.

O critério da falsificabilidade parece muito simples mas está eivado de dificuldades. Em primeiro lugar é contrário à intuição. Os técnicos e até os próprios cientistas utilizam a *ciência de momento* como se fosse válida e com base nela fazem extrapolações.

De tudo isto interessa reter que ao contrário do que os leigos pensam, *a ciência é um mundo de incertezas*. O que se sabe é por natureza circunscrito e o que se descobre é fruto da intuição e muitas vezes dificilmente analisável à luz do que nesse momento se conhece nessa área.

A imprevisibilidade determinística

Porque será que a ciência, entendida de acordo com a definição que escolhemos, se revela quase sempre incapaz de fazer previsões suficientemente específicas para terem utilidade prática? Uma explicação simples é dizer que os fenómenos naturais são geralmente tão complexos que não são representáveis por “modelos” tratáveis analiticamente². Sem mais nada esta explicação é apenas uma maneira diferente de dizer que é impossível fazer previsões.

Nas últimas duas décadas foram identificados sistemas e fenómenos (Waldrop, 1994; Gleick, 1988) em que a imprevisibilidade parece ser tratável mas, dado o estado incipiente da teoria nessa área, é prematuro admitir-se a generalidade dos conceitos entretanto produzidos. Refiro-me aos sistemas complexos de comportamento caótico³. Estão identificados muitos sistemas, cuja descrição analítica se pode fazer, de comportamento determinístico mas na prática imprevisível, porque podem existir em mais do que um estado estacionário, de acordo com as condições iniciais (o sentido do remoinho junto ao ralo de uma banheira que está a ser esvaziada é imprevisível porque depende de alterações minúsculas na maneira como o esvaziamento se inicia). É uma área que se encontra nesta altura em fase puramente descritiva ainda que vestida das mais sofisticadas roupagens matemáticas. Em geral estes sistemas só são estudáveis utilizando modelos numéricos e exigem frequentemente grandes recursos informáticos. A sua aplicabilidade prática é potencialmente vastíssima uma vez que inclui, as previsões atmosféricas, a previsão de sismos, as projecções económicas, a evolução em nichos ecológicos, a génese de sistemas anatómicos complexos e certas catástrofes médicas (taquicardias paroxísticas, paragens cardíacas, fenómenos trombo - embólicos) para só falar de alguns exemplos.

² Há tratamento analítico quando as afirmações se exprimem sob a forma de expressões matemáticas explícitas - com as quais é possível fazer contas. Com o advento dos computadores que permitem a realização de um enorme número de operações por segundo é frequente usarem-se expressões aproximadas para o cálculo de operações como a integração e obter uma precisão pré-definida através da repetição dos cálculos que essas expressões permitem

³ É preciso não confundir esta *complexidade* com a que é característica de todos os sistemas constituídos por um grande número de componentes. Um volume macroscópico de gás contém um grande número de moléculas. No entanto se admitirmos que *todas* as moléculas podem ser descritas por um conjunto de propriedades comuns é possível descrever analiticamente o comportamento macroscópico do gás em função dessas propriedades. É isso que a teoria cinética dos gases faz. Nos sistemas complexos caóticos o que é característico é serem constituídos por vários (podem ser muitos) subsistemas *diferentes* com as suas leis de comportamento *próprias e interdependentes*.

A dificuldade em fazer previsões práticas pode ser inerente ao processo científico. O primeiro passo na génese daquilo que chama conhecimento científico é a abstracção. Os cientistas formulam “hipóteses”, “suposições”, “previsões” ou “explicações” sobre aspectos restritos da realidade e em particular do universo físico que nos rodeia. O mecanismo da génese dessas previsões (o mecanismo da descoberta científica) é desconhecido mas tudo leva a crer que seja intuitivo, irracional, ainda que posteriormente elas acabem por ser incorporadas em edifícios conceptuais estruturados e coerentes (Polanyi, 1958). A visão que o cientista tem do mundo que estuda é uma abstracção dominada pelos métodos que usa para observar. O morfologista quando fala de uma célula tem uma imagem mental totalmente dominada pela estrutura e diferente da do bioquímico, para quem a célula são as moléculas que a constituem e a maneira como interagem e diferente do físico matemático para quem a realidade consiste em relações matemáticas a partir das quais é possível fazer contas. A palavra crescimento é diferente para um economista, para um biólogo e para um cristalógrafo.

Estes condicionalismos inerentes à natureza da ciência fazem com que palavras de uso corrente sejam usadas pelos cientistas em sentido muito particular. Afirmar que a ciência visa a “formulação de leis que descrevem ... em termos gerais” não é o mesmo que afirmar que as leis da ciência são de aplicabilidade geral.

De momento interessa reter que as previsões científicas são de carácter muito geral e interesse prático muito reduzido. Há, no entanto, um grande número de proposições científicas (leis) cuja principal *utilidade* é fornecerem fronteiras para o *possível* (leis de conservação) ou para o *plausível* (2ª lei da termodinâmica, leis da genética, etc...

A industrialização da Ciência

Na sequência das duas grandes guerras deste século o número de pessoas mundialmente dedicadas a actividades científicas aumentou extraordinariamente (Kealey, 1996) e as verbas destinadas a pagar a sua actividade cresceram ainda mais porque a investigação se tornou cada vez mais cara, porque gerou o seu próprio mercado cujos bens de consumo são instrumentos cada vez mais variados e dispendiosos, produtos consumíveis de todos os tipos, maneiras de fazer comercializáveis (de que é um exemplo o chamado software), serviços (bibliotecas, máquinas de gestão), reuniões científicas de todos os tipos, livros e revistas, sociedades científicas, redes de investigação e finalmente planos de

investigação cuja operação depende de agências internacionais, algumas dos quais envolvendo financiamentos de dimensão comparável ao nosso orçamento do Estado. A ciência passou a ser considerada como um investimento de importância estratégica militar, comercial e industrial. Criaram-se expectativas irrealistas em relação à solução de muitos problemas, em particular na área da saúde que geraram pressões a que os governos e a própria comunidade científica não conseguem resistir.

Outra consequência inevitável desta massificação foi a institucionalização. Os cientistas profissionalizaram-se (deixaram de ter hobbies para passarem a ter empregos), e apareceu uma burocracia gigantesca - a comunidade dos cientocratas - que hoje gasta tanto ou mais dinheiro que os próprios cientistas e tem nas mãos as decisões mais importantes, a todos os níveis, sobre as condições em que se faz investigação. Nos mais elevados níveis das burocracias científicas criou-se uma espécie de “voyeurisme” comparável ao “voyeurisme” sexual dos adolescentes ou dos velhos ou ao voyeurisme militar dos generais reformados que fazem guerras com soldadinhos de chumbo. Burocratas sentados em enormes secretárias apinhadas de processos de milhares e milhares de páginas que consumiram a maior parte do tempo dos cientistas em posições de chefia, julgam que podem encomendar a cura do cancro ou da SIDA, ou a fusão nuclear.

À semelhança do que aconteceu com a máquina militar, ainda que a uma escala menor, pode hoje falar-se de um complexo científico - industrial, situado até tempos recentes, quase exclusivamente no mundo ocidental, que emprega centenas de milhares de pessoas, das quais apenas uma minoria faz investigação activa.

A ciência é hoje o ponto de convergência ou de conflito de interesses sociais muito diversos: o do cidadão, o do político, o do governante, o do industrial, o do mecenas, o do economista, o dos cientocratas, o do jornalista, o do educador e o do cientista. Há por um lado a comunidade dos que vivem da ciência e por outro a dos que produzem ciência. Na arte passa-se algo de parecido.

A comunidade (sociedade) científica

A ciência é um produto da curiosidade e do prazer de investigar, é fortemente *divergente* (tem um destino ao sabor das descobertas e dos descobridores) resulta cada vez mais duma interacção profissional accidental. O cientista precisa de uma liberdade de que o engenheiro não pode dispor. Deve poder escolher o modelo experimental que mais lhe convém, manipular as condições de modo a

observar e medir mais facilmente, e orientar a sua pesquisa segundo as linhas que lhe parecerem mais promissoras ou persistir na mesma linha se a sua intuição assim o indicar. Além disso pode, dentro de certa medida, dimensionar a sua actividade.

Os que produzem ciência, os investigadores ou cientistas, constituem hoje uma comunidade com as suas regras próprias. Seres humanos como quaisquer outros, distinguem-se pela sua curiosidade, pelo prazer que extraem do acto de investigar, seja ele feito com lápis e papel ou através da operação das máquinas mais variadas, pela necessidade de comunicarem aos colegas as observações que vão fazendo e as explicações que vão inventando, pela necessidade que têm de ser reconhecidos e de ter sucesso, pela sua ambição de progredir rapidamente nas carreiras profissionais, académicas ou outras, em que estão inseridos. À semelhança dos artistas, são egocêntricos, ciosos da propriedade das suas criações e muitas vezes fechados e preconceituosos em relação à ciência que os outros fazem.

Em princípio, a “*sociedade científica*” é intrinsecamente democrática. O seu funcionamento assenta (deve assentar) na liberdade de pensamento e expressão, na capacidade de se poder ser original e na possibilidade de se debaterem pontos de vista contraditórios de acordo com regras que se podem descrever racionalmente. Não esqueçamos no entanto que duas das ditaduras mais ferozes deste século - o nazismo e o comunismo, invocaram bases científicas para os seus programas políticos.

A ser assim não parece apropriado qualquer autoritarismo ou dogmatismo por parte dos cientistas. A única certeza dos cientistas é poderem dispor de métodos que lhes permitem avaliar as afirmações que fazem.

Pode parecer que a comunidade científica é uma sociedade justa em que se progride por mérito e em que os trapaceiros acabam por ser apanhados. A prática não confirma, infelizmente, esta previsão. Tal como acontece na sociedade civil não é possível afirmar que o crime não paga, se por crime se entender a violação das normas do processo científico.

A despeito destas facetas menos desejáveis, talvez não haja actividade humana mais divertida e mais democrática.

Criação artística e criação científica têm algumas semelhanças: num e noutro caso o “criador” (com letra pequena) cria integrando conteúdo e forma num todo harmónico. Em pintura um quadro

pode representar de forma mais ou menos distorcida “objectos” do universo que nos rodeia, pode consistir em padrões totalmente novos, em casos extremo pode ser apenas uma superfície monocromática. A libertação formal introduzida pelo modernismo, a partir do século passado, veio demonstrar que conteúdo e forma podem tornar-se indistinguíveis na medida em que o conteúdo pode ser a “maneira” como a forma é trabalhada, como acontece na pintura não figurativa, no abstraccionismo expressionista americano, em obras literárias como o *Ulisses* ou o *Finegan’s Wake* de Joyce, em alguns poemas do nosso Pessoa, ou em composições musicais em que o aleatório sonoro é forma e conteúdo.

É difícil produzir exemplos paralelos tirados do mundo da ciência que sejam acessíveis a pessoas sem uma formação científica. Os fenómenos do mundo físico que conhecemos directamente(contéúdo) de que a mecânica newtoniana (forma) se ocupa pertencem à experiência de todos nós. Os fenómenos da física sub -atómica (conteúdo) só são compreensíveis (imagináveis, intuitivos) por via da mecânica quântica (forma).

Em ambos os casos (ciência e arte) os progressos ao longo dos tempos consistiram no crescimento da importância da forma na criação (científica ou artística), de modo que, ainda que a apreciação dependa necessariamente da” intuição” do que foi criado, aquilo que, em linguagem corrente se designa por “perceber” ou “compreender” e que é um estado simultaneamente cognitivo e afectivo, num caso (na mecânica newtoniana ou na pintura figurativa) é fácil, intuitivo, noutro caso (na mecânica quântica ou na chamada pintura abstracta) pressupõe uma forma de “aprendizagem” essencialmente dialéctica. Não me parece possível “apreciar” um quadro de Jackson Pollock, independentemente de se gostar ou não, sem um caminho prévio em que se foi exposto à progressiva abstractização que se iniciou com o modernismo. Também não será possível “aceitar” muitos dos resultados da mecânica quântica, sem se percorrer um caminho teórico adequado. Correndo embora o risco de ser obscuro parece-me inevitável concluir que as obras de arte como as descobertas da ciência terão de ser redescobertas por cada um de nós. A isto chamou Bruner (1996) a descoberta de uma “narrativa” própria. Não há uma posição intermédia entre o espectador (ignorante) e o criador. Este facto, que é a condicionante que domina as relações entre cientista ou artista e a sociedade que o rodeia, não é trivial.

Apesar do seu empirismo, a investigação básica processa-se necessariamente com uma preocupação de rigor, e por isso treina os seus praticantes na observação controlada, na manipulação de conceitos e teorias dentro de constrições apertadas, na manipulação de instrumentos, na manipulação e comunicação de informação (bases de dados, imagens, textos científicos, etc.), na manipulação potente de técnicas informáticas, que são ferramentas também essenciais à prática da investigação tecnológica

(Continua no próximo número).